ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-
VETERINÄR- UND AGRARWESEN

„Makro- und Nanoplastik – vom Boden und Wasser auf den Teller ”

Tagungsbericht 2022

" Makro- und Nanoplastik – vom Boden und Wasser auf den Teller "

30. - 31. Mai 2022

Tagungsort

Steiermarkhof

Ekkehard-Hauer-Straße 33

8052 Graz

Tel. +43 316 8050 7111
Fax. +43 316 8050 7151

www.steiermarkhof.at

Impressum

Herausgeber
Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel, Veterinär- und Agrarwesen

Präsident
Univ.-Doz. Dr. Gerhard Bedlan

Für den Inhalt verantwortlich
Die Autorinnen und Autoren

Zusammengestellt von
Mag. Astrid Plenk

Umschlagfoto: © Foto Pachernegg

ISSN 1606-612X (print-Ausgabe)
ISSN 2791-5107 (online-Ausgabe)

Vorwort

Das Tagungsmotto der 76. ALVA-Tagung lautet „Makro- und Nanoplastik – vom Boden und Wasser auf den Teller".

Wie wir sehr oft den Medien entnehmen können, befindet sich Mikroplastik in sämtlichen Medien wie Luft, Oberflächen- und Grundwasser, in Böden, Sedimenten, Korallenriffen, in der Tiefsee und sogar in Lebensmitteln und damit auch in uns selber.
Es wird zwischen primärem und sekundärem Mikroplastik unterschieden. Primäres Mikroplastik bezeichnet direkt in der Nutzungsphase entstandenes Mikroplastik, wogegen sekundäres Mikroplastik durch Zerkleinerung oder Zerfall größerer Plastikteile entsteht.
Ein erheblicher Anteil des Kunststoffabfalls gelangt durch unbedachte und unsachgemäße Entsorgung in die Umwelt, so auch jene Kunststoffe, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden.
Sie steigern die Erträge, schützen Pflanzen vor Unkraut und Schädlingen, finden Verwendung als Folientunnel und Mulchfolien. Beregnungsschläuche, Hagelschutznetze, Silo- und Heuballenumhüllungen im Grünland sind weitere Einsatzgebiete für Plastik in der Landwirtschaft.
Mikro- und Nanoplastik in der Umwelt, vor allem in landwirtschaftlichen Böden und in Gewässern, im speziellen in und entlang der Donau werden im Plenarteil der Tagung behandelt sowie deren Nachweise in einer eigenen Sektion.

Die anderen Themen kommen aber nicht zu kurz. So werden auch folgende Themen in eigenen Sektionen behandelt: Automatisierte Datenanalyse von Mikroplastikproben, Reduktion von Kunststoffeinträgen aus der Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau - Auswirkungen von Netzmitteln auf nützliche Raubmilben, Leitfähigkeit von Destillaten, Qualitätsmanagement in Obstbrennereien, Reifegrad von Kornelkirschen, Anreicherung von Obstweinen, Gemüsefliegen im Kohlanbau, Biodiversität von Erdflöhen und Rüsselkäfer in der Zuckerrübe, Invasive Unkräuter in Österreich, Quarantäneorganismen und Pflanzenhygiene, Drohnen in der Landwirtschaft, Vegetationsklassifizierung, Winteräsungsflächen für Rotwild, Schwammstadtsubstrat für Stadtbäume, Begrünte Fließwege in Österreich, Bodenverdichtung durch Gülleausbringung, Digitale Technologien in der Landwirtschaft, Teilautonome Feldroboter, Bildsegmentierung und radiologische Bilder, Biomassebildung, Umweltwirkungen der Milcherzeugung, Treibhausgas- und Luftschadstoff-Emissionen, Hanföl, omega-3-Fettsäuren und Aroma, Spirulina in Lebensmitteln, Steirisches Paradeiserprojekt, Acrylamid-Level in Süßkartoffel-Pommes, Spätfrostbekämpfung in Wein- und Obstbau, Aromastoffe und Hefen im Klimawandel, Reduktion von Weinfehlern, Holzchips für die Weinbereitung, Pflanzenfasern als Schönungsmittel, Fusarium Schäden an Knoblauch, Gesundheitserreger an Pflanzen, Eichenresilienz, Laborzucht parasitischer Wespen, N-Immobilisation nach Luzerneumbruch, Bodengesundheitsindikatoren, Biodiversität im Grünland, Hitzetolerante Käferbohnen, Stresstolerante Pflanzensorten.

Abschließend ein herzliches Dankeschön an die Mitglieder des Vorstandes der ALVA, den vie- len helfenden Händen für die organisatorische Arbeit sowie den Autorinnen und Autoren der Beiträge sowie den Sponsoren der Tagung.

Univ.-Doz. Dr. phil. Gerhard Bedlan
Präsident der ALVA

Inhaltsverzeichnis

ALVA-FORSCHUNGSPREIS

Kaffeeröstprozesse neu definiert – eine dringliche Chance Einfluss von Herkunft, Fermentation und Röstung auf die chemische Zusammensetzung von Kaffeebohnen und deren Aufgüssen

Lukas Macheiner 16

ALVA-FÖRDERPREIS

Metabolic kinetics of *Alternaria* toxins and potential interspecies differences

Eszter Boros, Elisabeth Varga, Georg Aichinger und Doris Marko 24

PLENARVORTRÄGE

Mikro- und Nanoplastik in landwirtschaftlich genutzten Böden

Heide Spiegel, Taru Sandén, Julia Miloczki, Lisa Makoschitz, Sophia Götzinger und Andreas Baumgarten . 31

Ist Mikroplastik in unseren landwirtschaftlichen Böden tolerierbar?

Ines Fritz, Katharina Meixner und Mona Kubiczek 34

Mikroplastik in der Umwelt

Christian Laforsch 41

PlasticFreeDanube - Kunststoffe in und entlang der Donau

Gudrun Obersteiner, Sabine Lenz und Johannes Mayerhofer 43

VORTRÄGE

Mikroplastik- kleine Partikel große Wirkung?! -von der Analytik bis hin zur Aufklärung-

Michelle Arnold und Ulrich Meincke 51

Metabolic kinetics of *Alternaria* toxins and potential interspecies differences

Eszter Borosos, Elisabeth Varga, Georg Aichinger und Doris Marko 55

Entwicklung einer pilzbasierten Bekämpfungsstrategie gegen Drahtwürmer im Kartoffelanbau

Maximilian Paluch, Tanja Bernhardt, Eckhard Immenroth, Marianne Buschke, Elisa Schwarz, Dieter von Hörstern, Jörn Lehmhus, Dietrich Stephan 56

Trissolcus basalis - ein bedeutender natürlicher Gegenspieler der Grünen Reiswanze *Nezara viridula*

Anna Moyses, Stephan Manhalter und Richard Gottsberger 60

Welche Auswirkungen haben Netzmittel auf nützliche Raubmilben im biologischen Weinbau?

Stefan Möth, Andreas Walzer und SilviaWinter 62

Einfluss einzelner Komponenten auf die Leitfähigkeit von Destillaten

Cordula Klaffner und Manfred Gössinger 65

Einfluss der Obstart auf den Verlauf der Leitfähigkeit während der Destillation

Manfred Gössinger, Victoria Fischer und Andreas Schneider 68

Qualitätsmanagement in Obstbrennereien

Cordula Klaffner und Kathrin Rosker 71

Prüfmittelmanagement in Kleinbetrieben

Cordula Klaffner und Monika Graf 74

Der Einfluss der Nachreifebedingungen auf die sensorischen Eigenschaften von tropischen Früchten am Beispiel von Mangos (Mangifera indica L.)

Barbara Siegmund 77

Wie man mit Aromaanalysen Ernte- und Lagerbedingungen von heimischem Obst und Gemüse evaluieren kann

Niklas Pontesegger, Thomas Rühmer und Barbara Siegmund 81

Untersuchungen zur Anreicherung von Obstweinen

Manfred Gössinger, Christoph Schurm und Cordula Klaffner 86

Untersuchungen über das Vorkommen von Saccharose in österreichischem Qualitätsobstwein vor, während und nach der Gärung

Elsa Patzl-Fischerleitner, Martina Staples, Monika Schilcher, Christian Bader und Susanne Schneider 89

Biodiversität von Erdflöhen und Rüsselkäfern in der Zuckerrübe

Stephan Manhalter 93

Ausbreitungsdynamik ausgewählter invasiver Unkräuter in Österreich

Swen Follak 98

Quantifizierung des *Tomato brown rugose fruit virus* basierend auf der Pathogenität

Shaheen Nourinejhad Zarghani, Jens Ehlers, Mehran Monavari, Joachim Hamacher, Carmen Büttner und Martina Bandte 101

Bewertung verschiedener Entschädigungsoptionen für Betriebe beim Auftreten von Quarantäneschadorganismen

Jens Ehlers, Anna Filiptseva, Sarah Kretzschmer, Günther Filler, Martin Odening, Martina Bandte und Carmen Büttner[1] 102

Faktoren welche die Persistenz von *Salmonella enterica* in landwirtschaftlichen Böden beeinflussen

Anforderungen und nutzbringende Anwendungen von Drohnen in der Landwirtschaft

Lukas Schmidbauer 110

Standortangepasste Aussaat von Mais zur Ertrags- und Qualitätsabsicherung in Trockenperioden

Markus Gansberger, Fabian Butzenlechner, Peter Prankl, Simon Brandeis, Albert Müllner und Andreas Ettlinger ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Vegetationsklassifizierung, Ertrag und Qualitätsschätzung mittels Sentinel-2 Daten im Radurschltal

Andreas Klingler, Roman Burgstaller, Thomas Guggenberger und Andreas Schaumberger 118

Ermittlung natürlicher Winteräsungsflächen für Rotwild auf beweideten Almen anhand von Ertrags- und Qualitätskarten

Roman Burgstaller und Andreas Klingler 122

Optimierung des Schwammstadtsubstrats für Stadtbäume zur Erfüllung hydrologischer und gesellschaftlicher Potenziale

Anna Zeiser, Thomas Weninger, Erwin Murer, Stefan Schmidt, Thomas Roth, Rainer Weisgram und Peter Strauss 126

Winderosion im Marchfeld – Erkenntnisse aus kontinuierlichen Messungen von Verfrachtungsraten

Thomas Weninger, Peter Strauß, Simon Scheper, Karl Gartner, Barbara Kitzler, Sebastian Riedel und Kerstin Michel[3] 131

Begrünte Fließwege in Österreich – Erosionsschutzmaßnahme über Feldgrenzen hinweg

Thomas Brunner, Elmar Schmaltz und Peter Strauss 136

Auswirkungen einer Zwischenfruchtbegrünung und der Gülleausbringung mit unterschiedlichen Radlasten und Reifeninnendrücken auf die Bodenverdichtung

Gerhard Moitzi, Elisabeth Sattler und Helmut Wagentristl 140

Digitale Technologien in der österreichischen Landwirtschaft – Zahlen zu Nutzung, Motivationsfaktoren & Wissenstransfer

Martin Hirt 144

Statistische Analyse von Feldversuchen – Erfahrungen aus dem Projekt DiLaAg

Lukas Koppensteiner, Reinhard Neugschwandtner, Hans-Peter Piepho, Helmut Wagentristl, Andreas Gronauer und Hans-Peter Kaul 149

Arbeitswirtschaftliche Aspekte beim Einsatz eines teilautonomen Feldroboters

Moritz Jungwirth und Franz Handler 153

Moderne Bildsegmentierung für praktische Anwendungen in der Biologie

Peter M. Roth, Susanne Prinz, Lukas Moser, Pablo Rischbeck und Hermann Bürstmayr 158

Futter- und Gärqualität von resilierten Presskuchen aus der Bioraffinierung von verschiedenen Grassilagen

Reinhard Resch, Manuel Winter, Michael Mandl, Andreas Steinwidder, Joseph. B Sweeney und Kevin McDonnell 163

Ertrag und Futterqualität von verschiedenen Rohrschwingelsorten unter hoher Bewirtschaftungsintensität

Reinhard Resch und Martin Hendler 166

Biomassebildung, Nähr- bzw. Mineralstoffgehalte sowie Silagequalität von drei invasiven Neophyten im Verlauf einer Vegetationsperiode

Reinhard Resch und Lukas Gaier 169

Gesteigerte Mengen an Faser in Ferkelrationen mit und ohne energetischem Ausgleich: Auswirkungen auf die Nährstoffverdaulichkeit sowie die Leistung

Reinhard Puntigam, Wolfgang Preißinger und Martin Schäffler 173

Betriebliches Analyse-Tool zu Umweltwirkungen der Milcherzeugung

Stefan J. Hörtenhuber 178

Treibhausgas- und Luftschadstoff-Emissionen und Minderungspotenziale in der Nutztierhaltung unter besonderer Berücksichtigung der Fütterung

Stefan J. Hörtenhuber, Verena Größbache[1] und Werner J. Zollitsc[1] 183

Einfluss nachhaltigkeits- & gesundheitsbezogener Produktinformationen auf die sensorische Akzeptanz bei unterschiedlichen Ernährungsformen

Katharina Janecek und Kathrin Heim 188

Hanföl – eine heimische Ölpflanze mit hohem Gehalt an ω-3-Fettsäuren und interessantem Aroma

Barbara Siegmund 192

Spirulina (Arthrospira spp.) als Zutat in Lebensmitteln

Andrea Reiterlehner, Gernot Zweytick, Kathrin Heim und Roswitha Enzelbeger 196

Steirisches Paradeiserprojekt - Praxis trifft Wissenschaft

Marlies Hörmann-Wallner, Anika Kronberger, Eva Wiltschnigg, Katharina Schlag, Bernhard Wagner, Judy Gore und Simon Berner 200

Vergleiche von Acrylamide-Levels in Süßkartoffel-(Ipomoea batatas) Pommes bei Verwendung unterschiedlicher Frittier-Methoden

Larissa Teuschler, Anna Gasperl, Klaus Remele, Hartwig Pfeifhofer und Maria Müller 204

Freilanduntersuchungen zum Einfluss der Unterlagssorten K5BB, Fercal und 3309 C auf die generative und vegetative Leistung und die Blattnährstoffgehalte von Roesler

Martin Mehofer, Bernhard Schmuckenschlager, Karel Hanak, Norbert Vitovec, Memish Braha, Thaci Cazim, Andrzej Gorecki und Ingrid Hofstetter 207

FrostStrat – Spätfrostbekämpfung im Wein- und Obstbau

Franz G. Rosner, Ferdinand Regner, Lothar Wurm, Monika Riedle-Bauer, Christian Redl, Christian Hofmann, Johannes Strassmayr, Stefan Pfeffer, Andreas Schuler, Martin Vaibar, Alexander Beck und Julia Schöberl..... 211

Aromastoffe des Weins im Zeichen des Klimawandels

Christian Philipp..... 216

Hefen im Klimawandel Säureschonung und Alkoholreduktion mittels neuer Hefen

Karin Mandl, Jasmina Suljic, Christoph Mutz, Michael Winkler und Harald Scheiblhofer 219

Untersuchungen zur Optimierung von Gärungen unter Beteiligung von Nicht-Saccharomyces Hefen und Hefen mit erhöhter Säurebildung unter Verwendung von Trauben aus biologischer und konventioneller Produktion

Harald Scheiblhofer, Francesca Gesellmann, Michael Liegenfeld, Herbert Schödl, Michael Winkler, Christian Philip, Elsa Patzl-Fischerleitner, Susanne Schneider, Veronika Schober und Monika Schilcher..... 222

Mitvergärung von Frischtresteranteilen zur Steigerung der Aromavielfalt bei maischevergorenen Weißweinen

Michael Winkler, Harald Scheiblhofer, Christoph Detz, Christian Philipp, Valentin Oppenauer, Stefan Lichsteidl, Karin Korntheuer und Sezer Sari..... 227

Reduktion von Weinfehlern durch Tiefenfiltration mit Filterschichten mit eingebetteten Zeoliten und die Auswirkung auf das Aromaprofil der Weine

Christian Philipp und Reinhard Eder..... 232

Bestimmung des Reifegrades von Kornelkirschen für die Verarbeitung

Manfred Gössinger, Florian Kuenz, Silvia Wendelin, Karin Korntheuer, Lothar Wurm, Henry Jäger und Monika Graf 235

Fruchtfäulen auf Roten Johannisbeeren (*Ribes rubrum*) und Heidelbeeren (*Vaccinium corymbosum*) aus steirischen Anlagen und CA-Lagern

Anna Gasperl, Julia Jacobi und Maria Müller 238

Untersuchung von Erdbeersorten hinsichtlich ihrer Farbstabilität in der Nektarproduktion

Claudia Dietl-Schuller, Helen Murray, Cordula Klaffner, Karin Korntheuer, Henning Wagner, Klaus Olbricht, Karl Stich und Manfred Gössinger 242

Einfluss des Frierens auf die Farbstabilität der Erdbeernektare

Marlene Lindner, Helen Murray, Cordula Klaffner, Karl Stich und Manfred Gössinger..... 247

Zusammenfassung von Daten der Meldung und Kontrolle der Weinbehandlungsmittel in Österreich

Stefanie Berghold, Gerda Schubert und Elsa Patzl-Fischerleitner 251

Eignungsprüfung von Holzchips aus verschiedenen Holzarten und Hölzern für die Weinbereitung

Harald Scheiblhofer, Laurenz Schöfmann, Alexander Schruiff, Martin Mayer, Michael Winkler, Christian Philip, Elsa Patzl-Fischerleitner, Susanne Schneider, Veronika Schober und Monika Schilcher 254

Reduktion von Histamin in Wein

Michael Winkler, Harald Scheiblhofer, Christoph Detz, Katharina Schwertführer und Sophie Smoley 258

Pflanzenfasern im Vergleich zu anderen Schönungsmitteln zur Reduktion von Pestizidrückständen und die Auswirkung auf das Aromaprofil von österreichischen Weiß- und Rotweinen

Christian Philipp*, Phillip Eder, Elsa Patzl-Fischerleitner und Reinhard Eder 260

Biokontrolleffekte eines pilzlichen Endophyten am Beispiel der *Fusarium* Welke in Tomate

Karin Hage-Ahmed, Anna Marie Hallasgo, Negar Ghezel Sefloo, Constanze Hauser, Krzysztof Wieczorek, Markus Gorfer und Siegrid Steinkellner 263

Das Entomopathogen *Metarhizium brunneum* als Endophyt: Pflanzenbesiedelung zum Wohle von Mais und Zuckerrübe?

Maria Zottele und Hermann Strasser 265

Mykorrhizierung unterschiedlicher Roggensorten unter konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung

Jordan Lebesmühlbacher, Karin Hage-Ahmed und Heinrich Grausgruber 269

Fusarium proliferatum als Haupterreger von Fusarium-bedingten Schäden an Knoblauch

Katharina Gasser, Karin Hage-Ahmed, Maria Neubacher, Maria König, Alexander Schwaighofer, Jakob Stark, Josef Keferböck und Siegrid Steinkellner 273

Pilzkrankheiten an beliebten Ziergehölzen

Astrid Plenk 276

Gesundheitserreger an Pflanzen?

Tomislav Cernava 279

Pilzlicher Sekundärmetabolismus, biologischer Pflanzenschutz und Lebensmittelsicherheit. Eine molekulargenetische Einschätzung.

Holger B. Deising 280

Mikrobiom und Pflanzenschutz im Apfel

Birgit Wassermann 285

Eichenresilienz – von Frostspannern, Eichenwicklern und ihren parasitischen Feinden

Martin Mayrhofer, Thomas Zankl, Christa Schafellner und Axel Schopf 286

Laborzucht parasitischer Wespen – Einblick in Versuche zur biologischen Kontrolle von Forstschädlingen

Thomas Zankl, Martin Mayrhofer, Christa Schafellner und Axel Schopf 290

Der Einfluss von nachhaltiger Landbewirtschaftung auf Bodenkohlenstoffdynamiken

Sabine Huber, Christoph Rosinger, Luca G. Bernardini, Orracha Sae-Tun, Katharina M. Keiblinger und Gernot Bodner 295

Einfluss von langfristigem Anbaumanagement auf die mikrobielle Gemeinschaft im Boden und in der Rhizosphäre der Pflanze

Rita Grosch, Loreen Sommermann, Jan Helge Behr, Narges Moradtalab, Soumitra Paul Chowdhury, Joerg Geistlinger, Günter Neumann, Kornelia Smalla und Doreen Babin 298

Temporäre N-Immobilisation nach Luzernen-Umbruch durch Modifikation des Boden C/N und deren Auswirkungen auf die N-Auswaschung und die Folgekultur

Andrea Schmid, Johann Dorner und Alexander Eder 304

Langzeit-Bodenerwärmung hat keine Auswirkungen auf Diffusionsraten von Stickstoff in einem alpinen Waldboden

Erich Inselsbacher, Jakob Heinzle und Andreas Schindlbacher 307

Bewertung der Genauigkeit verschiedener Extraktionsmethoden zur Vorhersage der Pflanzen-P-Verfügbarkeit von neuartigen recycelten P- Düngemitteln

Alicia Hernandez-Mora, Nadine Abu Zahra, Olivier Duboc, Sarah Symanczik, Else K. Bünemann, Kari Ylivainio, Herbert Eigner, Dietmar Horn und Jakob Santner 310

Boden(gesundheits)indikatoren zur Evaluierung landwirtschaftlicher Bewirtschaftung – ein Vergleich von Feld- und Labormethoden

Bernardini, L., Huber, S., Bennett, A., Fohrafellner, J., Dohnke, K., Manuel, J., Kopecky, E., Hobel, A., Mentler, A., Bodner, G. und Keiblinger, K. 313

Trockenmasse- und Energieerträge bei unterschiedlicher Grundfutternutzung in Abhängigkeit der Bodenklimazahl

Reinhard Resch, Andreas Klingler und Andreas Schaumberger 319

Maßnahmen zur Regulierung des Kleinen Klappertopfs in extensiven Grünland

Lukas Gaier, Bernhard Krautzer[1] und Wilhelm Graiss[1] 324

Auswirkung von Dürreperioden auf Ertrag und Qualität im Grünland in einem sich verändernden Klima

Andreas Schaumberger und Andreas Klingler 327

Verbesserung der Saatgutproduktion der Knaulgrassorte Tandem in Österreich

Lukas Gaier, Bernhard Krautzer, Wilhelm Graiss und Andras Klingler 332

Förderung der pflanzlichen Biodiversität im Grünland

Bernhard Krautzer, Wilhelm Graiss und Lukas Gaier 334

Hitzetolerante Käferbohnen (*Phaseolus coccineus* L.) durch Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen

Svenja Bomers, Eva M. Molin, Eveline Adam, Philipp von Gehren, Karin Hansel-Hohl, Noémie Prat und Alexandra Ribarits 340

Effekt einer Fungizidanwendung auf Krankheitsbefall, Ertrag und Qualität zwei- und mehrzeiliger Wintergersten

Michael Oberforster 345

Stresstolerante Pflanzensorten als ein wichtiges Element in der Klimawandelanpassung

Alexandra Ribarits, Svenja Bomers und Philipp von Gehren 349

Auswirkungen von Sortenmischungen bei Winterweizen im Vergleich zur Reinsaat auf Krankheitsauftreten, Ertrag und Qualität

Clemens Flamm und Wolfgang Deix 354

POSTER

Metabolic kinetics of *Alternaria* toxins and potential interspecies differences

Eszter Boros, Elisabeth Varga, Georg Aichinger und Doris Marko 359

Entwicklung und Bewertung von torfreduzierten Produktionssystemen im Gartenbau - ToPGa

Annmarie-Deetja Rohr, Heinrich Beltz, Felix Besand; Bernhard Beßler, Antje Bettermann, Walter Dirksmeyer, Christina Eilers, Michael Emmel, Ariane Friese, Georg Guggenberger, Kai-Uwe Katroschan, Doreen Koltermann, Oliver Körner, Felix Koschnick, Paul Lampert, Maren Langhof, Katharina Leiber-Sauheitl, Gerlinde Michaelis, Janina Neeb, Marie-Friederike Ohmes, Janett Riebesehl, Adam Schikora, Patrick Schnoor, Johanna Schöps, Quentin Schorpp, Kai-Uwe Schwarz, Fabricio Fabián Soliz Santander, André Sradnick, Andreas Wrede, Ju-Kwang Yoon und Ute Katharina Vogler 360

Erhebung der Regenwurmpopulation im 116-jährigen Ewigroggenversuch in Groß-Enzersdorf

Caroline Huber, Laura Sturm, Reinhard W. Neugschwandtner und Pia Euteneuer 368

Pflanzenparasitäre Nematoden bei Erdbeeren

Ines Gabl, Hermann Hausdorf und Lena Griebeling 372

Eine Vorstudie zum Nachweis von ASaV in Sämlingen und Samen von Fraxinus excelsior aus dem Gebiet des Melzower Forsts bearbeitet im Rahmen des FraxVir Projektes

Moritz Dorn, Maria Landgraf, Susanne von Bargen und Carmen Büttner 375

Untersuchungen zur Pfropfübertragung des neuartigen ash shoestring-associated virus (ASaV)

Alexandra Stockschläder, Kira Köpke, Susanne von Bargen und Carmen Büttner 378

Augenfleckenkrankheit (*Venturia oleaginea* (Cast.) Hughes) an Olive (*Olea europaea* L.)

Astrid Plenk 380

Phyllosticta photiniae-fraseri sp. nov. an *Photinia* × *fraseri*

Astrid Plenk und Gerhard Bedlan 383

Untersuchungen zur Reinigung von *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) kontaminierter Kleidung

Stefanie Liedtke, Jens Ehlers, Shaheen Nourinejhad, Carmen Büttner, und Martina Bandte 386

Zur Verbreitung von Gallmilben an der Zitterpappel (*Populus tremula*) in Europa und ihrer Bedeutung als potentielle Überträger des *Aspen mosaic-associated emaravirus* (AsMaV)

Jonas Bless, Laila Dörr, Rim Al Kubrusli, Carmen Büttner und Susanne von Bargen 389

Marker-assisted selection for pathogen resistance in specialty cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*)

Julia MAYRHOLD and Alexandra JAMMER 395

Infektionsversuche mit den pflanzenpathogenen Erregern Pythium aphanidermatum und Rhizoctonia solani an Tomaten zur Vorbereitung der Prüfung von Boden – und Pflanzenhilfsstoffen

Siegfried Grundmann, Jannet Nyukuri, Carmen Büttner und Martina Bandte 401

Alternative Pflanzenschutzkonzepte für die Kultur von Minirosen

Lydia Matiasch, Anna Pollak, Oliver Miletitsch und Dominik Linhard 404

Viren in Stadtbäumen - Untersuchungen zur Nährstoffverteilung in Blättern virusinfizierter Blumeneschen

Kira Köpke, Susanne von Bargen, Martina Bandte, Stefano Cesco, Tanja Mimmo, Carlo Porfido, Ignazio Allegretta, Roberto Terzano, Malgorzata Rybak und Carmen Büttner 408

Einfluss ansteigender Temperaturen unter Nutzung trockener Hitze auf die Aktivität der zugesetzten Phytase sowie die Löslichkeit des Rohproteins im Zuge der Futtermittelbehandlung

Reinhard Puntigam, Julia Slama und Wolfgang Wetscherek 410

Studie zur Wirkung von unterschiedlichen Protein- und Energiegehalten im Futter von Mastschweinen in Bezug auf deren Mast- und Schlachtleistung

Margret Ertl und Karl Schedle..... 414

Akzeptanz von Mehlwürmern (Tenerbrio molitor) in Proteinriegeln

Matthäus Blauensteiner und Kathrin Heim 418

Entwicklung eines protein-, ballaststoff- und Vitamin C-haltigen Dirndl-Aufstrichs

Katharina Zimmermann und Kathrin Heim..... 421

Einfluss variierender Protein- und Stärkegehalte auf die Ethanolausbeute bei Getreide und Mais

Erich Inselsbacher und Alexander König 424

Kann die Smartphone Applikation SLAKES den Effekt von Regenwürmern auf die Bodenaggregatstabilität messen?

Vera Waschnig und Pia Euteneuer 427

Auswirkungen von *Lumbricus terrestris* auf die Regenwurmpopulation, Bodenparameter und Weizen unter verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen

Marion Windisch, Reinhard W. Neugschwandtner und Pia Euteneuer 431

Wer Quer-denkt sollte am Kartoffelacker stehen

Matthias Konzett, Elmar Schmaltz und Peter Strauss 435

Nährwert und sensorische Qualität von Radieskresse- Microgreens in Abhängigkeit der mineralischen Ernährung

Michael Hausknecht und Magdalena Tomasewska-Sowa,..... 438

Nährwert und sensorische Qualität von Radieskresse- Microgreens in Abhängigkeit der mineralischen Ernährung

Norbert Keutgen und Anna Jadwiga Keutgen 438

Nährwert und sensorische Qualität von Gartenkresse- Microgreens in Abhängigkeit der mineralischen Ernährung

Michael Hausknecht, Magdalena Tomasewska-Sowa, Norbert Keutgen und Anna Jadwiga Keutgen 441

Das Potenzial von Agroperl® als Torfersatz oder Bodenzusatz

Verena Pernicka, Erich Kronsteiner, Norbert Keutgen und Anna Jadwiga Keutgen 444

Indikatoren aus Blattknospen für den Blühbeginn von Apfelbäumen
Aktivitäten von H_2O_2-umwandelnden Enzymen in vegetativen Knospen der Sorte Idared während der Dormanzaufhebung

Anna M. Hubmann, Alexandra Jammer und Stephan Monschein..... 447

ALVA-
FORSCHUNGSPREIS

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-, VETERINÄR- UND AGRARWESEN

Der erweiterte Vorstand der
Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen
hat in seiner Sitzung vom 9. März 2022 beschlossen

Herrn Dipl.-Ing. Dr. nat. tech. Lukas MACHEINER

den

ALVA-Forschungspreis 2022

zu verleihen.

Der Vorstand der ALVA bekundet Ihnen hiermit, sehr geehrter
Herr Dipl.-Ing. Dr. nat. tech. Lukas Macheiner,
eine hervorragende Dissertation abgefasst zu haben, die jene
Fachgebiete betrifft, die von der ALVA vertreten und bearbeitet
werden und daher für die weitere wissenschaftliche Arbeit
innerhalb der ALVA von großer Bedeutung ist.

Graz, am 30. Mai 2022

Univ.-Doz. Dr. Gerhard BEDLAN
Präsident

Mag. Astrid PLENK
Vizepräsidentin

Dipl.-Ing. Martin ROGENHOFER
Geschäftsführer

Kaffeeröstprozesse neu definiert – eine dringliche Chance Einfluss von Herkunft, Fermentation und Röstung auf die chemische Zusammensetzung von Kaffeebohnen und deren Aufgüssen

Impact of origin, fermentation and roasting on the chemical composition of coffee beans and brews

Lukas Macheiner

Einleitung

Die Prozesskette in der Kaffeeproduktion ist lange, komplex und sehr dynamischen Entwicklungen unterworfen. Zahlreiche Faktoren treten auf, welche die chemische Zusammensetzung und somit das Ergebnis in der Tasse beeinflussen. Wichtige Einflussgrößen sind dabei die geografische Herkunft, die landwirtschaftliche Praxis, die Gattung und Varietät der Kaffeebohnen. Die großen Transformationsprozesse des chemischen Profils stellen die Nach-Ernte-Prozessierung/ Fermentation und der Röstprozess dar. Je nach Verlauf der vorherigen Prozessschritte entsteht eine spezifische chemische Zusammensetzung in der Bohne, welche bei der Extraktion ein charakteristisches Geruchs- und Geschmacksprofil verursacht und gleichzeitig durch bioaktive Substanzen die humane Physiologie beeinflusst. Zahlreiche Publikationen der vorangegangenen Jahrzehnte haben die Grundlagen chemischer Reaktionen und Wirkungsweisen beschrieben. Die wissenschaftliche Beschreibung von aktuellen und gängigen Praktiken der Fermentation und des Röstungsvorganges sowie Konsumenten-relevanter Kaffeeprodukte ist wenig berücksichtigt bzw. nur in geringerer Zahl publiziert. Deshalb wurde der Fokus auf aussagekräftige Indikator-Verbindungen wie Koffein, Chlorogensäuren, Furane, Aminosäuren und biogene Amine gelegt, um mit diesen den Einfluss der erwähnten Prozesse auf die chemische Zusammensetzung der Kaffeebohne zu beschreiben.

Material und Methoden

Auf Grünkaffee basierende Nahrungsergänzungsmittel und Aufgüsse wurden im Handel erworben oder auf Anleitung der Hersteller präpariert. Alle Röstprozesse wurden als kommerzielle ausgeführt und ergaben für den Konsumenten vorgesehene Röstkaffee. Es wurden dem Röstprozess alle 30 sec Proben entnommen und bis zur Analyse eingefroren (-20° C). Die Analysen stützten sich auf Photometrie, Hochleistungs-Flüssigkeitschromatografie und Ultra-Hochleistungs-Flüssigkeitschromatografie (Macheiner et al., 2019; Macheiner et al., 2021a; Macheiner et al., 2021b; Macheiner et al., 2021c; Macheiner et al., 2022).

Ergebnisse und Diskussion (in englischer Sprache)

The influences of origin, species, variety, altitude, agriculture, post-harvest process, storage, roasting, grinding and parameters of extraction are essential for the quality of the final cup. Novel green coffee derived products as well as the multiple process steps of the coffee production process were considered. The conceptualization of the investigations was highly based on authentic and commercial production processes and consumer relevant sample material. In regard to the results of the studies, following points can be made:

- **(I)** The extraction of green coffee beans (green coffee infusions) lower significantly the yield of caffeine due to strong matrix effects, particularly with chlorogenic acids.
- **(I)** *C. canephora* derived green coffee infusions are suitable sources for chlorogenic acid uptake, whereas caffeine uptake is moderate in comparison to brews derived from roasted coffee beans.
- **(II)** Spermidine uptake can be performed more effectively in green coffee derived infusions than with green coffee derived supplements.
- The coffee roasting process can be chemically defined by: (Abb. 1)
  - **(III)** the steady rise of the furans 5-methylfurfural and 2-furoic acid

- **(IV)** the intermediate rise of 3-caffeoylquinic and 4-caffeoylquinic acid between the change of colour (CC: green to yellow) and the first crack
- **(V)** the intermediate rise of histamine between the change of colour (CC: green to yellow) and the first crack

- **(III; IV; V)** The comparison of measured temperatures in the studies of this thesis and previous studies lead to the conclusion, that the determination of "bean temperature" is varying dramatically in terms of probe setting, definition and application. The inference of chemical reactions and temperature levels in the roasting process is only adequate for specific batch size and roaster machine settings.
- **(V)** Low green coffee quality does not exclusively affect histamine levels. Histamine can be still abundant in light and medium roasted coffee due to the formation of thermal decarboxylation processes of histidine.

(I) Green coffee bean derived infusions appeared in the recent years on the market. The first publication treated the influence of origin and species on novel green coffee derived products as green coffee infusions in regard to the compositions of chlorogenic acids and caffeine In order to get a basis for the investigation on infusions, the total contents caffeine and chlorogenic acids (CGA) in green coffee beans (gCB) were determined. The distinct differences between the species *C. arabica* (caffeine: 1.2-1.4 % dw; CGA: 5.7-8.0 % dw) and *C. canephora* (caffeine: 2.1-2.4 % dw; CGA: 8.6-10.2 % dw) were in accordance with previous studies. The investigations on caffeine contents in green coffee derived infusions (gCI) showed a range of 114-118 mg/L for *C. arabica* and 186-293 mg/L for *C. canephora*. Thus, the higher amounts of *C. canephora* beans were also seen in the extracts of their beans in consideration to varying extraction coefficients. The decaffeinated sample showed the lowest concentration with 6.2 mg/L. Brews derived from roasted and ground coffee beans had far higher caffeine concentrations than infusions derived from green and ground coffee beans. Besides higher coffee/water ratios in the brews derived from roasted beans, the lack of density and porosity of green coffee beans was suggested as an important reason for the low extractability of caffeine. The decrease of caffeine in the roasting process was reported to be negligible. Additionally, caffeine is mainly bound in Na-CGA complexes in the green bean. This was proposed as considerably lowering the extractability of caffeine. Regarding CGA contents, the concentrations were 628-1040 mg/L for *C. arabica* derived infusions and 1110-1210 mg/L for *C. canephora*. By comparing edible portions, C. canephora derived green coffee infusions partially exceed brews from roasted beans, in particular stove pot and French Press preparations. CGA are known to highly decrease within the roasting process. Thus, the low extractability of green coffee beans is encountered by the high amount of CGA in the green beans. Whereas CGA in roasted beans are particularly low (almost 90% of the original level degraded), but extractability is enhanced by higher porosity and lower density due to the roasting process. Conclusively, green coffee derived infusions – in particular from *C. canephora* - are suitable sources for CGA uptake with moderate caffeine contents comparable to *C. sinensis* tea infusions.

(II) The investigation on green coffee derived products was continued with the focus on species and post-harvest processes. The first report on amines and free amino acids in green coffee derived supplements and infusion showed higher concentrations in supplements, but concomitantly higher total intake amounts for infusions by considering edible portions (2 capsules with 0.5-1.5 mg each per day vs. 200 mL). Neither supplements nor infusions have to be seen critical in terms of amine concentrations with adverse health effects (histamine, tryptamine, tyramine). With regard to health promoting amines as spermidine, high concentrations of 451.2 (Suppl. 4) and 724.8 mg/kg (Suppl. 3) were determined in supplements. But, higher intakes of spermidine were suggested to appear with green coffee infusions by considering edible portions. The discrimination of the investigated products in terms of species and post-harvest process was only possible for green coffee infusions. Related declarations were missing for supplements and additional ingredients were added to some of them. Thus, *C. canephora* derived infusions had in average the highest concentrations of free amino acids with 90.2 mg/L-129.8 mg/L. Additionally, the highest share of essential amino acids was also found in *C. canephora* derived infusions with 39.4 and 41.4 %. Vice versa the concentrations of amines were in average slightly lower in comparison to the *C. arabica* derived infusions. The infusion sample derived from dry post-harvest process had the highest GABA concentration with 11.2 mg/L. GLU was the predominant amino acid in wet

processed derived infusions. In conclusion, green coffee derived infusions were suggested as a more effective source for free amino acids and amines than supplements. *C. canephora* derived infusions had a positive impact on free amino acid and essential amino acid content. Consumed amounts of amines with adverse health effects were seen to be not critical.

(III) The impact of the roasting process was investigated in a first step in regard to the formation of furans: The contents of 5-hydroxymethyl-2-furfural (HMF), 2-furfural (F), 2-furylmethyl ketone (FMC), 5-methylfurfural (MF), 5-hydroxymethyl-2-furoic acid (HMFA) and 2-furoic acid (FA) were comparable to other studies. With regard to the research on valuable time-temperature indicators (TTI) for the coffee roasting process, MF and FA appeared as the only steady rising TTI in *C. arabica* and *C. canephora* species in the roasting trials. The formation of furfural (F) in *C. canephora* was seen to appear in higher rates in the later stage of the roasting process (so-called "development time") than in *C. arabica* samples. The arabinose release from the degradation of arabinogalactan was suggested as potential source for furfural formation in this stage. Arabinogalactan and polysaccharides in general (appr. 48 % vs. 44 %) were reported to exist in higher concentrations in *C. canephora* than in *C. arabica*. In contrast, significant higher HMF values were determined in the period directly after the "first crack" reaction in *C. arabica* than in *C. canephora*. This was explained with the different contents of precursors as sucrose in green *C. arabica* and *C. canephora* beans (6.2-8.4 % vs. 0.9-4.8 %). Although determined temperature was different to other studies, furan values were comparable.

(IV) The exploration of chemical indicator compounds in a previous study (Macheiner et al., 2021a) brought attention to chlorogenic acids: CGA are abundant in green coffee beans and well described. But, studies about CGA in the roasting process were only conducted in small-scale laboratory roasts and did not follow application requirements as well as actual terminology. Thus, the development of 5-CQA, 4-CQA, 3-CQA and 3,4-diCQA, 3,5-dieCQA and 4,5-diCQA was investigated in *C. arabica* (var. Catuai) and *C. canephora* (var. Nganda/Erecta) beans in a 1 kg roast. In a second step the investigation was scaled up to 20 kg batch size of another *C. arabica* variety (SL28/SL34). The roasting process was divided in drying period, pre FC phase and post FC phase, according to roasting terminology. All results were in accordance to previous related studies. Analysis of the CQA compounds showed, that isomerization reactions of 3-CQA and 4-CQA occurred mainly within the Pre FC phase in both species (*C. arabica* and *C. canephora*), different varieties (C. arabica: Catuai and SL28/SL34) and different batch sizes (1 kg vs. 20 kg). Thus, the chemical reactions were observed in the same phase of roasting (Pre FC), whereas the temperature settings differed widely. Thus, the unique behaviour of these CQA were seen as basis to determine the end of the drying phase and the First Crack reaction with chemical indicators without dependency of temperature probes. This observation confirmed the fitness of CGA as chemical indicators. Conclusively, isomerization behaviour of 3-CQA and 4-CQA are a basis for future applications for on-line monitoring (e.g.: spectroscopic applications).

(V) The development of free amino acids and their related biogenic amines during the entire roasting process was investigated. The roasting process was performed as for commercial usage (20 kg batch) and relevant for consumer requirements (roasting profile and degree). Two different coffee bean samples of the *C. arabica* species were investigated: Yellow Bourbon/semi-washed/Brazil and SL28, SL34/washed/Kenya. Thus, samples differed in terms of origin, variety, altitude and post-harvest process. The degradation of amino acids during the roasting process was comparable in both sample sets. Regarding the interactions of amino acids and their related biogenic amines, similar patterns were observed in both samples: the values of histamine and agmatine had significant intermediate rises in the phase before the first crack (Pre FC), whereas others decreased (putrescine, ethylamine, ethanolamine) or remained at a initial low level (octopamine, phenylethylamine) in the same observed period. Thus, no indications were seen for glutamine to form ornithine or putrescine. Histidine and arginine were significantly degraded and for the first time, the intermediate formation of histamine and agmatine were shown in the roasting process. Hence, the amines histamine and agmatine were suggested to be highly influenced by the thermal decarboxylation of alkaline histidine and arginine. Histidine degradation and histamine formation showed molar conversion rates of 90% (Brazilian sample) and 95.6% (Kenyan sample). Arginine was decarboxylated to agmatine in two steps, with rates of 23.5% and 29.8%, and 47.3% and 46.6%, respectively. In regard to the stability of histamine, the additional amounts formed from the thermal decarboxylation reaction were already degraded before the first crack reaction (FC), whereas the concentrations after the FC stabilized in both samples. In contrast, the agmatine concentrations degraded with the first crack. Thus, a potentially low green coffee quality does not exclusively affect high histamine levels. Histamine can be still abundant in light and medium roasted coffee due to

the formation of thermal decarboxylation processes of histidine. Spermidine did not appear to be more stable when compared to putrescine in a commercial roasting process. Conclusively, the phase of roasting between the change of colour (CC: green -> yellow) and the first crack reaction can be chemically marked with the intermediate rise of histamine with high molar conversion rates of histidine.

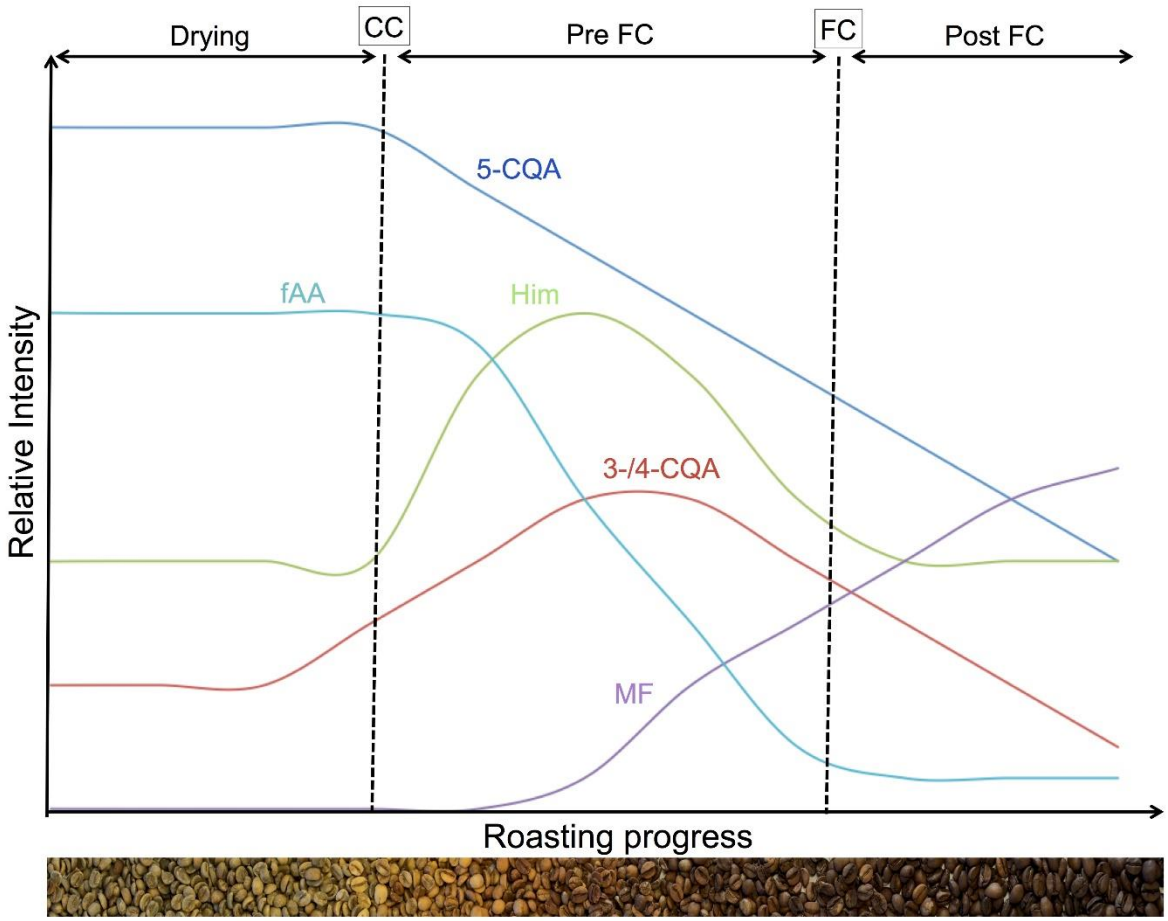


Abbildung 1: **Schematische Darstellung der möglichen Neudefinition von Kaffeeröstprozessen in drei Phasen (Drying/Tocknung; PreFC/Phase vor dem ersten Crack; PostFC/ Phase nach dem ersten Crack; CC: colourchange/Frabänderung; FC: first Crack/ erster Crack) mittels chemischen Indikatoren: 5-CQA (5-caffeoylquinic acid); 4-CQA (4-caffeoylquinic acid); 3-CQA (3-caffeoylquinic aicd); fAA (free amino acids); Him (histamine); MF (5-methylfurfural);**

Zusammenfassung

Neue Kaffeeprodukte wie Grünkaffee basierte Aufgüsse und Nahrungsergänzungsmittel wurden auf den Zusammensetzung von Koffein, Gesamtgehalt von Chlorogensäuren, Aminosäuren und biogenen Aminen untersucht. Aufgüsse aus Grünkaffee ergeben niedrigere Koffein Gehalte als aus Extrakten gerösteter Bohnen und weisen gleichzeitig hohe Konzentrationen an Chlorogensäuren auf. Die effektivsten Quellen für phenolische Verbindungen sind Aufgüsse von grünen *C. canephora* Bohnen.
Die Untersuchung des Röstprozesses und dessen Einfluss auf die Reaktionswege und Zusammensetzung von Chlorogensäuren wie den Estern und Diestern der Kaffee- und Chinasäure, Furanen, Aminosäuren und biogenen Aminen berücksichtige die aktuelle Terminologie der Rösttechnologie und Konsumenten Ansprüche. Die Untersuchung der Entstehung von Furanen in *C. arabica* und *C. canephora* Bohnen im Röstprozess ergab mit 5-Methylfurfural und Furan-2-carbonsäure zwei steigende Zeit-Temperatur Indikatoren. Aufgrund der unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung der grünen Bohne ergaben sich signifikante Unterschiede in der Bildungsintensität der untersuchten Furane. In Bezug auf Chlorogensäuren konnten vergleichbare Isomerisierungsreaktionen von Estern aus Kaffee- und Chinasäure zwischen dem Farbwechsel und der ersten Aufbruch Reaktion der Bohnen in Röstprozessen verschiedener Gattungen (*C. arabica* und *C. canephora*) sowie Chargen-Größen und Röstmaschinen festgestellt werden. Daraus resultierend wurden die Ergebnisse der Analyse in die Terminologie des Röstens integriert und damit neue Ansätze für die allgemein anwendbare Überwachung von Röstprozessen unabhängig von Temperaturmessung entwickelt. Die Bestimmung von Temperatur während des Röstprozesses stellte sich als unbeständige Messmethode dar, welche nicht universal einsetzbar ist und dessen Werte nur für die jeweilige Anwendung eine Aussagekraft hat. Die Untersuchung von Aminosäuren und biogenen Aminen währende des Röstprozesses ergaben einen weiten Rahmen verschiedener Stabilitäten und Reaktivitäten. Eine molare Transformationsrate von 90 bis 95 % von Histidin zu Histamin zwischen dem Farbwechsel und der ersten Aufbruch Reaktion der Bohnen während der Röstung wurde zum ersten Mal festgestellt und beschrieben. Keine vergleichbar hohe Rate konnte bei anderen Aminosäuren und deren biogenen Aminen beobachtet werden. Diese Untersuchung stellte auch die erste jeweilige Betrachtung über einen gesamten kommerziellen Röstprozess dar.

Abstract

The coffee products and processes chosen were always in consideration of consumer relevance or commercial production processes. Therefore, the influence of origin, variety and fermentation was investigated in novel green coffee derived products as green coffee derived infusions and supplements in regard to the compositions of chlorogenic acids, caffeine, amino acids and biogenic amines. The compositions of those compounds were investigated for the first time and additionally showed new challenges for analysis and consumer aspects due to the dense and intact coffee cell matrix of the beans. Thus, green coffee derived infusions are reliable sources for chlorogenic acids, whereas the caffeine contents are lower than in compared brews derived from roasted beans. Highest amounts of chlorogenic acids were observed in *C. canephora* based infusions.
The terminology of roaster's craft and technology was highly considered by investigating the formation and degradation pathways of furans, certain chlorogenic acids as caffeoylquinic and dicaffeoylquinic acids, amino acids and biogenic amines in the roasting process. Thus, findings were implemented in actual roasting phase terminology and are basis for monitoring applications. Roasting trials were performed as for market requirements and consumer habits. In general, the formation of furans was observed to appear differently in the species *C. arabica* and *C. canephora*. But, two equal rising time-temperature indicators (TTI) were identified in both species: 5-methylfurfural (MF) and furoic acid (FA). Certain chlorogenic acids showed unique behaviour as isomerization reactions of 3-caffeoylquinic and 4-caffeoylquinic acid between the point of colour change and the first crack in different batch sizes and machine settings. Concomitantly, temperature determinations appeared as highly specific for single roaster machine settings and not appropriate for general monitoring efforts. The view on the pathways of amino acids and biogenic amines over the entire roasting process showed a high variance of stability and reactivity properties. The highest molar conversion was seen from histidine to histamine with 90 and 95% respectively between the point of colour change and the first crack. This investigation was the first report about the development of amino acids and related biogenic amines during a commercial coffee roasting process.

Adressen des Autors

220GRAD Rösterei, Maxglaner Hauptstraße 29, 5020 Salzburg

Macheiner, L., Schmidt, A., Schreiner, M., Mayer, H. K. (2019). Green coffee infusion as a source of caffeine and chlorogenic acid. Journal of Food Composition and Analysis 84, 103307
Macheiner, L., Schmidt, A., Karpf, F., Mayer, H. K. (2021a). A novel UHPLC method for determining the degree of coffee roasting by analysis of furans. Food Chemistry 341, 128165
Macheiner, L., Schmidt, A., Mayer, H. K. (2021b). Green coffee derived supplements and infusions as a source of polyamines and free amino acids. European Food Research and Technology 247, 85-99
Macheiner, L., Schmidt, A., Mayer, H. K. (2021c). A novel basis for monitoring the coffee roasting process: Isomerization reactions of 3-caffeoylquinic and 4-caffeoylquinic acis. LWT – Food Science and Technology 152, 112343
Macheiner, L., Schmidt, A., Wagner, M., Mayer, H. K. (2022). Thermogenic formation of biogenic amines during commercial coffee roasting processes. LWT – Food Science and Technology, 154, 112664

ALVA-FÖRDERPREIS

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-, VETERINÄR- UND AGRARWESEN

Der erweiterte Vorstand der
Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen
hat in seiner Sitzung vom 9. März 2022 beschlossen

Frau Eszter BOROS MSc

den

ALVA-Förderpreis 2022

zu verleihen.

Der Vorstand der ALVA bekundet Ihnen hiermit, sehr geehrte
Frau Eszter Boros MSc,
eine hervorragende Masterarbeit abgefasst zu haben, die jene
Fachgebiete betrifft, die von der ALVA vertreten und bearbeitet
werden und daher für die weitere wissenschaftliche Arbeit
innerhalb der ALVA von großer Bedeutung ist.

Graz, am 30. Mai 2022

Univ.-Doz. Dr. Gerhard BEDLAN
Präsident

Mag. Astrid PLENK
Vizepräsidentin

Dipl.-Ing. Martin ROGENHOFER
Geschäftsführer

Metabolic kinetics of *Alternaria* toxins and potential interspecies differences

Metabolische Kinetik von Alternaria Toxinen und potentielle speziesspezifische Unterschiede

Eszter Boros[1*], Elisabeth Varga[1], Georg Aichinger[1,2] und Doris Marko[1]

Introduction

Mycotoxins are secondary fungal metabolites, which can exert adverse effects on vertebrates even in low concentrations [TAEVERNIER *et al*. 2016]. The emerging mycotoxins alternariol (AOH) and alternariol monomethyl ether (AME) are produced by *Alternaria*, a versatile and ubiquitous genus of fungi. This strain of mould can grow on various plants, including certain grains, fruits, tomatoes, sunflower seeds, and olives. The high resistance of *Alternaria* moulds towards low temperatures allows the infestation of foodstuffs even after the harvest – during storage or transport despite cooling [OSTRY, 2008]. Thus, AOH and AME can easily enter the food and feed chain either directly through the consumption of contaminated plant products or indirectly from foods originating from exposed animals [TAEVERNIER *et al*. 2016].

The wide occurrence of AOH and AME (structures displayed on the left side of Figure 1) in food and feed poses a toxicological hazard, given that numerous *in vitro* studies pointed out their cytotoxic [AICHINGER *et al*. 2017; BENSASSI *et al*. 2015; CHIESI *et al*. 2015; JUAN-GARCÍA *et al*. 2015], genotoxic and mutagenic [BRUGGER *et al*. 2006; FERNÁNDEZ-BLANCO *et al*. 2015; FEHR *et al*. 2009; SOLHAUG *et al*. 2012], immunosuppressive [GROVER and LAWRENCE, 2017; SCHMUTZ *et al*. 2019], as well as hormone-mimicking [DELLAFIORA *et al*. 2018; LEHMANN *et al.* 2016] properties. Therefore, there is an urgent need to comprehensively understand the impact of AOH and AME on the human body. Particularly *in vitro*, *in vivo*, and *in silico* toxicokinetic data could expand our knowledge about these emerging mycotoxins [AICHINGER et al. 2021]. Thus, our work focused on the metabolic kinetics of AOH and AME.

Materials and Methods

Biological materials: The human hepatocarcinoma cell line HepG2 was used as a cell culture model for the detoxification of AOH and AME. It was purchased from the American Type Culture Collection (ATCC number: HB-8065).
Furthermore, hepatic microsomes were also included in the incubation study. To reveal possibly occurring interspecies differences in the metabolism of AOH and AME, not only human, but also porcine and rat liver microsomes were investigated. Whereas the pooled rat and human liver microsomal suspensions were purchased from a commercial source (RTMCPL, Gibco®, Thermo Fisher Scientific and M0567, Sigma-Aldrich Co., respectively), porcine liver microsomes were prepared in the institute based on a protocol kindly provided by Francesco Crude, Ph.D. This procedure consisted of the following steps to obtain the microsomal fraction: cutting and washing of the liver, homogenisation, centrifugation of the homogenate, ultracentrifugation of the supernatant, and finally, re-suspension of the pellet.

Incubation experiments: Incubation studies of the selected biological materials were carried out to acquire information about the metabolism of AOH and AME. Kinetic data were aimed to be extracted from the concentration-incubation time profile of the parent toxins and their metabolites.
HepG2 cells were exposed to 10 µM of AOH or AME for up to 18 hours, in three biological and three technical replicates per incubation condition.
Porcine liver microsomes (2 mg/mL) were incubated for 0-60 minutes with AOH or AME in a concentration range of 1-100 and 1-50 µM, respectively. Besides, the incubation mix contained a final concentration of 3 mM NADPH and 1 mM ascorbic acid in 200 mM Tris-HCl (pH 7.4). One to two biological and at least three technical replicates were included in this investigation. Pooled human and rat liver microsomes (1 mg/mL) were treated analogously with either AOH or AME for up to 20 minutes. After the incubation, the sample preparation included protein precipitation and dilution.

Instruments and analytical methods: The parent toxins AOH and AME, as well as some of their selected metabolites were separated and quantified with a high-performance liquid chromatography (HPLC) system (UltiMate 3000) coupled to a triple quadrupole mass spectrometer (TSQ Vantage).
The applied analytical method originated from the publication of PUNTSCHER and colleagues [2018] and was further optimised in the course of our work. It used ammonium acetate (5 mM, pH adjusted to 8.7) as eluent A, and methanol as eluent B. Gradient elution was used with the following program: during the first minute, the column was kept at 30 % eluent B. Subsequently, the content of eluent B was linearly raised to 100 % within 6 minutes. Then the column was washed with 100 % eluent B for 1.5

minutes and re-equilibrated at the initial conditions until the end of the 10-minutes total run time. The Supelco Ascentis Express C18 (10 cm × 2.1 mm, 2.7 µm) column was applied as the stationary phase. The heated electrospray interface (ESI) was set for the negative ionisation mode, detecting the deprotonated form of the analytes. The mass analyser worked in the multiple-reaction monitoring mode. The absolute quantification of the parent toxins AOH and AME was carried out by injecting and measuring a series of external standard solutions.
High-resolution mass spectrometry (HR-MS) measurements were conducted on selected samples aiming to identify the formed AOH and AME metabolites. These analyses were performed on a Vanquish UHPLC system connected to a dual-pressure linear trap-quadrupole-orbitrap mass analyser (Velos), equipped with an ESI interface, in both positive and negative modes.

Results and Discussion

Incubation of HepG2 cells with AOH and AME: Treating HepG2 cells for 4-6 hours with 10 µM AOH or AME resulted in a statistically significant decrease in the initial toxin concentration [data not shown]. Counterbalancing the parent toxin reduction, two AOH and one AME metabolite occurred in an increasing tendency over time, resulting in the complete recovery of the initial toxin concentration. Alternariol-3O-sulphate and alternariol monomethyl ether-3O-sulphate could be identified as two of the three detected detoxification products, as their analytical standards were available. Based on a publication regarding the retention order of the known alternariol sulphates under reversed-phase conditions [SOUKUP et al. 2016], the other detected AOH metabolite carries the sulphate moiety presumably in the ninth position [Figure 1].
Incubation studies of HepG2 cells with AOH and subsequent investigations aiming to reveal the composition of the resulting metabolic mixture have previously been reported in literature [JUAN-GARCÍA et al. 2016]. Nevertheless, our research group was the first to assign the most abundantly produced metabolites of AOH and AME in this cell line.

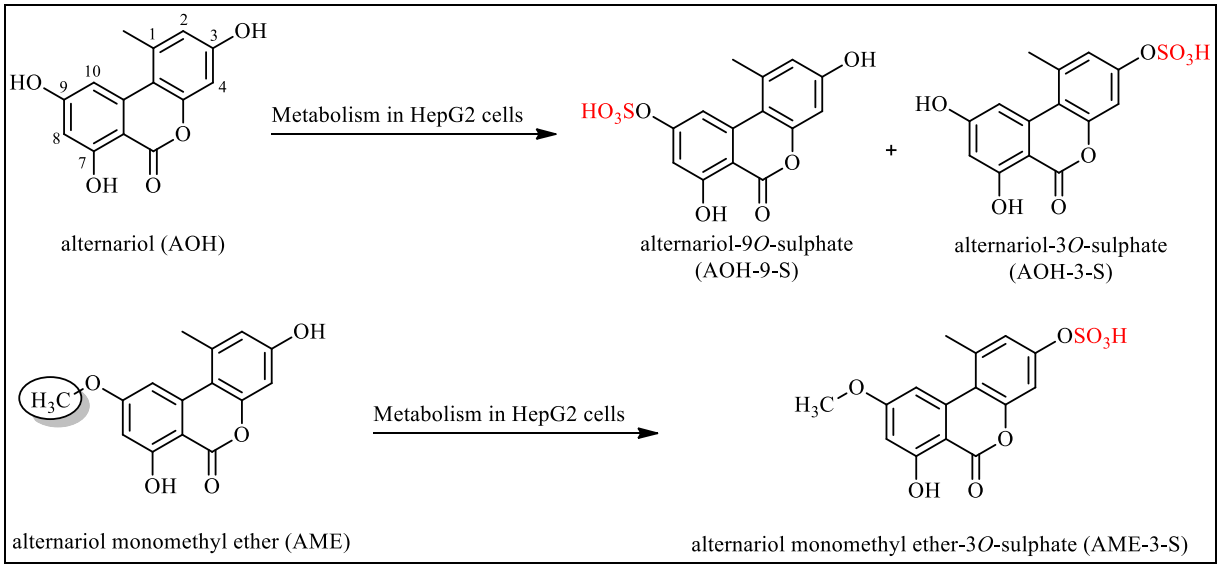


Figure 1: **Major metabolites of AOH and AME in HepG2 cells**

<u>Incubation of liver microsomes with AOH and AME:</u> In all three investigated mammalian species, the initial toxin concentration was reduced already within 5-10 minutes, when exposing liver microsomes to AOH or AME. Based on the toxin decrease-incubation time relationship, the transformation rate values could be calculated for all the examined incubation concentrations [Figure 2]. AOH seems to be metabolised more effectively in human than in porcine liver microsomes. Interestingly, rat liver microsomes show the highest biotransformation rates up to 20 µM AOH. However, the conversion rates obtained for 100 and particularly 50 µM were unexpectedly low in both monitored time points. For AME, rat liver microsomes tendentiously showed the highest transformation rates. Herein, both in porcine and human hepatic microsomes similar, lower results were detected. Furthermore, kinetic parameters based on the Michaelis-Menten model and linear regression approach were determined [data not

shown]. With this, our work delivers novel quantitative information about the toxicokinetics of the phase I metabolism of AOH and AME.

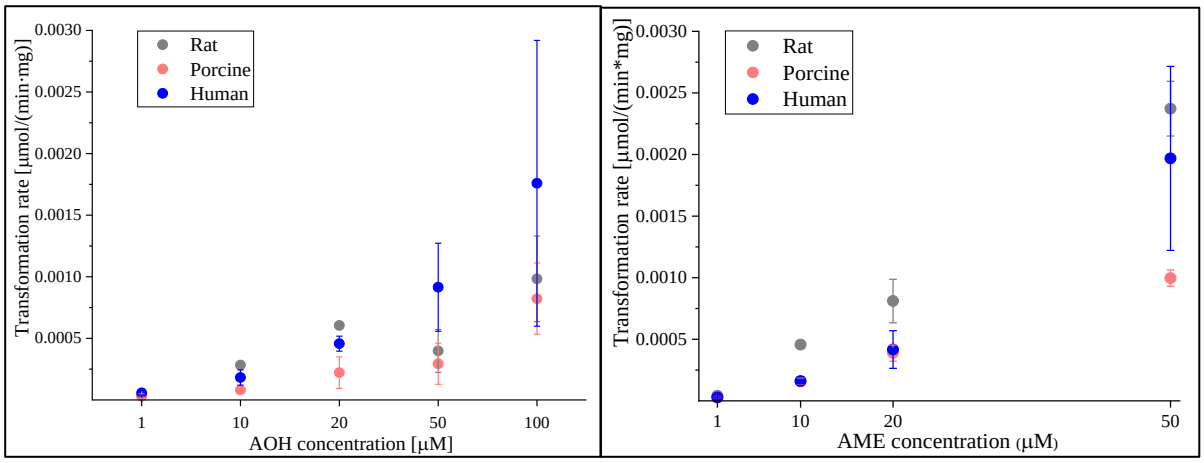


Figure 2: **Interspecies differences in the transformation rate of AOH and AME after 10 minutes incubation with liver microsomes derived from different mammalian species.**

When it comes to metabolism, one of the intriguing investigations deals with identifying the formed metabolites and determining their relative amount, facilitating the toxicological evaluation of the parent compound. Treating liver microsomes with AOH led to the formation of 2-, 4-, 10-hydroxy-alternariol and small amounts of 8- hydroxy-alternariol. The phase I metabolic mixture of AME was more complex, as it contained not only 2-, 4-, 8-, 10-hydroxy-alternariol monomethyl ether but also AOH, and in traces, even its hydroxylated metabolites. Consistent with the literature [PFEIFFER *et al*. 2007], high species-specific variations were found in the relative amounts of the produced phase I metabolites.

All the captured interspecies differences highlight the importance of utilising species-specific *in vitro* models for each research question. Otherwise, the adverse effects of exogenous compounds exerted on human or animal health might be underestimated.

Abstract

The objective of our work was to provide quantitative data concerning the metabolism of the emerging mycotoxins alternariol (AOH) and alternariol monomethyl ether (AME). Hence we addressed the metabolic kinetics of AOH and AME in NADPH-fortified liver microsomes and the human hepatocarcinoma cell line HepG2.

Porcine, rat, and human hepatic microsomes were incubated with AOH or AME in a concentration range of 1-100 and 1-50 µM, respectively. The concentration-time profile of the parent toxins and their metabolites was monitored with HPLC-MS/MS and HR-MS measurements. Deriving from the gathered data, the total transformation rates of the oxidative AOH and AME metabolism could be calculated for the first time. Moreover, kinetic parameters of the metabolic conversion were estimated based on the Michaelis-Menten model and the linear regression approach, providing valuable information for developing a physiologically-based toxicokinetic (PBTK) model for AOH and AME.

Given that the microsomes of three mammalian species were examined, interspecies differences could be unravelled. In contrast to AOH, pronounced species-specific variations were present in the phase I metabolism of AME – regardless of the initial toxin level, rat liver microsomes stand out from the other two species showing a more effective conversion of AME. Furthermore, interspecies differences were observed in the hydroxylation pattern of AOH and AME. These findings about the composition of the metabolic mixture were in line with the literature.

The human hepatocarcinoma cell line HepG2 was treated with 10 µM AOH or AME over a time period of 18 hours allowing the detection of the main metabolites. As a result, sulphates were identified and quantified as the major detoxification products of both AOH and AME in this cell line.

Zusammenfassung

Ziel unserer Arbeit war es, quantitative Daten zum Metabolismus der Mykotoxine Alternariol (AOH) und Alternariolmonomethylether (AME) bereitzustellen. Daher befassten wir uns mit der metabolischen

Kinetik von AOH und AME einerseits in Lebermikrosomen in der Anwesenheit von NADPH und andererseits in der menschlichen Leberkarzinom-Zellline HepG2.

Schweine-, Ratten- und humane Lebermikrosomen wurden mit 1-100 µM AOH, bzw. 1–50 µM AME inkubiert. Das Konzentration-Inkubationszeit-Profil der Ausgangstoxine und ihrer Metaboliten wurde mittels HPLC-MS/MS- und HR-MS-Messungen verfolgt. Aus den erzeugten Daten konnten erstmals die Gesamtumsatzraten des oxidativen AOH- und AME-Metabolismus berechnet werden. Darüber hinaus wurden die kinetischen Parameter der metabolischen Umwandlung auf Basis der Michaelis-Menten-Kinetik, sowie des linearen Regressionsmodells abgeschätzt, die als wertvolle Eingangsparameter für die Erstellung eines toxikokinetischen Models gelten.

Da die Mikrosomen von drei Säugetierarten untersucht wurden, konnten artspezifische Variationen aufgedeckt werden. Im Gegensatz zu AOH zeigten sich im Phase-I-Metabolismus von AME ausgeprägte speziesspezifische Variationen – unabhängig vom initialen Toxingehalt heben sich Rattenlebermikrosomen von den beiden anderen Spezies ab und zeigen eine effektivere Umwandlung von AME. Darüber hinaus wurden speziesspezifische Unterschiede im Hydroxylierungsmuster von AOH und AME beobachtet. Die Resultate über die Zusammensetzung des finalen Metabolitgemisches standen im Einklang mit der Literatur.

HepG2 wurde mit 10 µM AOH oder AME über einen Zeitraum von 18 Stunden behandelt, was den Nachweis der Hauptmetaboliten ermöglichte. Als Ergebnis wurden Sulfate als die Hauptentgiftungsprodukte von sowohl AOH als auch AME identifiziert und quantifiziert.

Keywords

Alternaria, alternariol (AOH), alternariol monomethyl ether (AME), liver microsomes, HepG2, mass spectrometry, liquid chromatography, HPLC, interspecies differences, emerging mycotoxins, toxicokinetics

References

AICHINGER, G., BEISL, J., MARKO, D., 2017. Molecular Nutrition & Food Research 61, 1600462. https://doi.org/10.1002/mnfr.201600462

AICHINGER, G., DEL FAVERO, G., WARTH, B., MARKO, D., 2021. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 1541-4337.12803. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12803

BENSASSI, F., GALLERNE, C., SHARAF EL DEIN, O., RABEH HAJLAOUI, M., BACHA, H., LEMAIRE, C., 2015. Toxicology Mechanisms and Methods 25, 56–62. https://doi.org/10.3109/15376516.2014.985354

BRUGGER, E.-M., WAGNER, J., SCHUMACHER, D.M., KOCH, K., PODLECH, J., METZLER, M., LEHMANN, L., 2006. Toxicology Letters 164, 221–230. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2006.01.001

CHIESI, C., FERNANDEZ-BLANCO, C., COSSIGNANI, L., FONT, G., RUIZ, M.J., 2015. Toxicon 93, 103–111. https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2014.11.230

DELLAFIORA, L., WARTH, B., SCHMIDT, V., DEL FAVERO, G., MIKULA, H., FRÖHLICH, J., MARKO, D., 2018. Food Chemistry 248, 253–261. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.013

FEHR, M., PAHLKE, G., FRITZ, J., CHRISTENSEN, M.O., BOEGE, F., ALTEMÖLLER, M., PODLECH, J., MARKO, D., 2009. Molecular Nutrition & Food Research 53, 441–451. https://doi.org/10.1002/mnfr.200700379

FERNÁNDEZ-BLANCO, C., FONT, G., RUIZ, M.-J., 2015. Toxicology Letters 235, 61–66. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2015.03.013

Grover, S., Lawrence, C., 2017. International Journal of Molecular Sciences 18, 1577. https://doi.org/10.3390/ijms18071577

JUAN-GARCÍA, A., JUAN, C., KÖNIG, S., RUIZ, M.-J., 2015. Toxicology Letters 235, 8–16. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2015.03.003

JUAN-GARCÍA, A., JUAN, C., MANYES, L., RUIZ, M.-J., 2016. Toxicology *in Vitro* 34, 264–273. https://doi.org/10.1016/j.tiv.2016.04.016

LEHMANN, L., WAGNER, J., METZLER, M., 2006. Food and Chemical Toxicology 44, 398–408. https://doi.org/10.1016/j.fct.2005.08.013

OSTRY, V., 2008. World Mycotoxin Journal 1, 175–188. https://doi.org/10.3920/WMJ2008.x013

PFEIFFER, E., SCHEBB, N.H., PODLECH, J., METZLER, M., 2007. Molecular Nutrition & Food Research 51, 307–316. HTTPS://DOI.ORG/10.1002/MNFR.200600237

PUNTSCHER, H., KÜTT, M.-L., SKRINJAR, P., MIKULA, H., PODLECH, J., FRÖHLICH, J., MARKO, D., WARTH, B., 2018. Analytical and Bioanalytical Chemistry 410, 4481–4494. https://doi.org/10.1007/s00216-018-1105-8

SCHMUTZ, C., CENK, E., MARKO, D., 2019. Molecular Nutrition & Food Research 63, 1900341. https://doi.org/10.1002/mnfr.201900341

SOLHAUG, A., VINES, L. L., IVANOVA, L., SPILSBERG, B., HOLME, J. A., PESTKA, J., COLLINS, A., ERIKSEN, G. S., 2012. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 738-739, 1–11. doi:10.1016/j.mrfmmm.2012.09.001
SOUKUP, S.T., KOHN, B.N., PFEIFFER, E., GEISEN, R., METZLER, M., BUNZEL, M., KULLING, S.E., 2016. Journal of Agricultural and Food Chemistry 64, 8892–8901. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03120
TAEVERNIER, L., WYNENDAELE, E., DE VREESE, L., BURVENICH, C., DE SPIEGELEER, B., 2016. Journal of Environmental Science and Health, Part C 34, 114–135. https://doi.org/10.1080/10590501.2016.1164561

Address of the co-authors

[1] University of Vienna, Faculty of Chemistry, Department of Food Chemistry and Toxicology, Vienna

[2] Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Department of Health Sciences and Technology, Zürich

[*] Corresponding author: Eszter Borsos, borsoseszti96@gmail.com

PLENARVORTRÄGE

Mikro- und Nanoplastik in landwirtschaftlich genutzten Böden

Micro- and nanoplastics in agricultural soils

Heide Spiegel*, Taru Sandén, Julia Miloczki, Lisa Makoschitz,
Sophia Götzinger und Andreas Baumgarten

Einleitung

Plastik ist ein Sammelbegriff für unterschiedliche, künstlich hergestellte, polymere Materialien. Mikroplastik (MP, Plastikpartikel <5mm) und Nanoplastik (NP, < 10^3 nm) können mit einer bestimmten Größe erzeugt (primäres MP) oder durch physikalische und/oder biogechemische Prozesse abgebaut worden sein. Makro- und Mikroplastik in Gewässern stellt schon seit geraumer Zeit ein wichtiges Thema in Gesellschaft und Forschung dar. Dagegen wird Plastik in Böden erst seit wenigen Jahren als Bedrohung für die Gesundheit von Boden, Pflanze und Mensch wahrgenommen. Auch ist anzunehmen, dass Böden – neben Fließgewässern – wichtige Transportpfade (z.B. durch Erosion und Abfluss) für Plastik zu den Meeren sind (Horton et al., 2017). Neue Studien zeigen, dass Plastik in Böden weit verbreitet ist und eine Anreicherung schon seit geraumer Zeit stattgefunden haben muss (Weber et al., 2022). So konnten in Rückstellproben von Auenböden der Dauerbeobachtung in Hessen – mit einer Ausnahme – in jeder Bodenprobe, in jeder Bodentiefe und zu jedem Probenahmezeitpunkt Mikroplastik nachgewiesen werden (Weber et al., 2022).

Eintragsquellen

Kunststoffe werden weitverbreitet in der modernen Landwirtschaft eingesetzt, um die Erträge zu optimieren und Böden und Pflanzen vor Unkraut und Schädlingen zu schützen. Im Garten- und Gemüsebau werden Gewächshäuser, Folientunnel und Mulchfolien verwendet, damit frische Produkte (z.B. Paradeiser, Paprika, Gurken, Erdbeeren) einen Großteil des Jahres auf dem Markt verfügbar sind. Weiters sind verschiedene Beregnungssysteme mit Plastikschläuchen sowie kunststoffbasierte Drainagesysteme weit verbreitet. Hagelschutznetze im Wein- und Obstbau sowie Silo- und Heuballenumhüllungen im Grünland sind weitere Einsatzgebiete für Kunststoffe in der Landwirtschaft. Zudem wird Plastik durch organische Düngung (z.B. Bioabfallkompost, Hofdünger, Klärschlamm) aber auch durch Umhüllungen von Saatgut, Düngemitteln und Pestiziden in den Boden eingetragen. Neueste Forschungen stellen fest, dass der Abrieb von Straßenstaub eine wichtige Quelle von Plastik im Boden ist (Ding et al., 2022). Wer aufmerksam an Feld- und Wiesenrändern entlang von Straßen geht, muss feststellen, dass „littering“ ebenfalls eine wesentliche Eintragsquelle von Plastik in den Boden darstellt.

Verhalten von MP im Böden

Mikroplastik kann in Böden horizontal und vertikal verlagert werden, wobei die Verlagerungsprozesse bei Untersuchungen von Auenböden in Hessen eine große zeitliche und räumliche Variabilität aufweisen (Weber et al., 2020). Die Autoren stellen in ihren Untersuchungen fest, dass Mikroplastik sich seit 1960 in jungen Sedimenten durch Überflutungen angereichert hat. Sie konnten Hinweise auf eine Tiefenverlagerung mobiler MP Partikel bis in 2 m Tiefe finden, die durch natürliche Prozesse (Bioturbation, bevorzugte Fließwege) verursacht worden sein dürfte.
Studien berichten, dass MP und NP im Boden Einfluss auf biologische, chemische und physikalische Bodeneigenschaften haben sowie die Kreisläufe von Kohlenstoff- und Nährstoffen beeinflussen kann. In Inkubationsversuchen können Auswirkungen auf Boden-pH, Atmung und Enzymaktivitäten von Mikroorganismen insbesondere in Abhängigkeit von der Form des MP und dem Polymertyp festgestellt werden (Rillig et al., 2021). MP beeinflusst die mikrobielle Zusammensetzung des Bodens (You et al., 2022; Zhu et al., 2022) und hat Auswirkungen auf Bodenpilze, z.B. die arbuskuläre Mykorrhiza, AMF (Leifheit et al., 2021). Plastik kann auch negative Auswirkungen auf die Gesundheit von größeren Bodenorganismen, z.B. Regenwürmern, haben, wenn diese MP und NP aufnehmen (Lahive et al., 2022). Mögliche bodenphysikalische Effekte sind die Reduktion der Bodendichte, was positive Auswirkungen

auf das Pflanzenwachstum haben kann, weil die Durchwurzelung und die Wasserhaltekapazität/Wassertransport verbessert werden können (Leifheit et al., 2021). Das kann unterschiedliche Effekte auf die durch AMF gesteuerten Prozesse, wie Nährstoffkreisläufe (insbesondere Phosphor und Stickstoff) und den Kohlenstoffkreislauf haben. Ein verstärkter Abbau von organischer Substanz könnte auch zu klimarelevanten Kohlendioxid- und Lachgasemissionen in die Atmosphäre führen (Leifheit et al., 2021).

Forschungsprojekte zu Makro- und Mikroplastik

Das EU Projekt (HORIZON 2020) MINAGRIS erforscht die Verwendung und Auswirkungen von Kunststoffen in der Landwirtschaft und hat zum Ziel, die nachhaltige Verwendung von Plastik/Kunststoffen in der Landwirtschaft zu forcieren. Die Erkenntnisse sollen mit Landwirten, Unternehmen und politischen Entscheidungsträgern diskutiert werden, um den Weg zu einer nachhaltigen Verwendung von Kunststoffen zu ebnen. Ein Eckpfeiler der MINAGRIS-Strategie wird es sein, einen Überblick über die beabsichtigte und unbeabsichtigte Verwendung von Kunststoffen in der europäischen Landwirtschaft und eine genaue Abschätzung des Verschmutzungsgrades durch Kunststoffe in landwirtschaftlichen Böden zu geben.
Ein Ziel des nationalen Projektes PLASBO, eine vom BMLRT geförderte Bund-Bundesländerkooperation ist es, Methoden und Monitoring von Plastik und Mikroplastik in österreichischen Böden zu harmonisieren. Zudem werden von 100 Acker-, Grünland und Waldstandorten in Österreich Bodenproben genommen und Makro-und Mikroplastik im Boden bestimmt. Damit soll ein Überblick über die Belastung von land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden in Österreich gewonnen werden.

Zusammenfassung und Fazit

Die Kontamination des Bodens mit Plastik ist eine der großen Bedrohungen für terrestrische Ökosysteme. Noch gibt es große Wissenslücken, z.B. bezüglich Eintragsquellen, Verhalten und Toxizität von Plastik in der terrestrischen Umwelt. Trotzdem wissen wir genug, um aufzuzeigen, dass sofortige und weitreichende Maßnahmen zur Reduzierung der Freisetzung von Plastik in die Umwelt notwendig sind um zukünftige Schäden zu minimieren. Weitere Forschungsarbeiten bezüglich der Probenahme und Analyse von Mikro- und Nanoplastik im Boden, der Wechselwirkungen mit physiko-chemischen und biologischen Bodenparametern, einer mögliche Aufnahme in Nahrungspflanzen und der Beeinflussung von Bodenfunktionen sowie ein umfassendes Monitoring sind unabdingbar.

Abstract

Soil contamination with plastics is one of the major threats for terrestrial ecosystems. There are still large gaps in our knowledge, e.g. regarding input sources, behavior and toxicity of plastic in the terrestrial environment. Nevertheless, we know enough to point out that immediate and far-reaching measures to reduce the release of plastics into the environment are necessary to minimize future damage. Further research regarding soil sampling and the analysis of micro- and nanoplastics in soils, interactions with soil physicochemical and biological parameters, a possible uptake in the food crop and the impact on soil functions, as well as comprehensive monitoring, is essential.

Literatur

DING, J., LV, M., ZHU, D., LEIFHEIT, E. F., CHEN, Q.-L., WANG, Y.-Q., . . . ZHU, Y.-G. (2022). Tire wear particles: An emerging threat to soil health. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 1-19. doi:10.1080/10643389.2022.2047581.
HORTON, A. A., WALTON, A., SPURGEON, D. J., LAHIVE, E., & SVENDSEN, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. Science of The Total Environment, 586, 127-141. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.190.
LAHIVE, E., CROSS, R., SAARLOOS, A. I., HORTON, A. A., SVENDSEN, C., HUFENUS, R., & MITRANO, D. M. (2022). Earthworms ingest microplastic fibres and nanoplastics with effects on egestion rate and long-term retention. Sci Total Environ, 807(Pt 3), 151022. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.151022.

LEIFHEIT, E. F., LEHMANN, A., & RILLIG, M. C. (2021). Potential Effects of Microplastic on Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Front Plant Sci, 12, 626709. doi:10.3389/fpls.2021.626709.
WEBER, C. J., & OPP, C. (2020). Spatial patterns of mesoplastics and coarse microplastics in floodplain soils as resulting from land use and fluvial processes. Environ Pollut, 267, 115390. doi:10.1016/j.envpol.2020.115390.
WEBER, C. J., LÜGGER, K., HELLER, C. (2022). Mikroplastik in Auenböden der Bodendauerbeobachtung. Untersuchungen zur raum-zeitlichen Variabilität am Beispiel Hessens. Bodenschutz 1, 20-26.
WEBER, C. J., OPP, C., PRUME, J. A., KOCH, M., ANDERSEN, T. J., & CHIFFLARD, P. (2022). Deposition and in-situ translocation of microplastics in floodplain soils. Sci Total Environ, 819, 152039. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.152039.
YOU, X., WANG, S., LI, G., DU, L., DONG, X. (2022). Microplastics in the soil: A review of distribution, anthropogenic impact, and interaction with soil microorganisms based on meta-analysis. Sci Total Environ. 2022 Apr 1; 832:154975. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154975.
ZHU, D., MA, J., LI, G., RILLIG, M. C., & ZHU, Y. G. (2022). Soil plastispheres as hotpots of antibiotic resistance genes and potential pathogens. ISME J, 16(2), 521-532. doi:10.1038/s41396-021-01103-9
ZHAO, T., LOZANO, Y. M., & RILLIG, M. C. (2021). Microplastics Increase Soil pH and Decrease Microbial Activities as a Function of Microplastic Shape, Polymer Type, and Exposure Time. Frontiers in Environmental Science, 9. doi:10.3389/fenvs.2021.675803.

Adressen der Autoren

Alle: Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

[*] Ansprechpartner: PD DI Dr. Heide Spiegel, adelheid.spiegel@ages.at

Ist Mikroplastik in unseren landwirtschaftlichen Böden tolerierbar?

Can microplastic be tolerated in our agricultural soils?

Ines Fritz*, Katharina Meixner und Mona Kubiczek

Einleitung

Innerhalb von nur 15 Jahren hat sich die globale Plastikproduktion auf knapp unter 400 Millionen Jahrestonnen in 2021 nahezu verdoppelt [1]. Von den rund 62 Millionen Tonnen in Europa wurden 2018 nur rund 6% rezykliert, rund 70% wurden deponiert oder verbrannt und 24% gingen in die Umwelt verloren [2]. Dort sammeln sie sich aufgrund ihrer Langlebigkeit an, im Wasser sichtbar als schwimmende oder den Grund bedeckende Schichten [3], aber genauso auch im Boden, meist als nicht sichtbare, zerfallene oder zerriebene Teilchen, innig und untrennbar mit der Bodenmatrix vermengt [4].
Die Ansammlung von Kunststoffteilchen in der Natur ist nicht dem Material anzulasten, sondern den Menschen und ihrem sorglosen Umgang mit Kunststoffen. Aufgrund Massenproduktion und jahrzehntelanger Optimierung sind Kunststoffe so billig geworden, dass der wirtschaftliche Anreiz, die Abfälle zu sammeln und das Material wiederzuverwerten gegen Null geht. Bis vor wenigen Jahren gab es weder politisch, noch legislativ noch wirtschaftlich motivierte Maßnahmen, die entweder die Produktion beschränkt, die Sammel- und Verwertungsrate erhöht oder dem Material Kunststoff einen spürbaren Wert zugemessen hätten.
Wenn eine Studie aus 2018 nun zum Schluss kommt, dass sich in den landwirtschaftlichen Böden insgesamt mehr Plastik je Fläche angesammelt hat als in den Weltmeeren [5], so stellt sich spätestens seit dann die Frage, welche Auswirkungen sich daraus für unsere Lebensmittelproduktion und, insgesamt, auf die menschliche Gesundheit ergeben [6].
Dem steht gegenüber, dass sich die synthetischen Polymere weitgehend inert verhalten, sie also weder von (Mikro)Organismen noch durch abiotische Einflüsse, wie Sauerstoff, Licht (UV) oder Temperaturschwankungen abgebaut werden. Die Widerstandsfähigkeit gegen mikrobielle Zersetzung (gegen Verschimmeln, Verfaulen und Vermodern) war ja die Motivation, Kunststoffe zu entwickeln und damit die begrenzte Lebensdauer natürlicher Materialien zu überwinden. In die Natur entlassene Kunststoffe, egal ob als funktioneller Gegenstand oder als Abfall, unterliegen mit der Zeit lediglich einem strukturellen Verfall, es kommt zur Versprödung und zur Bildung immer kleinerer Partikel – Mikroplastik entsteht [7]. Kunststoffgegenstände bestehen in den seltensten Fällen ausschließlich aus dem Polymer, zumeist werden Farben, Weichmacher, UV-Protektoren, Flammschutz und andere, die Eigenschaften verändernde Additive zugesetzt. Diese wiederum können im Zuge ihrer Freisetzung als Folge des Zerfalls des Gegenstands zu Mikroplastik durchaus unerwünschte schädliche Wirkungen auf Menschen, Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen haben [8, 9]. Neben diesen chemischen Wirkungen sind auch physikalische Einflüsse auf das Bodengefüge möglich [10].
Prognostizierte Mengen, vermutete kurz- und langfristige Auswirkungen und die Suche nach Eintragpfaden von Kunststoffteilen und Mikroplastik in landwirtschaftliche Böden waren schließlich der Anlass für die Durchführung einer Studie zu Methodenentwicklung und Erprobung der Mikroplastikanalyse aus Böden, Klärschlämmen, Komposten und Gärresten, die 2020 abgeschlossen und publiziert werden konnte [4].

Material und Methoden

Auswahl der Proben: Die am IFA-Tulln durchgeführte Studie hatte die Analyse von festen Proben zum Ziel, allen voran Böden aus Feldern, aus dem Wald und aus Gärten. Hinzu kamen Proben aus Matrices, die vermeintlich wesentlich zum Eintrag von Kunststoffen (und Mikroplastik) in die Böden betragen, nämlich: Kompost, Klärschlamm und Gärrest [5]. Einträge über Luft (Winddrift) und Regen wurden nicht separat und systematisch untersucht. Insgesamt wurden 37 Bodenproben aus Österreich, Deutschland und Italien, 16 Komposte aus Österreich und Deutschland, 12 Gärreste aus Österreich und 6 Klärschlämme aus Österreich untersucht. Hervorzuheben ist, dass die Proben aus Italien aus Naturschutzgebieten stammten und von Behörden vor Ort entnommen wurden. Da die Proben überwiegend aus privaten Grundstücken bzw. aus in Betrieb befindlichen Anlagen mit Zustimmung der Eigentümer bzw. Betreiber genommen wurden, sind nur anonymisierte Angaben möglich.

Um Mikroplastikpartikel einwandfrei sichten und zählen zu können, aber auch für spektroskopische Analysen zur Identifikation des Kunststofftyps ist es in jedem Fall erforderlich, störende mineralische und und andere organische Substanzen abzutrennen.
Abtrennung organischer Störstoffe: Wie in der Bodenkunde für die Untersuchung der feinen Bodenfraktionen üblich, wurde auch für die Mikroplastikanalyse das Verfahren der nassen Oxidation mit Wasserstoffperoxid gewählt. Die Kochdauer im 98°C Wasserbad betrug in jedem Fall 60 Minuten und wurde nach Bedarf verlängert, bis die Proben keine signifikante Braunfärbung mehr aufwiesen (die längste Kochdauer betrug 180 Minuten für einen Waldboden). Fein vermahlene Kunststofftypen, nämlich Polyethylen, Polypropylen, PET, Polystyrol, Polyester-6,6 und Polycarbonat wurden auf gleiche Weise behandelt (180 Minuten Kochdauer) und Gewichtsverluste quantifiziert – die Verluste betrugen maximal 5,5% (bei Polyester), typisch weniger als 2%, was innerhalb der Zählgenauigkeit lag.
Abtrennung mineralischer Störstoffe: Das Grundprinzip der Dichteseparation in gesättigter Zinkchloridlösung (1,62 g/mL) wurde gewählt und die Trennung durch Zentrifugieren bei ca. 3000 g für 5-7 Minuten beschleunigt. Nach erfolgter Trennung schwammen alle üblichen Kunststoffe an der Oberfläche (mineralische Partikel sanken nach unten) und konnten mit einer Pipette abgesaugt werden. Die abgesaugte Suspension wurde mit gleichem Volumen Wasser verdünnt und eine repräsentative Teilprobe für die Zählung bzw. für weitere Analysen hergestellt.
Zählmethode: Alle Proben wurden durch direkte Zählung der Partikelanzahl mittels Lichtmikroskop bei 100 bis 400 facher Vergrößerung aus 25 µL Suspension quantifiziert. Die Partikelgrößen wurde für diese Studie nicht vermessen, wären bei Bedarf aus Fotos auch nachträglich erfassbar. Die kleinsten noch eindeutig als Mikroplastik zuordenbaren Partikel waren rund 3 µm im Durchmesser; Störungen durch Reste an Organik waren selten und durch Reste an Mineralien sehr selten. Nach einer etwa dreiwöchigen Lernphase, auch im Vergleich mit Proben mit Zumischung bekannter Kunststoffe traten Falschzählungen (Blindvergleich zweier Personen) äußerst selten auf. Die Reproduzierbarkeit der Zählungen war exzellent, die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse über alle Aufbereitungsschritte war jedoch nicht besser als ca. ±50%. Dennoch konnten aus Doppelbestimmungen brauchbare Vergleichswerte erhalten werden.
Identifizierungsmethoden: Eine Identifizierung aller vorgefundenen Mikroplastikpartikel war nicht beabsichtigt, doch schien es in einigen Fällen angebracht, die Einstufung als Kunststoff und das Ausschließen eines seltenen mineralischen Partikels mit kunststoffähnlicher Form abzuklären. Suspekte Proben wurden am Objektträger luftgetrocknet und das Schmelzverhalten während des Aufheizens bis maximal 330°C am Heizmikroskop (nach Kofler) beobachtet. Nicht schmelzende Partikel wurden von der Zählung ausgeschlossen. Weiter differenzierende qualitative Methoden wurden nicht angewandt.
Bodenmikroskopie: Parallel zu den aufbereiteten, wurden Bodenproben auch direkt aus wässriger Suspension mikroskopiert und der Gesamteindruck - auch und insbesondere hinsichtlich natürlicher Bodenorganik - nach dem Vorkommen von Bodenmikroorganismen und nach Sichtbarkeit von Mikroplastik beurteilt. Diese Untersuchungen erfolgten nach rein qualitativen Kriterien, eine quantitative Auswertung war dort nicht beabsichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

Details der Methodenevaluierung und -optimierung sind in der Masterarbeit von Kubiczek [11] angeführt. Generell wurde dem Ablauf nach Hurley et al. [12] gefolgt, wo nach dem Aufschluss der Organik eine Dichteseparation folgt. Varianten der Aufbereitungsmethoden und das Weglassen von Aufbereitungsschritten für bestimmte Proben wurde experimentell erprobt und vergleichend bewertet. Daraus ergaben sich die in Abbildung 1 genannten optimierten Abläufe, nach Probentyp getrennt.

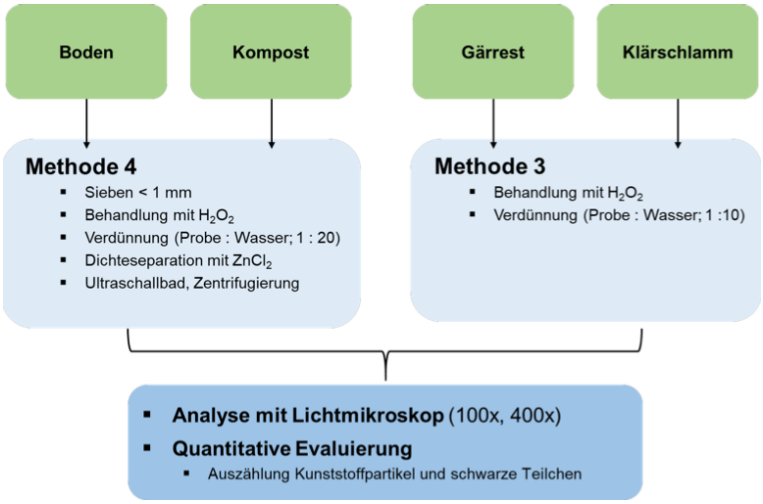


Abbildung 1: **Überblick der empfohlenen Analysemethoden der unterschiedlichen Matrizen Boden, Gärrest, Klärschlamm und Kompost, aus Kubiczek M. [11].**

Die Proben aus Österreich und Deutschland ergaben überraschend hohe Partikelzahlen an Mikroplastik zwischen 4 bis 26 Mio je kg Boden mit einem Median von 11,7 Mio (siehe Abbildung 2). Aufgrund sehr großer Unterschiede zwischen den Proben sollte daraus keine Aussage betreffend des generellen Bodenzustands für Österreich oder Deutschland abgeleitet werden. Weitere 20 Bodenproben aus zwei Italienischen Naturreservaten ergaben eine Bandbreite von 0,8 bis 9,5 Mio Mikroplastikpartikel je kg Boden mit einem Median von 2,4 Mio kg^{-1} und sind somit ebenfalls nicht als unbelastet zu bezeichnen. Mit einer aus der geringen Probenanzahl abgeleiteten Unsicherheit lässt sich als Trend erkennen, dass landwirtschaftlich genutzte Böden höher belastet sind, als andere, die seit ca. 1980 unter Naturschutz stehen (jedoch touristisch genutzt sind).

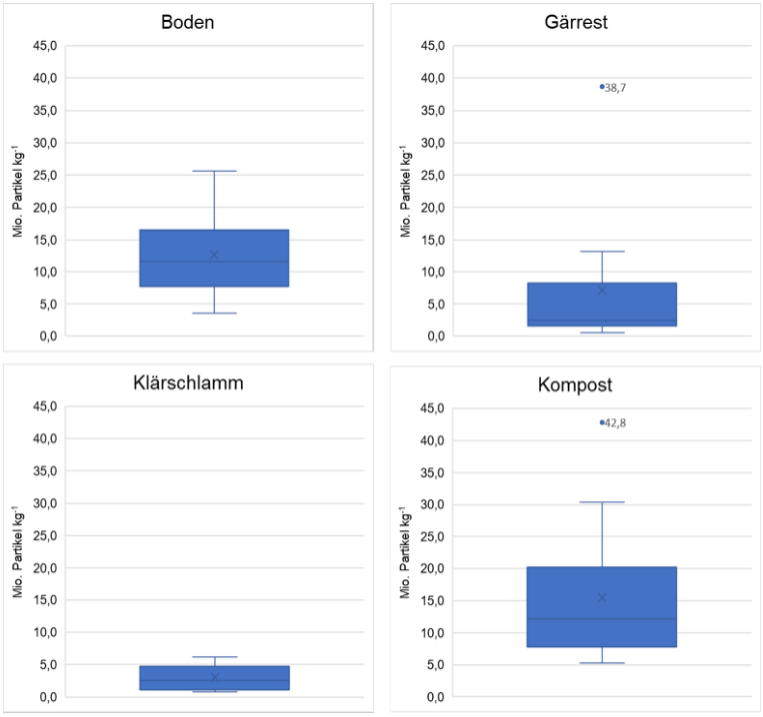


Abbildung 2: **Boxplots der Ergebnisse der Mikroplastikbestimmungen aus den optimierten Analysemethode für die unterschiedlichen Probentypen Boden (n=17), Gärrest (n=12), Klärschlamm (n=6) und Kompost (n=16), aus Kubiczek M. [11].**

Im Vergleich zu anderen Untersuchungen [12] und vor allen zu jenen, die mittels instrumenteller Analyse (wie micro-FTIR, micro-Spektrometrie, micro-Raman, etc.) auch Identifizierungen der Mikroplastikpartikel versuchen, sind die Ergebnisse der direkten Zählung um ca. 2-3 Zehnerpotenzen höher (siehe Tabelle 1). Alleine aus der Berücksichtigung der Partikelgröße ist abzuleiten, dass beispielsweise ein einzelnes Kunststoffteilchen mit rund 100 µm Durchmesser eine ähnlich Masse hat, wie 1000 Kunststoffpartikel mit 10 µm Durchmesser. Der Volumenfaktor liegt bei rund 1000 für dreidimensionale und rund 100 für flächige Partikel. Insofern ist es nicht länger verwunderlich, dass die vorgefundenen Anzahlen kleinerer Mikroplastikpartikel sehr viel höher sind und es darf extrapoliert werden, dass die Anzahlen (aktuell nicht quantifizierbarer) Nanoplastikpartikel noch einmal um mehrere Zehnerpotenzen höher sein werden.

Tabelle 1: **Vergleich der Ergebnisse von Mikroplastikanalysen aus festen Proben.**

Probentyp	Plastikpartikel kg^{-1}	Partikelgröße	Referenz
Boden	11.700.000	0,005 – 1 mm	Kubiczek 2020 [4]
	593	0,125 – 1 mm	Scheurer 2018 [13]
	18.760	0,002 – 2 mm	Zhang 2018 [14]
	250	> 0,02 mm	Lui 2018 [15]
	1.290	0,02 – 1 mm	Li 2019 [16]
Gärrest	2.500.000	> 0,005 mm	Kubiczek 2020 [4]
	258	> 1 mm	Weithmann 2018 [17]
Klärschlamm	2.600.000	> 0,005 mm	Kubiczek 2020 [4]
	17.000	0,01 – 0,3 mm	Sun 2019 [18]
	13.460	0,02 – 1 mm	Li 2019 [16]
Kompost	12.100.000	0,005 – 1 mm	Kubiczek 2020 [4]
	24	> 1 mm	Weithmann 2018 [17]
	26.000	> 0,05 mm	Liebmann 2019 [19]
	256	0,2 – 6,3 mm	Zafiu 2019 [20]

Davon abgeleitet stellt sich die Frage, inwieweit die Ausbringung von Kompost, Gärrest und Klärschlamm nicht zu den bedeutendsten Immissionsquellen von Kunststoffpartikeln in landwirtschaftliche genutzten Böden geworden ist. Die ersten quantitativen Einschätzungen aus 2018 [5], wo Reifenabrieb als bedeutendste Quelle von Mikroplastik (Gummi) genannt wird, sind nicht frei von Vorbehalten – insbesondere sind solche hohen Immissionen nicht gleichmäßig verteilt und insbesondere abseits hoch frequentierter Straßen nur in geringem Ausmaß zu erwarten.

Mit eher hohen Abweichungen zwischen Wiederholungen bzw. mit generell schlechter Reproduzierbarkeit haben alle Analyse- und Zählmethoden für Bodenproben zu kämpfen. Den größten Einfluss auf die Ergebnisse hat dabei die Probennahme, während die Aufbereitungsschritte und die eigentliche Messung unter Laborbedingungen sehr gut in den Griff zu bekommen sind. Kleine Kunststoffteilchen, die mit Kompost, Klärschlamm, Gärrest oder als Windverwehung bzw. mit dem Regen auf die Oberfläche eines Boden gelangen, bleiben dort einige Zeit mobil. Damit können sie mit Wind und Regen beispielsweise in Vertiefungen (auch zwischen Bodenbrocken) angereichert werden. Es ist also nicht von einer homogenen Verteilung des Mikroplastiks über die Bodenoberfläche auszugehen und demnach bleiben Inhomogenitäten bis hin zur Probennahme erhalten. Eine systematische Untersuchung der Verteilung von Mikroplastik im Boden bzw. der erforderlichen Anzahl an Teilproben aus einer bestimmten Fläche fehlt bislang. Entsprechende Untersuchungen sollten im Interesse der Allgemeinheit begonnen werden.

Ohne besondere Systematik, sondern lediglich um die Bandbreite an Formen und Farben anschaulich darzustellen, sind in Abbildung 3 Mikroskopbilder von Kunststoffpartikeln eingefügt. Im Vergleich dazu zeigt Abbildung 4 eine Auswahl an mikroskopischen Bildern von Bodenproben ohne Aufbereitung, also das vorgefundene Verhältnis an Kunststoffteilen neben organischer und mineralischer Bodenmatrix. Die Aufnahmen in Abbildung 4 wurden ursprünglich nur zu Lehrzwecken erstellt und sollten die Mikrostruktur des Bodengefüges zeigen. Wiederholt wurden aber in jedem Gesichtsfeld der Untersuchungen Mikroplastikteilchen vorgefunden.

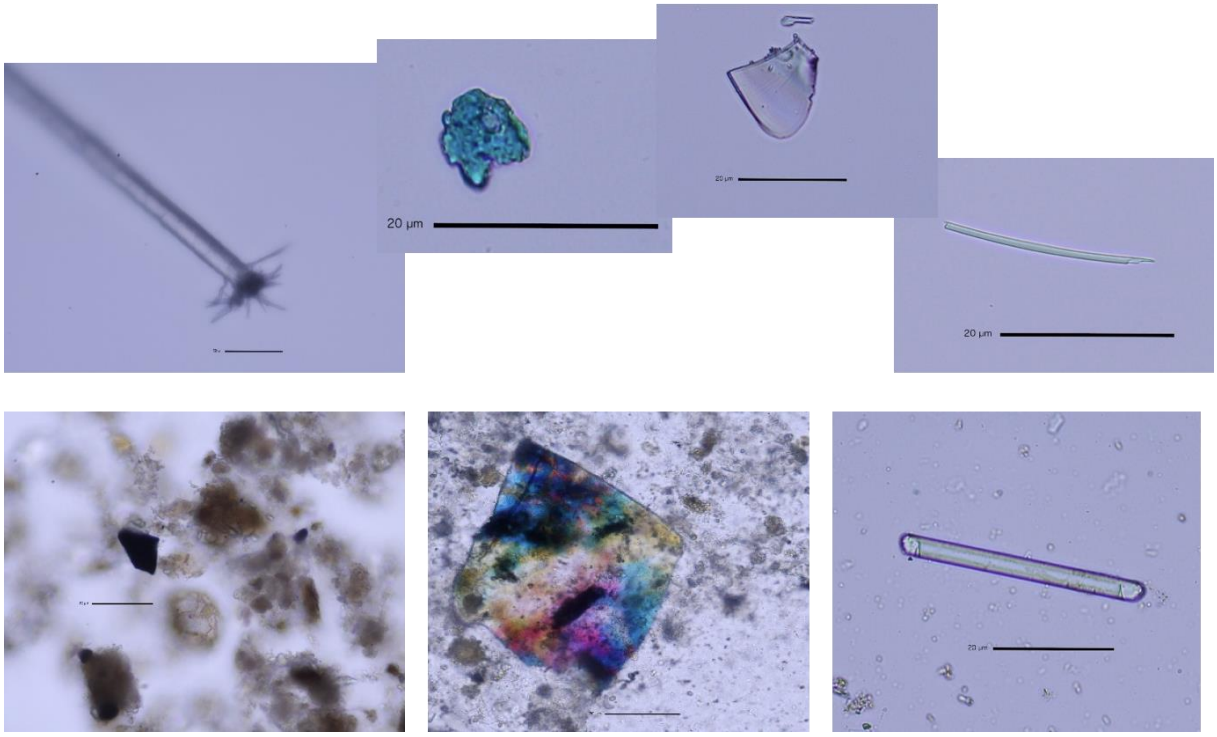


Abbildung 3: **Auswahl an Mikroplastikpartikeln aus Böden, Klärschlämmen und Gärresten nach Probenaufbereitung und (weitestgehender) Abtrennung von Störstoffen.**

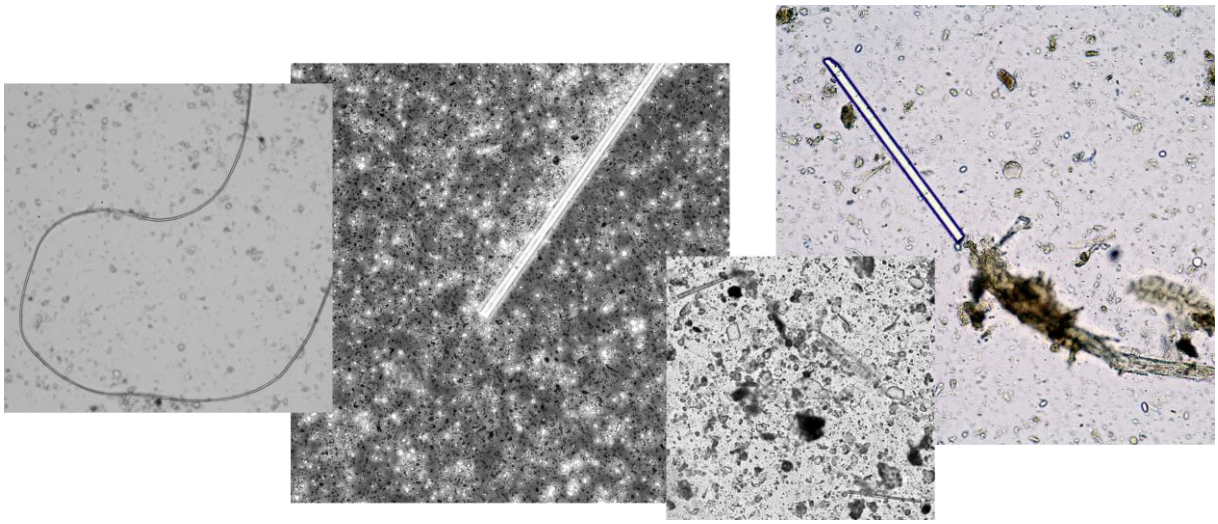


Abbildung 4: **Auswahl an mikroskopischen Bildern aus Bodenproben ohne Aufreinigung.**

Zur Bedeutung bzw. zur ökologischen und gesundheitlichen Auswirkung von Mikroplastik im Boden gibt es derzeit nur Vermutungen [21]. Allerdings gibt es bislang weder Vermutungen noch Beweise, die

einen positiven Einfluss auf die Bodenstruktur und auf die Bodenökologie zeigen. Alleine aus den physikalischen und chemischen Eigenschaften der konventionellen Kunststoffpolymere kann zweifelsfrei auf das Fehlen von Wasserhaltekapazität, Ionenaustauschkapazität und Bindungsvermögen zur mineralischen Bodenmatrix geschlossen werden. Unter den wenigen belastbaren Publikationen finden sich Hinweise auf verminderte Aggregatstabilität und erhöhte Bodenerosion in Gegenwart von Fiberglas (Polyacrylat) [8, 22].
Mit fortschreitender Fragmentierung nimmt nicht nur die Anzahl der Partikel zu, auch deren Oberfläche vergrößert sich exponentiell und sie werden mit Niederschlags- oder mit Beregnungswasser auch in tiefere Bodenschichten transportiert [8, 23]. Damit gelangen Kunststoffadditive sowohl in den Bereich der Pflanzenwurzeln als auch ins Grundwasser. Die bekannteren Additive sind Weichmacher (z.Bsp. Bisphenol A und Phthalate), Schwermetalle (Pigmente), sowie polychlorierte und polyfluorierte aromatische und aliphatische Kohlenwasserstoffe (PCB, PCDD, PCDF, PAH, etc.). Durch pflanzliche und mikrobielle Stoffwechselaktivität entsteht eine nicht näher vorhersehbare (und zumeist auch sehr schwierig analysierbare) Mischung aus vielfältigen Abbau- und Detoxifikationsprodukten mit unbekannten physiologischen Wirkungen [22, 23, 24]. Alle Bodenlebewesen sind von den freigesetzten, von den transportierten und von den metabolisierten Substanzen betroffen – von besonderer Bedeutung sind sie, wenn sie sich in landwirtschaftliche genutzten Pflanzen bzw. Pflanzenteilen anreichern [25, 26].

In welchem quantitativem Ausmaß der Eintrag persistenter konventioneller Kunststoffe bzw. die Anreicherung von Mikroplastik in unseren landwirtschaftlichen Böden tolerierbar ist, steht außer Zweifel: Null!

Zusammenfassung

Die Detektion und Erfassung von Mikroplastik in festen Proben, wie Boden, Klärschlamm, Kompost und Gärrest nach Aufschluss der Organik und Abtrennung der mineralischen Fraktionen ergab durchwegs sehr hohe Zählergebnisse. Die qualitative mikroskopische Zählung erfasste Partikel ab ca. 3 µm Durchmesser, was eine Zehnerpotenz unter der erfassbaren Größe der Mikrospektroskopischen Methoden liegt. Chemische Interaktionen zwischen Mikroplastik und der Bodenmatrix wurden nicht untersucht, sondern lediglich als Literaturreview zusammengefasst. Physikalische Interaktionen wurden ebenfalls nicht systematisch untersucht, doch waren in Einzelfällen Ansammlungen von Mikroplastik aus nicht aufbereiteten Bodenproben beobachtbar und es scheint plausibel, dass Mikroplastik zumindest keinen positiven Beitrag zur Integrität und Stabilität des Bodengefüges leistet.

Abstract

Detection and capture of microplastics in solid samples, such as soil, sewage sludge, compost and digestate after wet oxidation of organics and separation of mineral particles resulted in surprisingly high particle counts. The quantitative counting in the microscope captured particles of at least 3 µm diameter – which is one order of magnitude below other, spectroscopic measurement methods. Chemical interactions between microplastics and soil matrix were not investigated – only a literature review was added to this study. Physical interactions are limited to random observations of microplastic aggregates in whole soil samples. It seems to be obvious that microplastics have no positive effect on integrity or stability of the soil matrix.

Literatur

1 PlasticsEurope 2021: Plastic-the facts 2021, 1040 Brussels–Belgium, PlasticsEurope.
2 Secretariat-General 2018: Communication from the commission of the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions-A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, European Commission.
3 LECHNER A, KECKEIS H, LUMESBERGER-LOISL F, et al. 2014: The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. Environ Pollut 188: 177–181.

4 MEIXNER K., KUBICZEK M., FRITZ I. 2020: Microplastic in soil–current status in Europe with special focus on method tests with Austrian samples. AIMS Environmental Science, 7(2), 174-191.
5 BERTLING J, HAMANN L, BERTLING R 2018: Kunststoffe in der Umwelt. Fraunhofer UMSICHT.
6 DERRIAK J.G.B. 2002: The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Mar Pollut Bull 44: 842–852.
7 LIEBMANN B, BRIELMANN H, HEINFELLNER H, et al. 2015: Mikroplastik in der Umwelt. Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf, Wien, Umweltbundesamt.
8 deSOUZA MACHADO AA, KLOAS W, ZARFL C, et al. 2018: Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. Glob Change Biol 24: 1405–1416.
9 HE D, LUO Y, LU S, et al. 2018: Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. TrAC Trends Anal Chem 109: 163–172.
10 deSOUZA MACHADO AA, LAU CW, KLOAS W, et al. 2019: Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance. Environ Sci Technol 53: 6044–6052.
11 KUBICZEK M. 2020: Mikroplastik in der Umwelt. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.
12 HURLEY R.R., LUSHER A.L., OLSEN M. et al. 2018: Validation of a Method for Extracting Microplastics from Complex, Organic-Rich, Environmental Matrices. Environmental Science & Technology 52, 13, 7409–7417.
13 SCHEURER M., BIGALKE M. 2018: Microplastics in Swiss Floodplain Soils. Environmental Science & Technology 52, 6, 3591–3598.
14 ZHANG S. et al. 2018: A simple method for the extraction and identification of light density microplastics from soil. Science of The Total Environment 616–617, 1056–1065.
15 LIU M. et al. 2018: Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. Environmental Pollution 242, 855–862.
16 LI Q. et al. 2019: Separation and identification of microplastics from soil and sewage sludge. Environmental Pollution 254, 113076.
17 WEITHMANN N. et al. 2018: Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. Science Advances 4, 4, doi/10.1126/sciadv.aap8060.
18 SUN J. et al. 2019: Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. Water Research 152, 21–37.
19 LIEBMANN B. 2019: Mikroplastik Daten aus aktuellen Untersuchungen. Wien: UBA, Fachgespräch Plastik.
20 ZAFIU C. 2019: Vom Makro- zum Mikro-Kunststoff: Wo ist die Abfallwirtschaft gefragt? Mikrokunststoff und Kompostqualität. Vortrag, Wien.
21 Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2020: Fremdstoffe, Mikroplastik und deren Inhaltsstoffe im Boden, Wien, Arbeitsgruppe des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz.
22 deSOUZA MACHADO A.A., LAU C.W., TILL J., et al. 2018: Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment. Environ Sci Technol 52: 9656–9665.
23 HE D., LOU Y., LU S., et al. 2018: Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. TrAC Trends Anal Chem 109: 163–172.
24 VAN A., Rochman C.M., FLORES E.M., et al. 2012: Persistent organic pollutants in plastic marine debris found on beaches in San Diego, California. Chemosphere 86: 258–263.
25 BLÄSING M., AMELUNG W. 2018: Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. Sci Total Environ 612: 422–435.
26 YANG L., ZHANG Y., KANG S. et al. 2021: Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. Sci Total Environ. 20;801:149616.

Adresse der Autoren

Universität für Bodenkultur Wien, Department IFA-Tulln, Konrad Lorenz Str. 20, 3430 Tulln

[*] Ansprechpartnerin: Ines Fritz , e.mail: ines.fritz@boku.ac.at

Mikroplastik in der Umwelt

Microplastics in the environment

Christian Laforsch

Kunststoffe, umgangssprachlich auch als Plastik bezeichnet, sind essentielle Bestandteile unseres Alltags geworden und haben aufgrund ihrer vielseitig anpassbaren Materialeigenschaften eine Fülle von technischen und medizinischen Innovationen erst ermöglicht. Kunststoffprodukte sind leicht, aber dennoch stabil, korrosionsbeständig und besitzen hervorragende isolierende Eigenschaften, um nur einen Bruchteil ihrer Vorzüge zu nennen. Aufgrund dieser Charakteristika und der geringen Produktionskosten im Vergleich zu anderen Materialien, sind Kunststoffe in einer Vielzahl von Produkten zu finden. Der Hauptanteil der verarbeiteten Kunststoffe beschränkt sich jedoch auf nur wenige Sorten: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC), Polyurethan (PUR), Polyethylenterephthalat (PET) und Polystyrol (PS).

Die weltweite Produktion von Kunststoffen ist seit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts von 1,7 Millionen Tonnen auf 359 Millionen Tonnen im Jahr 2018 angestiegen. Eine Hauptanwendung für Kunststoffe bilden kurzlebige Einwegprodukte der Verpackungsindustrie, wodurch sich im Laufe der Jahre die Menge an anfallendem Plastikmüll rapide erhöht hat. Der Anteil an Kunstoffen, der in den Recyclingprozess fließt, wurde in Europa im Jahr 2016 auf lediglich 31 % beziffert. Der Rest der Kunststoffabfälle wird europaweit nach wie vor deponiert oder einer anderweitigen Verwertung, beispielsweise der Müllverbrennung, zugeführt.

Warum ist Plastik nun aber vom kostengünstigen Problemlöser, leider selbst inzwischen zu einem Umweltproblem geworden?

Ein nicht unerheblicher Anteil des Kunststoffabfalls gelangt durch unbedachte und unsachgemäße Entsorgung in die Umwelt, worin ein Teil des Problems begründet liegt. Das Weltwirtschaftsforum hat beispielsweise errechnet, dass jedes Jahr allein ca. 32 % des aus Kunststoff bestehenden Verpackungsmaterials unsachgemäß in der Umwelt entsorgt wird. Die Hauptproblematik von Kunststoffen in der Umwelt ergibt sich aus der hohen Beständigkeit und Langlebigkeit des Materials. Aufgrund der langsamen Abbaudynamik wird vermutet, dass viele Kunststoffe, abhängig von der Sorte, bis zu hunderten von Jahren in der Umwelt persistent sind. Dort sind sie allerdings unterschiedlichsten Umwelteinflüssen unterworfen, die zur Entstehung von Mikroplastik führen.

Als Mikroplastik werden Fragmente, Fasern und sphärische Partikel aus Kunststoffen bezeichnet, die kleiner als 5 mm sind. Unter diese Definition fallen dementsprechend viele Materialien, die aufgrund ihrer spezifischen chemischen und physikalischen Eigenschaften wahrscheinlich unterschiedliches Verhalten und Wirkung in der Umwelt zeigen. Dabei wird zwischen „primärem Mikroplastik“ und „sekundärem Mikroplastik“ unterschieden. „Primäres Mikroplastik“ wird industriell als Bestandteil von beispielsweise Kosmetika, Reinigungsprodukten oder Schleifmitteln gefertigt und gelangt vorwiegend über das Abwasser in die Umwelt. „Sekundäres Mikroplastik“ entsteht durch mechanische, chemische und/oder biologische Degradation aus größeren Müllfragmenten (Makroplastik) oder durch Abrieb von unterschiedlichen Kunststoffprodukten die in der Landwirtschaft, der Bauindustrie, dem Verkehr oder Textilindustrie verwendet werden. Diese Mikroplastikpartikel unterschiedlicher Größe und Form können über diverse Eintragspfade, wie den Transport in der Atmosphäre oder über Abwässer in großen Mengen in die Umwelt gelangen.

Mittlerweile gilt als gesichert, dass Mikroplastik weltweit in allen Lebensräumen von der Tiefsee bis hin zu den polaren Regionen und von hohen Berggipfeln bis zu Ackerflächen im Tiefland in teilweise erheblichen Mengen vorkommt. Hierbei sind sowohl aquatische als auch terrestrische Habitate betroffen, wobei neueste Schätzungen davon ausgehen, dass sich an Land fast 40mal mehr Makro- und Mikroplastik befindet als in den Ozeanen. Dies unterstreicht, dass die Plastikkontamination der Umwelt nicht nur die Weltmeere betrifft, sondern von globaler Relevanz ist.

Jedoch gilt zu bedenken, dass das Ausmaß der Kontamination der Umwelt bis dato noch nicht vollständig erfasst werden kann. Dies liegt darin begründet, dass Mikroplastik in der Umwelt, anders als lösliche

Schadstoffe, zeitlich und räumlich nicht homogen verteilt sind und daher die meisten Studien zur Mikroplastikkontamination der Umwelt Momentaufnahmen darstellen. Zudem werden Verfahren zur Mikroplastikanalyse gerade erst entwickelt, da es alles andere als trivial ist Mikroplastikpartikel die kleiner als der Durchmesser eines menschlichen Haares sind aus komplexen Umweltproben zu isolieren und zu analysieren. Daher wurden mögliche in Nanometerbereich liegende Partikel bis dato auch noch nicht in der Umwelt erfasst.

Warum hat die Thematik Mikroplastik in den letzten Jahren eine so hohe öffentliche Aufmerksamkeit erlangt?

Dies hängt damit zusammen, dass potenzielle biologische Risiken von Plastik in der Umwelt, insbesondere von Mikroplastik, vermutet werden. Diese ergeben sich ebenfalls aus der Langlebigkeit des Materials. Große Plastikfragmente in der Umwelt können beispielsweise zu Verletzungen durch Einschnürungen führen. Neben schweren Entzündungen des betroffenen Gewebes sind mögliche Folgen eine eingeschränkte Bewegungsfähigkeit die beispielweise zum Hungertod führen kann. Zudem kann Plastik auch als Träger für Schadstoffe, gebietsfremde Arten oder Krankheitserreger dienen.

Gerade aber die geringe Größe von Mikroplastik führt – mit Nahrung verwechselt – zur Aufnahme der Partikel in den Verdauungstrakt womit weitere potenzielle Risiken verbunden sind. Dort kann es neben physikalischen Schädigungen für den einzelnen Organismus potenziell zur Aufnahme von Kunststoff-assoziierten Schadstoffen oder Additiven und der Akkumulation dieser in der Nahrungskette kommen. Weitere Risiken die mit der oralen Aufnahme von Mikroplastik diskutiert werden, sind negative Auswirkungen auf das sogenannte Darmmikrobiom, umgangssprachlich Darmflora, das essentiell für die Aufnahme von Nährstoffen ist und eine wichtige Rolle im Immunsystem spielt. Ein Gefährdungspotenzial das intensiv diskutiert, aber bislang nur unzureichend wissenschaftlich untersucht und verstanden wurde, ist der Übergang von Mikroplastik über den Verdauungstrakt in Zellen und Gewebe, was dort zu entzündlichen Prozessen führen kann. Ein weiteres bis dato noch nicht untersuchtes Risiko besteht in der Aufnahme von Mikroplastikpartikel über die Atemluft, da gezeigt wurde, dass sich bis zu 16 Mikroplastikpartikel pro m^3 Atemluft befinden kann.

Jedoch gilt zu bedenken, dass in vielen Effektstudien fabrikneue Kunststoffe verwendet wurden, die höchstwahrscheinlich andere Eigenschaften aufweisen als Partikel die sich bereits jahrelang in der Umwelt befinden. Dies ist auch eines der großen Herausforderungen in der sogenannten Mikroplastikforschung. Denn Mikroplastik ist nicht gleich Mikroplastik, sondern ein Sammelbegriff für kleine Partikel diverser Kunststoffsorten, die in unterschiedlichen Abbaustufen in der Natur vorkommen und daher mannigfaltige chemische und physikalische Eigenschaften aufweisen.

Daher bestehen in dieser sehr komplexen Thematik, trotz der enormen ökonomischen und ökologischen Relevanz, noch erhebliche Wissenslücken, die es zwingend zu schließen gilt.

Adresse des Autors

Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Tierökologie I, Universitätsstraße 30, 95447 Bayreuth

[*] Ansprechpartner: Prof. Dr. Christian Laforsch, e-mail: christian.laforsch@uni-bayreuth.de

PlasticFreeDanube - Kunststoffe in und entlang der Donau

PlasticFreeDanube - Plastics in and along the Danube

Gudrun Obersteiner*, Sabine Lenz und Johannes Mayerhofer

Einleitung

Kunststoffe sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Dank seiner universellen Eigenschaften gilt Kunststoff als der Werkstoff des 20. und 21. Jahrhunderts. Dies spiegelt sich auch in der weltweiten Nachfrage wider, die nahezu unaufhaltsam steigt. Im Jahr 2019 erreichte die weltweite Kunststoffproduktion fast 370 Millionen Tonnen (PlasticsEurope, 2020). Diese Entwicklung geht jedoch auch mit negativen Umweltauswirkungen einher.

Die Plastikverschmutzung an Stränden und in den Ozeanen wird seit den 1970er Jahren untersucht und dokumentiert. Die Quellen und Eintragswege sowie die Umweltauswirkungen in Flüssen sind noch unzureichend erforscht, obwohl insbesondere Flüsse als Hauptquellen der Meeresverschmutzung gelten. Bis zu 80 % des Plastikmülls, der in den Weltmeeren schwimmt, stammt vom Land (GESAMP 1990; Jambeck et al. 2015). Sekundäres Mikroplastik, das aus der Zersetzung größerer Kunststoffobjekte (Tüten, Flaschen) stammt, macht laut Schätzungen 69-81 % des Mikroplastiks in Ozeanen aus (EU 2018). Das Donaueinzugsgebiet ist das zweitgrößte Flusseinzugsgebiet Europas und erstreckt sich über 19 Staaten. Rund 81 Millionen Menschen leben in dieser Region, die etwa 10 % der Fläche Europas ausmacht. Als Hauptverkehrsader trägt die Donau somit erheblich zur Meeresverschmutzung des Schwarzen Meeres bei.

Zuverlässige Schätzungen der Häufigkeit und Zusammensetzung von Makroplastik sind unerlässlich, um gezielte Präventionsmaßnahmen zur Verringerung der Plastikverschmutzung zu entwickeln und den Erfolg der ergriffenen Maßnahmen messbar zu machen. Bisherige Studien zur Bewertung von Makroplastik in Gewässern sind jedoch nur begrenzt vergleichbar, was auf unterschiedliche Ansätze bei der Probenahme, Messung und Sortierung zurückzuführen ist. Mit diesen Problemen befasst sich das Projekt Tid(y)Up, welches von der EU im Rahmen von Interreg Programmen kofinanziert werden.

Material und Methoden

Zur Bestimmung der Herkunft der Kunststoffabfälle und ihrer ungefähren Menge in und entlang der Donau wurden verschiedene Ansätze gewählt. Zum einen wurden gesammelte Kunststoffabfälle aus Sammelaktionen von Freiwilligen verwendet, um Informationen über die Zusammensetzung des Abfalls zu erhalten. Andererseits wurden standardisierte Probenahmeverfahren (sowohl in der Uferzone als auch im Hinterland der Au) entwickelt, um Kunststoffe in regelmäßigen Abständen an definierten abgegrenzten Testfeldern zu sammeln, zu verwiegen, zu zählen und einer bestimmten Größenklasse zuzuordnen, um Aussagen über das Transportverhalten von Kunststoffen im Flusssystem zu gewinnen. Zusätzlich wurde das Rechengut von Kraftwerken analysiert.

Um die Eintragspfade von Kunststoffen zu bestimmen und Vermeidungsmaßnahmen zu entwickeln und zu bewerten, ist es notwendig, Kunststoffabfälle zu klassifizieren. In Hinblick auf das Monitoring von anthropogenen Meeresverschmutzung gibt es bereits eine Vielzahl von Abfallklassifizierungen (Cheshire et al., 2009; OSPAR, 2010; van der Wal et al., 2015). Diese dienten als Ausgangspunkt für die Erstellung eines Sortierkataloges.

Bei den Sortieranalysen erfolgt die Zuordnung der Kunststoffteile zu den jeweiligen Fraktionen so weit möglich rein visuell, sprich mit „freiem Auge“. Im Fall der geschäumten Kunststoffe (z.B. Styroporteile) wurde neben der optischen Zuteilung durch bestimmte Charakterisierungsmerkale (Korngröße, Farbgebung, etc.) zusätzlich auf die Analysemethode der Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) zurückgegriffen. Oftmals handelt es sich um bereits stark verwitterte und kleinere Schaumstoffteile, deren ursprünglicher Verwendungszweck nicht identifiziert werden kann. Durch die (stichprobenartige) Bestimmung der Brom-Konzentration können Flammhemmer detektiert und so eine Unterscheidung zwischen Verpackung (kein Brom) und Dämmstoffen getroffen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Sortieranalysen zeigen, dass PET-Getränkeflaschen und geschäumte Kunststoffe die beiden volumenmäßig größten Fraktionen sind, bei mehr als der Hälfte der Proben aber auch über 30 Gewichtsprozent ausmachen. Bei 7 von 13 Proben, die von Freiwilligen im Nationalpark Donauauen gesammelt wurden, stellen PET-Flaschen die größte Kategorie dar, bei den übrigen gehören sie mindestens zu den Top 3. Auch die geschäumten Kunststoffe gehören mit 10 Proben zu den Top 4. Neben hausmüllähnlichen Abfällen sowie Sport- und Freizeitabfällen (rund 20%) hat die Untergruppe der "Sonstigen Kunststoffteile", meist sind dies nicht zuordenbare oder nicht-identifizierbare Bruchstücke, mit durchschnittlich 10% einen bedeutenden Anteil. Die „Sonstigen Nichtverpackungskunststoffe“ unterliegen teils großen Schwankungen, abhängig davon, ob bspw. schwerere Schifffahrtsabfälle wie Fender, Bojen, o.Ä. gefunden wurden. Insgesamt konnte annähernd die Hälfte der gesammelten Kunststoffe der Hauptgruppe Verpackung zugeordnet werden.
Die Ergebnisse der Sammlungen im Nationalpark Donauauen wurden jenen von Sammlungen in Ungarn an den Donauzubringern Theiß und Bodrog gegenübergestellt (Abbildung 1). Die Grafik veranschaulicht die Verteilung und Streuung der gesammelten Kunststoffmengen im Rahmen von freiwilligen Reinigungsaktionen in Österreich und Ungarn an der Donau sowie in Ungarn an der Theiß und am Bodrog. Es zeigt sich, dass die gesammelten Kunststoffmengen pro Flusskilometer an der Theiß deutlich höher sind als an den Donauabschnitten in Österreich und Ungarn oder am Bodrog. Umgekehrt verhält es sich bei der Anzahl der gesammelten Gegenstände. Hier weist die standardisierte Probenahme an den Donauufern des Nationalparks Donau-Auen im Durchschnitt höhere Stückzahlen auf. Dies lässt sich nicht zuletzt dadurch erklären, dass in den definierten Testfeldern auch kleinere Partikel gesammelt wurden, während sich die Freiwilligen eher auf größere Kunststoffteile (z.B. PET-Getränkeflaschen) konzentrieren. Dies unterstreicht auch die Notwendigkeit eines "parallelen Ansatzes", um belastbare Daten zur tatsächlichen Verschmutzung zu generieren. Neben der Sammlung durch Freiwillige (mit Schwerpunkt auf der Beseitigung möglichst großer Mengen) sind auch standardisierte Probenahmen in definierten Testgebieten notwendig, um die gesammelten Kunststoffmengen (Masse und Stückzahl) zu relativieren.

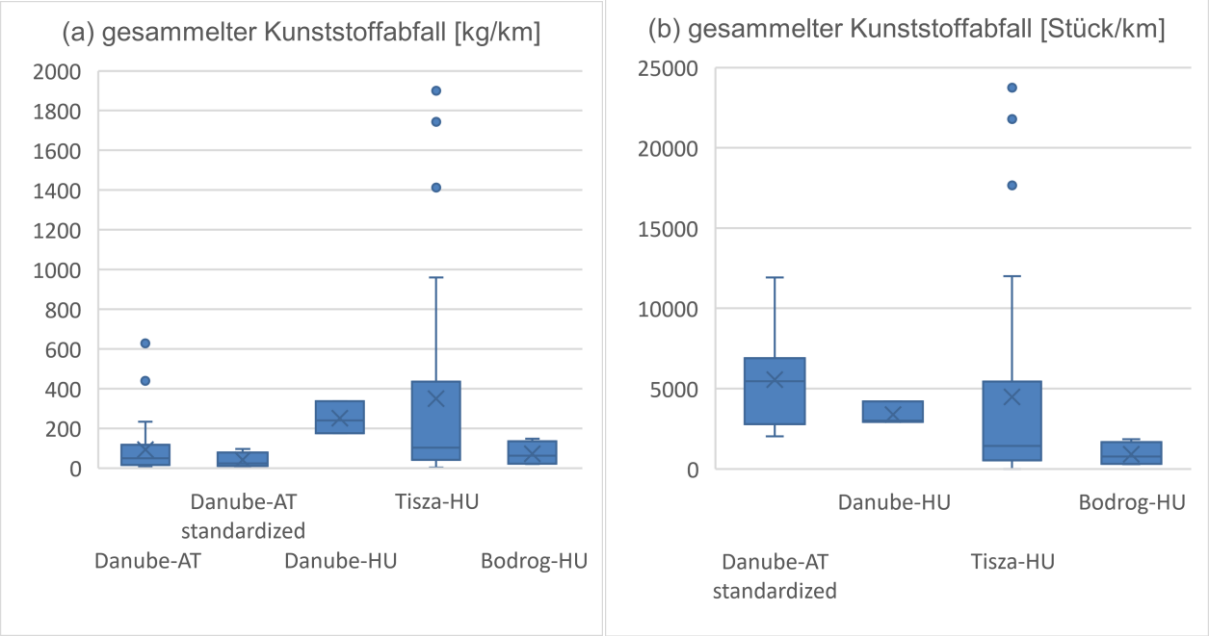


Abbildung 1: **Masse (a) und Stückzahl (b) der von Freiwilligen gesammelten Kunststoffabfälle im Rahmen von Aufräumaktionen und standardisierten Probenahmen (**Stückzahlen von freiwilligen Sammlungen in AT ("Donau-AT") nicht verfügbar)

Eine Zuordnung der Herkunft der Kunststoffe nach Sektoren ergab, dass über 60 % der gesammelten und analysierten Kunststoffabfälle direkt den Haushalten aufgrund von absichtlichem Littering zugeordnet werden (Getränkeflaschen, Lebensmittelverpackungen und andere Einwegverpackungen, Ziga-

rettenartikel, usw.) können. Andere Kunststoffe könnten auch durch Überschwemmungen, Verwehungen oder unachtsame Momente in die Donau gelangen (Badeschuhe, die von einer Welle am Ufer erfasst werden).

Was das Gewicht betrifft, so hat die Schifffahrt mit rund 17 % den zweithöchsten Anteil an der Kunststoffverschmutzung, da Gegenstände wie Fender, Bojen oder Seile im Vergleich zu anderen Gegenständen sehr groß und schwer sind. Was die Anzahl der Gegenstände anbelangt, so spielen Schifffahrtsartikel jedoch eine eher untergeordnete Rolle. Kunststoffbaustoffe (inkl. Verpackungen) und vor allem geschäumte Dämmplatten (EPS oder XPS) sind mit 12% dem Bausektor zuzuordnen. Letztere sind sehr leicht und werden über Verwehungen schnell verfrachtet. Größere Schaumstoffteile zerfallen aufgrund ihrer hohen Porosität schnell zu Mikroplastik (EPS-Perlen) und stellen ein zusätzliches Umweltproblem dar.

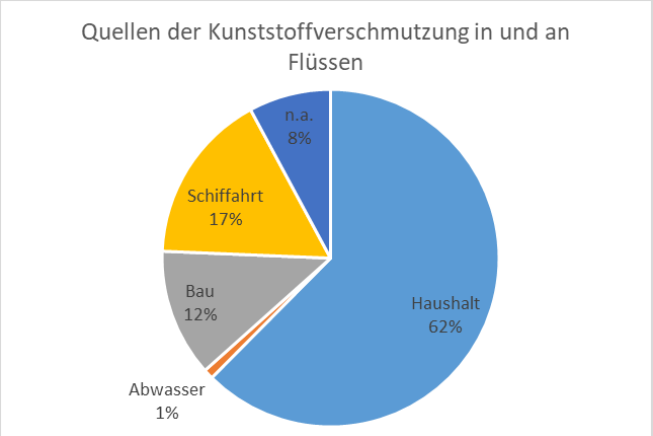


Abbildung 2: **Quellen der Kunststoffverschmutzung in und an Flüssen**

Eine sehr geringe Menge an Makroplastik wird durch ineffiziente Abwasserbehandlung verursacht (<1%). Bei diesen Abfällen handelt es sich hauptsächlich um Hygieneartikel wie Damenhygieneartikel, Wattestäbchen und Feuchttücher, die bei Starkregenereignissen durch Überlaufen von Rückhaltebecken sehr wahrscheinlich direkt in Fließgewässer gelangen (Lenz et al. 2021). Fast 8 % entfallen auf flussgebundene Kunststoffabfälle, deren genaue Herkunft nicht bestimmt werden kann. Dies ist die Kategorie der nicht identifizierbaren oder nicht zuordenbaren Kunststoffteile (zumeist Fragmente).

Genauere Analysen der Eintragspfade und vor allem die Gegenüberstellung der Ergebnisse von Sammlungen auf der Donauinsel zu jenen aus dem Rechengut des Kraftwerkes Freudenau und den Ergebnissen der Kunststoffsammlungen im Uferbereich und im Hinterland des Nationalparks Donauauen zeigen das Verhalten unterschiedlicher Kunststoffe im Gewässer bzw. am Ufer. Die gesammelten Kunststoffe aus den Säuberungen auf der Wiener Donauinsel zeigen einen hohen Anteil an Einweggeschirr (von Picknicks etc.), Lebensmittelverpackungen, Plastikfolien sowie Sanitärabfällen (vor allem Reinigungstücher). Die Abfälle sind klassischerweise auf Littering zurückzuführen. In einigen Fällen wurden die Abfälle zwar grundsätzlich ordnungsgemäß in Abfallbehältern entsorgt, gelangten dann aber durch Verwehungen und/oder Tiere in die Umgebung.

Proben aus dem Wasserkraftwerk Freudenau enthielten höhere Mengen an Kunststoffabfällen aus Haushalten, Sport- und Freizeitaktivitäten sowie Bauabfällen. Auch Plastikmüll aus der Schifffahrt (Seile, Bojen, Fender etc.) ist im Vergleich zu den anderen Stufen deutlich stärker vertreten. Die Analysen unterstreichen auch zwei Effekte. Erstens hält die Selbstfiltration (kurz vor der manuellen Reinigung des Rechens) zunehmend auch kleinere Kunststoffteilchen zurück, die normalerweise aufgrund des Rechenspaltes durch das Wasserkraftwerk gelangen würden. Zweitens scheint es einen kausalen Zusammenhang zwischen den Materialeigenschaften von anthropogenem Abfall und natürlichem Treibgut zu geben. So finden sich beispielsweise Baumwollstäbchen unter kleinen Ästen, während Folienstücke stark an Blättern haften oder zwischen ähnlichem organischem Material zu finden sind. Es wurde auch gezeigt, dass HPPs eine wichtige Rolle bei der "Flussreinigung" spielen können. Zum ersten Mal konnte der jährliche Eintrag von mehr als 2 Tonnen reinem Kunststoff über das Rechengut des Kraftwerks Freudenau quantifiziert werden.

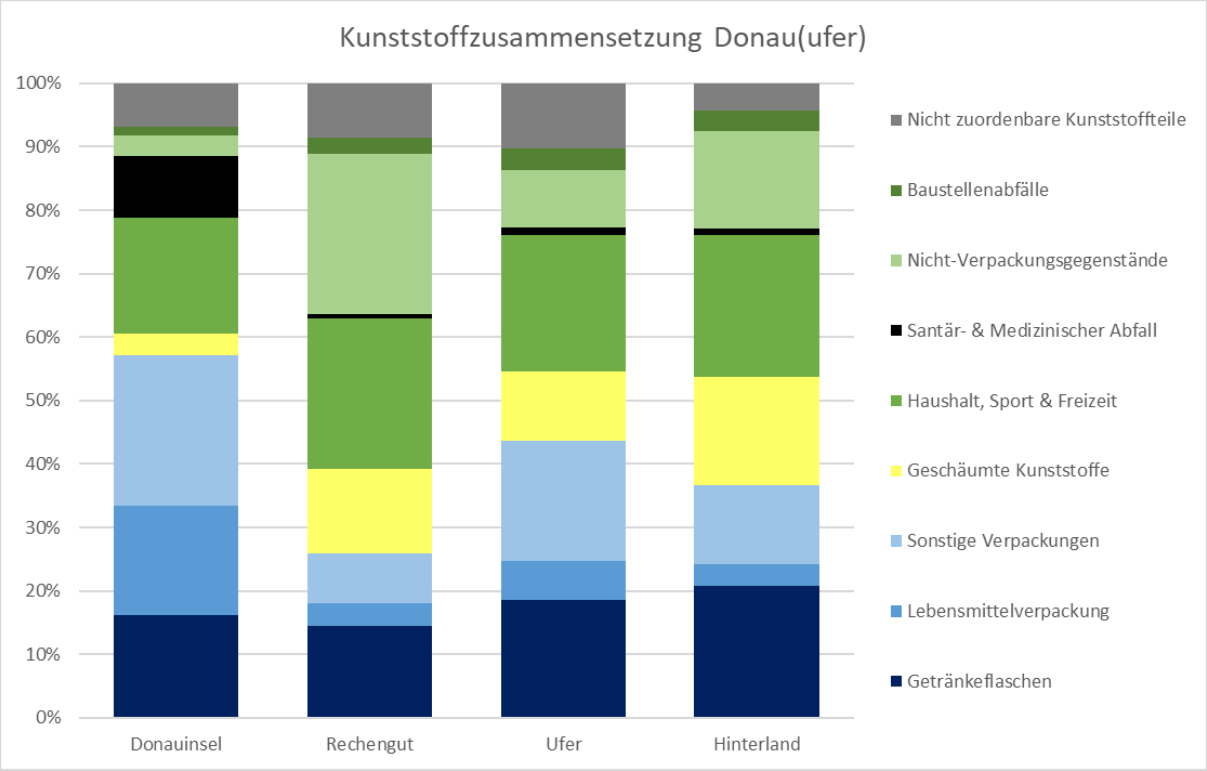


Abbildung 3: **Vergleich der Zusammensetzung von Kunststoffabfällen entlang verschiedener Abschnitte der Donau von Wien bis zum Nationalpark Donauauen**

Der angeschwemmte Flussmüll im Uferbereich des Nationalparks Donau-Auen ist vor allem durch Kunststoffteile aus Haushalten (vor allem Kleidung, Schuhe, Sport- und Freizeitartikel) und Verpackungsfraktionen, aber auch durch einen großen Anteil an Schaumstoffen gekennzeichnet. Das Treibgut entlang der Wasserlinie an den Ufern enthält oft viele kleinere Kunststoffteile, darunter auch Hygieneartikel wie Wattestäbchen und Damenhygieneprodukte. Es ist unklar, woher diese Gegenstände stammen, da sie eigentlich über die Kläranlage abgeleitet werden sollten. Es wird davon ausgegangen, dass diese Kunststoffe bei Starkregenereignissen direkt über Rückhaltebecken abgeleitet werden und hauptsächlich über Zuläufe in die Donau gelangen. Wien hingegen verfügt über ein sehr hohes Rückhaltevermögen, so dass sichergestellt werden kann, dass alle Abwässer nach und nach über die Kläranlagen behandelt werden (Lenz et al., 2021). Im Zuge der Beprobung und Auswertung der gesammelten Kunststoffe konnten Zusammenhänge zwischen Uferstruktur, Ufervegetation und Kunststoffeintrag hergestellt werden. In Kombination mit der hydrodynamischen und numerischen Modellierung wurde eine maximale Kunststoffkonzentration von 20g/m² für ufernahe Bereiche im NPDA berechnet. In den Überschwemmungsgebieten des NPDA konnte ein hoher Anteil an PET-Getränkeflaschen und Schaumstoff gefunden werden.
Die Analysen sowie die langjährigen Erfahrungen der Nationalpark-Ranger weisen darauf hin, dass die gesammelten Kunststoffe nicht direkt im Gebiet des Nationalparks Donau-Auen abgelagert werden. Vielmehr werden sie als Treibgut aus flussgebundenen Verschmutzungsquellen an den Ufern angeschwemmt oder reichern sich durch die Filterwirkung der Vegetation in den Auen an.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Ein Ziel des Projektes war es, die Herkunft der Kunststoffe zu bestimmen. Die Analysen haben gezeigt, dass die gesammelten Kunststoffe im Gebiet des Nationalpark Donauauen aber auch in den Vergleichsgebieten in Ungarn nicht direkt abgelagert werden, sondern vielmehr über den Fluss als Treibgut von flussaufliegenden Verschmutzungsstellen angeschwemmt werden.
Auch wenn die Sammlung durch Laien (z.B. Aufräumaktionen durch Freiwillige, NGOs, regionale und lokale Initiativen) eine sinnvolle Alternative für ein langfristiges Monitoring darstellt, müssen gleichzeitig standardisierte Probenahmen an ausgewählten Teststellen durchgeführt werden, um eine valide Datenbasis zu gewährleisten und konkrete Aussagen treffen zu können.

Sortieranalysen bieten eine gute Möglichkeit, die gesammelten Kunststoffabfälle dem jeweiligen Verschmutzungsbereich zuzuordnen. So können gezielte Vermeidungsmaßnahmen formuliert und umgesetzt werden. Analyseergebnisse von Flussabfällen im österreichischen Donauabschnitt zeigen, dass etwa zwei Drittel der Kunststoffe den Haushalten zuzuordnen sind und primär über Littering in die Umwelt gelangen. Ebenso sind große Anteile (Gew.-%) der Schifffahrt und dem Bausektor zuzuordnen. Allein rund 50 Prozent der Kunststoffe sind unterschiedliche Verpackungen, und davon wieder mehr als die Hälfte Lebensmittelverpackungen, was ein direktes Littering bei Picknicks, etc. oder unsachgemäße Entsorgung vermuten lässt.
Breitbarths (2017) Sortierkatalog von Makro-Kunststoffabfällen in Fließgewässern Deutschlands, der einen ähnlichen Aufbau, jedoch eine nicht zu detaillierte Klassifizierung aufweist, eignet sich durchaus für eine Gegenüberstellung der Ergebnisse aus dem Nationalpark Donau-Auen. Der Vergleich zeigt den signifikanten Einfluss eines Pfandsystems auf die Vermüllung von Kunststoff-Getränkeflaschen. Beispielsweise beträgt der Anteil pfandfreier Kunststoffflaschen in der Saale 0,8 Gewichtsprozent und 0,2 Gewichtsprozent pro Artikel, wobei 90% aller gefundenen Flaschen pfandfrei waren. Messungen in den Flüssen Fulda, Rhein und Haune zeigten ähnliche Ergebnisse (Breitbarth, 2017). Umgekehrt machen im österreichischen Projektgebiet des Nationalparks Donau-Auen PET-Getränkeflaschen in fast allen Sammlungen den größten Anteil aus (Masse 12 % bis 40 %, aber auch Volumen). Die zukünftige Einführung eines Pfandsystems in Österreich kann demnach bereits als eine wirksame Maßnahme zur Vermeidung von Littering bei Getränkeverpackungen angesehen werden.
Es gibt keine einzige Messmethode, die den Anforderungen an eine repräsentative Probenahme zur Bewertung der Verschmutzung von Flüssen gerecht wird. Idealerweise werden daher mehrere unterschiedliche Ansätze (z.B. Messungen im Wasser, am Ufer, im Hinterland) parallel eingesetzt. Die Entwicklung von standardisierten Probenahme- und Sortierprotokollen soll einen Vergleich der Ergebnisse hinsichtlich des Aufkommens und der Zusammensetzung von Kunststoffabfällen entlang der Flüsse unter Berücksichtigung von Probenahmeort, Strömungsverhältnissen, Uferstruktur, Vegetation usw. ermöglichen.

Abstract

The Institute of Waste Management has been working for several years on the establishment of a harmonized methodology to assess and monitor riverine macro-plastic waste (> 5mm). The development of standardized sampling and sorting protocols is intended to enable comparison of results in terms of plastic waste generation and composition along rivers. Within the TidyUp project, for the first time, the different sampling methods have been applied along the Danube and its largest and at the same time most polluted tributary, the Tisza. The data comparison of collected riverine plastic waste highlight the necessity of parallel sampling approaches. While data from volunteer collections can be used for long-term monitoring, they must be put into perspective by standardized sampling at selected test fields in order to get conclusive results about the actual pollution. Based on the sorting analyses carried out in the Austrian section of the Danube, the main sources of pastic pollution are households (62 wt%), inland navigation (17 wt%) and the construction sector (12 wt%).

Literatur

BREITBARTH, M. (2017). Abfälle in deutschen Fließgewässern - Eintrags- und Austragspfade, Zusammensetzung, Aufkommen und Vermeidungsmaßnahmen. Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik, Band 22.
CHESHIRE, A., ADLER, E., BARBIÈRE, J., COHEN, Y., EVANS, S., JARAYABHAND, S., WESTPHALEN, G. (2009). UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter.
EUROPEAN UNION, 2018: MICROPLASTICS Focus on Food and Health, Factsheet December 2017. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110629/jrc110629_final.pdf. Download 12.04.2022
JAMBECK, J. R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T. R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., LAW, K. L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, 347. https://doi.org/10.1126/science.1260352

LENZ, S., MAYERHOFER, J., OBERSTEINER, G. (2021). Report on available data regarding plastic pollution for the material-flow-analysis, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, 2021 (available at: https://plasticfreeconnected.com/)
OSPAR. (2010). Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area (Vol. 1). London: OSPAR Commission.
PLASTICSEUROPE, 2020. Plastics - The facts 2020: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels, Belgium
VAN DER WAL, M., VAN DER MEULEN, M., TWEEHUIJSEN, G., PETERLIN, M., PALATINUS, A., KOVAC VIRSEK, M., KRZAN, A. (2015). Final Report on Identification and Assessment of Riverine Input of (Marine) Litter. Bristol – United

Danksagung

Tid(y)Up wird kofinanziert durch die EU im Rahmen des Danube Transnational Programme des ERDF sowie vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) und von viadonau als assoziierte Partner unterstützt.

Adressen der Autoren

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Abfallwirtschaft, Muthgasse 107/3.Stock, A-1190 Wien

* Ansprechpartnerin: Dipl.Ing. Dr. Gudrun OBERSTEINER, gudrun.obersteiner@boku.ac.at

VORTRÄGE

Mikroplastik- kleine Partikel große Wirkung?!
-von der Analytik bis hin zur Aufklärung-

Microplastics - small particles huge impact?!
-from analytics to a better understanding-

Michelle Arnold und Ulrich Meincke

Einleitung

Mikroplastik ist ubiquitär und gewinnt stetig an Aufmerksamkeit. Grundlegende Basis für eine Klassifizierung von Mikroplastik bildet eine Definition der Größe und Zustandsform der Plastikpartikel. Die Mikroplastikanalytik umfasst die Probenahme, Probenvorbereitung, Detektion sowie eine anschließende Bewertung der Ergebnisse.

Definition Mikroplastik

Die Begriffe Plastik oder Mikroplastik adaptieren den englischen Begriff „plastics“ und sind umgangssprachliche Begriffe für Kunststoff oder Mikrokunststoff. [1]

Zur Beschreibung von Mikroplastik wird häufig zwischen Größe, Zustandsform und Ursprung der Partikel differenziert. Weiterhin wird Mikroplastik in sogenanntes primäres Mikroplastik, das definiert industriell hergestellt wurde, und sekundäres Mikroplastik, welches als Fragmentprodukt aus größeren Kunststoffteilen entstanden ist, unterteilt.[2]

Mikroplastik in einer festen Zustandsform wird wie folgt nach seiner Partikelgröße kategorisiert:

Tabelle 1: **Feste Mikroplastikpartikel nach ISO/TR 21960:2020.**

Begriff	***Dimension***
Makroplastik	>5 mm
Großes Mikroplastik	1 mm - 5 mm
Mikroplastik	1 µm - 1000 µm
Nanoplastik	<1 µm

Vorkommen und Einträge

Mikroplastik ist ubiquitär verteilt. Sowohl in der Umwelt in den Medien Wasser, Boden und Luft, als auch in Verbraucherprodukten wie Lebensmittel und kosmetischen Mitteln. Die Eintragsursachen und –quellen können jedoch sehr unterschiedlich sein.

Im Umweltbereich sind der Abrieb von Reifen und Textilien (Wäsche) sowie Heimtextilien oder in die Natur weggeworfene Abfälle, aber auch die Freisetzung über die Abfallentsorgung (z.B. Kompost, Bauschutt, Papier) wesentliche Eintragsquellen. Bei Lebensmitteln kann der Eintrag über das natürliche Nahrungsmittel (z.B. Fische) und/oder Abriebprozesse der Herstellung erfolgen.

Die aquatischen Systeme sind, neben Luft und Boden, wichtige Weiterleitungspfade und Senken für Mikroplastik. Eine Entfernung der Partikel aus Abwasser und Prozesswasser erfolgt gegenwärtig noch nicht gezielt und daher eher unvollständig im Zuge anderer Entfrachtungen. Es werden aber bereits verschiedene Ansätze verfolgt, Mikroplastikanteile vorab und bei der Abwasserreinigung zu verringern. In der Lebensmittelproduktion sind Eintrags- und Weiterleitungspfade sowie Senken von Mikroplastik

bisher kaum eruiert, so dass Maßnahmen zu Entfernung bisher nicht flächendeckend abgeleitet werden konnten.

Kunststoffe enthalten neben Pigmenten auch viele Additive wie Flammschutzmittel, Stabilisatoren gegen Licht und Luftsauerstoff sowie Weichmacher. Werden diese freigesetzt (z.B. durch hohe Temperaturen oder durch Lösungsprozesse in wässrigen Medien) und vom Menschen aufgenommen, können Sie im Stoffwechsel kritische Einflüsse haben.

Kunststoffe werden in sehr großen Mengen produziert und nicht in gleichem Maße sicher entsorgt. Sie reichern sich in allen Umweltbereichen als Abfall, Fragmente oder Partikel an und verbleiben dort für lange Zeiten. Sie zersetzen sich vorwiegend zuerst über die Bildung von kleineren und zuletzt sehr kleinen Partikeln und erst danach durch stofflichen Abbau. Große Fragmente stören weite Landschaftsbilder als Vermüllung und stellen vielfach eine Art Risiko für höhere Organismen dar. Als kleiner werdende Fragmente dringen sie zunehmend in Stoffkreisläufe ein und wirken nach bisherigen Erkenntnissen bei kleinen Organismen wie Wasserpflanzen oder Plankton, aber auch bei den empfindlichen Organen größerer Organismen wie den Kiemen von Fischen durch Verstopfung und Erstickung. Zudem werden Abbauprodukte und Schadstoffübertragungen diskutiert und in ersten Fällen bereits nachgewiesen.

Es mangelt bislang an Wissen über die lokalen Auswirkungen von Mikroplastik im Gastrointestinaltrakt, einschließlich der Mikrobiota. Toxikologische Daten über die Auswirkungen von Mikroplastik als solches fehlen im Wesentlichen für die Risikobewertung beim Menschen.[3] Mikroplastikpartikel können jedoch nach EU VO (EWG) Nr. 315/93 als Kontamination gewertet werden.

Analytik

Allgemein beruht die Analytik auf drei Teilprozessen (vgl. Abbildung 1). Diese sind die Probenahme, die Probenvorbereitung und die Analytik. Jeder dieser Teilprozesse ist wiederum aus diversen Unterprozessen aufgebaut und muss jeweils entsprechend der Probenmatrix angepasst werden. Dabei ist es von zentraler Wichtigkeit, zu Beginn eine genaue Fragestellung zu formulieren. Dies ist notwendig, damit die Teil-, Unterprozesse auf die mannigfaltigen möglichen Matrices angepasst werden können. Da es noch keine Normung für diese Untersuchung gibt, ist jedes Ergebnis bei der Interpretation einzuordnen und die Methoden der Untersuchung zu betrachten, bevor man einen Vergleich zieht. Im Folgenden werden die Bedeutung der einzelnen Teilprozesse verallgemeinert dargestellt und die Bedeutung dieser kurz erläutert.

Abbildung 1: **Darstellung der Teilprozesse der Untersuchung einer Probe auf Mikroplastik.**

Der erste Teilprozess ist die Probennahme, welche maßgeblich über das Endergebnis der Untersuchung entscheidet. Vor Beginn der Probennahme muss unter anderem die Größe der zu analysierenden Partikel definiert und auch die zu entnehmende Probenmenge festgelegt werden. Diese hat später einen entscheidenden Einfluss auf das finale Ergebnis, da sie maßgeblich die Nachweisgrenzen mit bestimmt. In Abbildung 2 ist eine Auswahl von möglichen Probenahmemethoden aufgezählt, welche aber ausdrücklich nur einen Ausschnitt aus dem Gesamtspektrum der möglichen Methoden darstellt.

Der zweite Teilprozess ist die Probenvorbereitung. Der Zweck der Probenvorbereitung ist es das Mikroplastik von anderen organischen und anorganischen Komponenten zu trennen und so eine Aufkonzentrierung des Mikroplastiks zu erreichen. Bei der Probenvorbereitung ist die Anzahl an möglichen Methoden deutlich größer als bei der Probennahme. Die in Abbildung 2 dargestellten Unterprozesse für die Probenvorbereitung bilden bestenfalls Kategorien für untergeordnete Methoden. Hierbei muss die Methodik immer spezifisch auf die einzelne Probe angepasst werden. Dabei gilt: Je weniger Probenvorbereitung durchgeführt wird, desto geringer sind die Chancen, dass Verunreinigungen auftreten. Je

mehr Probenvorbereitung gemacht wird, desto wahrscheinlicher ist es, dass die Aufbereitung der Probe erfolgreich ist und die Probe analysierbar ist.

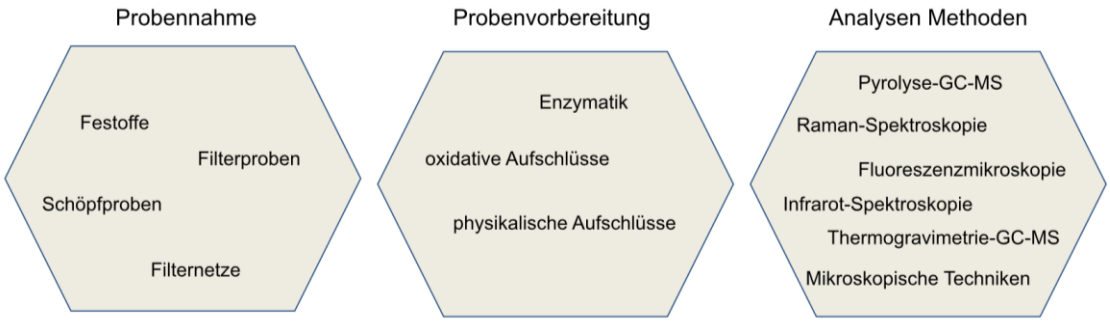


Abbildung 2: **Ausgewählte Beispiele von Unterprozesse zu den Teilprozessen aus Abbildung 1.**

Der letzte Teilprozess ist die Analytik. Hier gibt es diverse Techniken und instrumentelle Verfahren und es kommen immer weitere neue dazu. In Abbildung 2 ist eine Übersicht über mögliche Techniken dargestellt. Es ist von Anfang an wichtig zu wissen, was für Informationen gewünscht sind. Es gibt zum einen eine partikelbasierte Analytik und zum anderen eine massenbasierte Analytik. Der Tabelle 2 kann man entnehmen, welche Analysen Methoden massenbasiert und welche partikelbasiert sind.

Tabelle 2: **Darstellung der erhaltenen Ergebnisse in Abhängigkeit der jeweiligen Analysen Methode.**

Analysen Methode	Arte des Ergebnisses
Raman-Spektroskopie; Fluoreszenzmikroskopie; Infrarot-Spektroskopie	Partikelanzahl pro Kunststoffsorte; Morphologie; Partikelgröße
Pyrolyse-GC-MS; Thermogravimetrie-GC-MS	Masse pro Kunststoffsorte

Fazit und Zusammenfassung

Bislang gibt es noch keine harmonisierten Verfahren zur Analyse von Mikroplastik, dies umfasst sowohl die Probenahme, als auch die Probenvorbereitung und Detektion. Eine Vergleichbarkeit unterschiedlicher Studien ist damit nur begrenzt möglich, da die Art und Weise der Probenanalyse maßgeblich die erhaltenen Ergebnisse beeinflusst. Aufgrund der bislang unzureichenden Datenlage ist eine Risikobewertung aktuell nur eingeschränkt möglich. Ziel sollte es daher sein, die Forschung voranzubringen und Methoden zu harmonisieren um so verlässliche Daten zu erhalten. Hierfür setzt sich die WESSLING GmbH u. a. durch die Mitarbeit in Gremien und Forschungsprojekten ein.

Literatur

[1] Statuspapier-Mikroplastik-Analytik, *BMBF* Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“, 2020.

[2] *Umweltbundesamt*, Kunststoffe in der Umwelt. 2019, ISSN 2363-832X.

[3] *EFSA* Journal, Volume 14, Issue 6, Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood, 2016.

Adresse der Autoren

WESSLING GmbH, Oststraße 7, 48341 Altenberge

* Ansprechpartnerinnen: Michelle ARNOLD, M.Sc., michelle.arnold@wessling.de
Ulrich MEINCKE, M.Sc., ulrich.meincke@wessling.de

Metabolic kinetics of *Alternaria* toxins and potential interspecies differences

Metabolische Kinetik von Alternaria Toxinen und potentielle speziesspezifische Unterschiede

Eszter Borosos[1*], Elisabeth Varga[1], Georg Aichinger[1,2] und Doris Marko[1]

Siehe Seite 24 ALVA-Förderpreis

Entwicklung einer pilzbasierten Bekämpfungsstrategie gegen Drahtwürmer im Kartoffelanbau

Development of a fungus-based biocontrol strategy against wireworms in potato cultivation

Maximilian Paluch[1*], Tanja Bernhardt[1], Eckhard Immenroth[2], Marianne Buschke[3], Elisa Schwarz[3], Dieter von Hörstern[2], Jörn Lehmhus[4], Dietrich Stephan[1]

Einleitung

Der biologische Pflanzenschutz ist ein wesentlicher Baustein des integrierten Pflanzenschutzes. Die Entwicklung neuer biologischer Pflanzenschutzverfahren ist jedoch sehr komplex und vor allem im Ackerbau stehen nur wenige effektive biologische Alternativen gegen Krankheitserreger und Schädlinge zur Verfügung. Das Projekt AgriMet hat sich mit der Entwicklung einer biologischen Bekämpfungsstrategie gegen Drahtwürmer im Kartoffelanbau beschäftigt. Ziel war es, den Drahtwurmschaden an den Tochterknollen durch die Applikation von innovativen Formulierungen auf Basis des insektenpathogenen Pilzes *Metarhizium brunneum* zu reduzieren. In praxistauglichen Feldversuchen sollte die Wirksamkeit dieser Formulierungen unter Berücksichtig biotischer und abiotischer Einflussfaktoren beurteilt werden.

Material und Methoden

AgriMet-Formulierungen: Der *M. brunneum*-Stamm JKI-BI-1450 wurde für die zwei getesteten AgriMet-Formulierungen mittels Flüssigfermentation produziert. Für das Granulat wurde die Biomasse, einschließlich submerser Sporen, Hyphen und Metaboliten, mit Hilfe eines Wirbelschichttrockners auf autoklavierte Hirse der Art *Seteria italic* aufgetragen. Das AgriMet-Granulat hatte eine Konzentration von 4,5 g der trockenen Pilzbiomasse pro kg und wurde von Tanja Bernhardt zur Verfügung gestellt (JKI Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Dossenheim, Deutschland). Bei dem AgriMet-Trockenprodukt handelte es sich um ein in Leitungswasser lösliches Pulver für eine Sprühapplikation. Die im Fermenter produzierte Pilzbiomasse wurde durch Lyophilisation getrocknet und mit einem Handmörser gemahlen, um ein *M. brunneum*-Pulver mit einer Konzentration von $1{,}25 \times 10^9$ Sporen/g gemäß Herstellerangaben zu erhalten. Das AgriMet-Trockenprodukt wurde von Marianne Buschke (ABiTEP GmBH, Berlin, Deutschland) zur Verfügung gestellt.

Standorte: Die zwei AgriMet-Formulierungen wurden 2018, 2019 und 2020 im Landkreis Uelzen (Niedersachen, Deutschland) auf Versuchsflächen in Süttdorf und Borg getestet. Die Versuchsflächen wiesen stets eine hohe Drahtwurmdichte auf und die Versuchsdurchführung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der LWK Niedersachen gemäß landwirtschaftlicher Praxis.

Versuchsanlage: Die einfaktorielle Mittelprüfung war als vollständig randomisierte Blockanalage mit vier Blöcken angelegt. Die Parzellengröße entsprach ca. 30 m^2 (4 Dämme à 10 m). Die Kartoffelsorte Princess und die Fungizide-Beize Moncut® wurde in allen Versuchen verwendet. Die zwei AgriMet-Formulierungen wurden in verschiedenen Aufwandmengen im Vergleich zu dem Referenzprodukt ATTRACAP® getestet (Tabelle 1). Die Applikation der Formulierungen bei der Kartoffelpflanzung erfolgte mit dem AgroDos® 12-volt Streugerät von Lehner (Granulat) und einer Flüssigbeizeinrichtung von Lechler (Trockenprodukt; Verträglichkeit mit Moncut® in Laborversuch bestätigt).

Datenerhebung: Nach der Ernte wurde der Drahtwurmschaden an den Tochterknollen durch die Anzahl an Fraßlöcher pro Knolle bestimmt (100 Knollen pro Parzelle). Außerdem wurde die *Metarhizium*-Konzentration im Kartoffeldamm (CFUs), die Drahtwurmdichte, die Drahtwurmarten-zusammensetzung, die Bodentemperatur und -feuchtigkeit sowie die Bodeneigenschaften (pH, Humusgehalt, Kupfer, C/N Verhältnis) in jedem Versuchsjahr über die gesamte Vegetationszeit der Kartoffel ermittelt bzw. gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kartoffelschaden wurden durch die Anwendung einzelner AgriMet-Formulierungen in den Versuchsjahren signifikant reduziert (Tabelle 1). Die Wirksamkeit der Behandlungen war jedoch sehr gering, und weder das Referenzprodukt ATTRACAP® noch die AgriMet-Formulierungen zeigten über alle Jahre hinweg einen konstanten Effekt. Die Kombination aus Granulat und Trockenprodukt erzielte 2019 die höchste Wirksamkeit mit 13,6 %. Zuvor zugelassene chemische Insektizide wie Fipronil erreichten eine Wirksamkeit von 50-85 %, was auch für die AgriMet-Formulierungen wünschenswert gewesen wäre (Kuhar & Alvarez 2008, Ladurner et al. 2009).

Tabelle 1: **Wirksamkeit der *M. brunneum*-Formulierungen als Prozentsatz der reduzierten Kartoffelschäden im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle während der Feldversuche in den Jahren 2018 bis 2020 (A30 = ATTRACAP® 30 kg/ha; G30 = AgriMet-Granulat 30 kg/ha; G60 = AgriMet-Granulat 60 kg/ha; DP0,5 = AgriMet-Trockenprodukt 0,5x10^{11} Sporen/ha; DP1= AgriMet-Trockenprodukt 1x10^{11} Sporen/ha; DP2 = AgriMet-Trockenprodukt 2x10^{11} Sporen/ha). Mittelwert und Standardabweichung (±SD) pro Jahr wurden aus der Wirksamkeit für jede Behandlung innerhalb eines Blocks nach Abbott (1925) berechnet.**

Behandlung	Wirksamkeit [%]					
	2018		2019		2020	
	Mittel	±SD	Mittel	±SD	Mittel	±SD
A30	11,3	7,2	9,0	12,2	2,1	2,9
G30	2,0	1,4	-2,9	23,9	6,6	5,2
G60	/	/	11,4	24,1	8,7	13,9
DP1	11,9	5,4	4,4	17,1	6,3	9,2
DP2	/	/	-4,9	36,9	3,1	3,2
G30_DP1	9,6	10,1	13,6	16,3	1,0	1,8
G15_DP0,5	3,4	2,8	/	/	/	/

Hinweise für die geringe und schwankende Wirksamkeit der AgriMet-Formulierungen im Feldeinsatz konnten aus der umfangreichen Datenerhebung während der Feldversuche abgeleitet werden. Zum einen waren die getesteten Aufwandmengen zu gering, was u. a. durch die Messung der Abundanz bzw. Persistenz von Metarhizium spp. im Kartoffeldamm vor und nach der Applikation (CFUs/g Boden) deutlich wurde. Im Versuchsjahr 2018 wurde ein Maximum vom 959,9 CFUs/g Boden 48 Tage nach der Applikation ermittelt. Rogge et al. (2017) zeigte, dass 182.945 CFUs/g Substrat nötig sind, um Drahtwürmer signifikant zu reduzieren. Laborversuche mit den AgriMet-Formulierungen bestätigten die zu geringen Aufwandmengen in den Feldversuchen. Neben den Aufwandmengen, könnte auch die Bodentemperatur einen Einfluss auf die geringe Wirksamkeit der AgriMet-Formulierungen gehabt haben. Diese lag bei der Kartoffelpflanzung je nach Jahr zwischen 9,8 °C und 14,7 °C. Der Boden erwärmte sich nur sehr langsam und erreichte eine Durchschnittstemperatur von 17,1 °C. Diese Bodentemperaturen sind optimal für die Entwicklung der Kartoffelpflanze, allerdings sind Wachstum, Keimung und damit verbundene Virulenz von Metarhizium spp. temperaturabhängig mit einem Optimum von 25-30 °C (Dimbi et al. 2004, Ekesi et al. 1999). Die ungünstigen Bodentemperaturen bei der Kartoffelpflanzung können die erforderliche Etablierung von Metarhizium im Kartoffeldamm erschwert haben, was die Applikation von Pilzpräparten zu diesem Zeitpunkt in Frage stellt. Ein weiterer entscheidender Hinweis für die geringe Wirksamkeit der AgriMet-Formulierungen im Feldeinsatz lieferte die Analyse der Drahtwurmartenzusammensetzung. Wie in Abbildung 1 zu sehen, war die vorherrschende Drahtwurmart auf den Versuchsflächen Agriotes lineatus. Neben der Art Agriotes obscurus kamen vereinzelt noch andere Drahtwurmarten vor. Laborversuche von Tanja Bernhardt (noch nicht publiziert) haben gezeigt, dass Metarhizium-Stämme sich in ihrer Virulenz gegenüber verschiedenen Agriotes-Arten unterscheiden. Der M. brunneum-Stamm JKI-BI-1450 zeigte in den Versuchen von Tanja Bernhardt die im Vergleich beste Wirksamkeit gegen A. obscurus und die

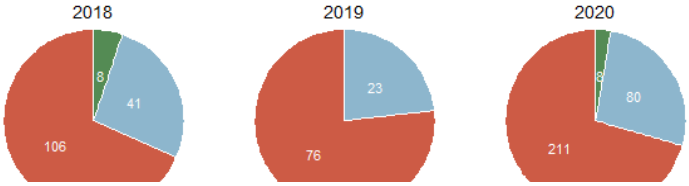


Abbildung 1: **Drahtwurm-Artenzusammensetzung in den Feldversuchen. Die Farben stehen für die verschiedenen Drahtwurmarten (rot: *Agriotes lineatus*, blau: *A. obscurus*, grün: andere) und die jeweilige Gesamtzahl ist in weiß dargestellt.**

schlechteste gegen A. lineatus, was den geringen Bekämpfungserfolg der AgriMet-Formulierungen erklären könnte. Die spezifische Virulenz von Metarhizium-Stämmen, die für die Drahtwurmbekämpfung vorgesehen sind, stellt ein entscheidendes Problem für die praktische Anwendung dar. Lehmhus (2019) berichtete über eine vielfältige Zusammensetzung von Drahtwurmarten auf deutschen Kartoffelfeldern, die je nach Region variiert. Es ist daher unwahrscheinlich, dass ein Pilzpräparat mit einem einzigen biologischen Wirkstoff/Organismus in der Lage ist, den vielfältigen Schädlingskomplex der Drahtwürmer zu bekämpfen.

Zusammenfassung

In dem Projekt AgriMet wurden ein Granulat und ein lösbares Pulver auf Basis von *Metarhizium brunneum* in Feldversuchen getestet, um Drahtwürmer als Teil einer inokulativen Biokontrollstrategie zu reduzieren. Die identifizierten ökologischen und intrinsischen Faktoren (Bodentemperatur, spezifische Virulenz) zeigen die Komplexität des Einsatzes des entomopathogenen Pilzes *M. brunneum* gegen Drahtwürmer im Kartoffelanbau und müssen bei der künftigen Entwicklung marktfähiger Mykoinsektizide berücksichtigt werden. Der kommerzielle Erfolg von Mykoinsektiziden hängt von der Schaffung eines letalen Potenzials am Zielort gegen die wichtigsten Drahtwurmarten ab, weshalb die Anwendung in das ganzheitliche agronomische System eingebettet sein sollte, um geeignete Bedingungen für die pilzliche Wirkungsweise und damit eine effektive Drahtwurmbekämpfung zu schaffen.

Abstract

In the absence of officially approved agrochemicals for the use against wireworms (*Agriotes* spp.) in German potato cultivation, the entomopathogenic fungus genus *Metarhizium* has been regarded as promising biocontrol agent. However, previous mycoinsecticide formulations of *M. brunneum* could not achieve consistent effectiveness in field use. Within the scope of the project AgriMet, the effectiveness of two new formulations of *M. brunneum* was evaluated over three years in the field. The application of a soil granule and/or a wettable powder (dry product) of *M. brunneum* during potato planting aimed to reduce potato tuber damage by controlling wireworms. During field trials in the Lower Saxony (Germany), the combination of both formulations led to an effectiveness between 1 % and 13.6 % compared to the untreated control. The single application of the AgriMet-Granule and the AgriMet-Dry Product was less successful. Influencing factors became apparent through analysing multiple soil parameters at the respective field site such as temperature, moisture, colony-forming units of *Metarhizium* spp. and wireworm density, underlining the complexity of wireworm control using a microbial control agent. Especially the low soil temperatures during spring application pose a serious challenge to the development of an effective control strategy against wireworms. Furthermore, the effectiveness of the AgriMet-Formulations against *A. obscurus*, *A. sputator* and *A. lineatus* resulted in significant differences in mortality indicating a species-specific virulence of the *M. brunneum* isolate used.

Literatur

DIMBI, S., MANIANIA, N. K., LUX, S. A., & MUEKE, J. M. (2004). Effect of constant temperatures on germination, radial growth and virulence of *Metarhizium anisopliae* to three species of African tephritid fruit flies. *BioControl*, *49*(1), 83-94.

EKESI, S., MANIANIA, N. K., & AMPONG-NYARKO, K. (1999). Effect of temperature on germination, radial growth and virulence of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on *Megalurothrips sjostedti*. *Biocontrol Science and Technology*, *9*(2), 177-185.

KUHAR, T. P., & ALVAREZ, J. M. (2008). Timing of injury and efficacy of soil-applied insecticides against wireworms on potato in Virginia. *Crop Protection*, *27*(3-5), 792-798.

LADURNER, E., QUENTIN, U., FRANCESCHINI, S., BENUZZI, M., & EHLERS, R. (2009). Efficacy evaluation of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* strain ATCC 74040 against wireworms (*Agriotes* spp.) on potato. *IOBC/wprs Bull*, *45*, 445-448.

LEHMHUS, J. (2019). Wireworm biology in Middle Europe –what are we facing? The International Congress on Invertebrate Pathology and Microbial Control & 52nd Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology & 17th Meeting of the IOBC-WPRS Working Group "Microbial and Nematode Control of Invertebrate Pests"; 28th July - 1st August 2019, Valencia ; Programme and Abstracts, 49.

ROGGE, S. A., MayeRhofer, J., ENKERLI, J., BacHer, S., & GRABENWEGER, G. (2017). Preventive application of an entomopathogenic fungus in cover crops for wireworm control. *BioControl*, *62*(5), 613-623.

Adressen der Autoren

[1] Julius Kühn-Institut, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Schwabenheimer Str. 101, 69221 Dossenheim

[2] Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

[3] ABiTEP GmbH, Glienicker Weg 185, 12489 Berlin

[4] Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

[*] Ansprechpartner: Maximilian Paluch, maximilian.paluch@julius-kuehn.de

Trissolcus basalis - ein bedeutender natürlicher Gegenspieler der Grünen Reiswanze *Nezara viridula*

Trissolcus basalis - an important parasitoid of the southern green stink bug Nezara viridula

Anna Moyses*, Stephan Manhalter und Richard Gottsberger

Einleitung

2021 wurden in Wiener Privatgärten parasitierte Eigelege der Grünen Reiswanze *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) gefunden. Genauere Untersuchungen ergaben, dass es sich um den Eiparasitoiden *Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858) handelt. Dies ist der erste Nachweis von *Trissolcus basalis* in Österreich. Das Wissen über das natürliche Vorkommen dieser parasitoiden Wespe ist nicht nur für die biologische Bekämpfung exotischer Wanzenarten von Bedeutung, sondern schließt auch eine Lücke in der sogenannten Dark Taxa der parasitoiden Hymenoptera.

Material und Methoden

Das Eigelege-Monitoring der Wanzenarten *Nezara viridula* und *Halyomorpha halys* wurde von Mai bis Oktober 2021 von der Arbeitsgruppe für Entomologie im Feld- und Gartenbau der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungsicherheit durchgeführt. Dabei wurden Österreichs Gartenbesitzer*innen, Landwirt*innen etc. aufgerufen einen Wanzenbefall zu melden und gesichtete Eigelege an die AGES zu senden. Eingesandte Eigelege wurden den jeweiligen Wanzenarten zugeordnet und auf Parasitierung überprüft. Parasitierte Eigelege wurden durchgezüchtet und geschlüpfte Wespen wurden sowohl morphologisch (JOHNSON, 1984, TALAMAS et al., 2015, PENG & GIBSON, 2020) als auch molekularbiologisch (EPPO, 2021) auf Artniveau bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Zuge des Monitorings wurden insgesamt 170 Meldungen gemacht. Diese stammten größtenteils von Privatpersonen mit Garten oder Balkon aus Wien, niederösterreichischen Gemeinden rund um Wien, dem Nordburgenland und aus Graz. Die Auswertungen haben ergeben, dass das Auftreten von *N. viridula* viermal häufiger gemeldet wurde als jenes von *H. halys*. Am häufigsten wurde *N. viridula* an *Solanum lycopersicum*, gefolgt von *Phaseolus vulgaris*, *Cucumis* sp., *Capsicum* sp., *Rubus idaeus*, *Helianthus* sp., *Lavandula* sp., *Rubus fruticosus*, *Solanum melongena* und *Glycine max* beobachtet. Des weiteren wurden ausschließlich von *N. viridula* parasitierte Eigelege eingesandt (Abb. 1). In 20 dieser Eigelegen konnten parasitoide Wespen festgestellt werden. Diese stammten von 15 Standorten, wovon sich 13 in Wien, einer in Niederösterreich und 1 in der Steiermark befanden. Insgesamt konnten fünf verschiedene parasitoide Wespen-Arten nachgewiesen werden, wobei *Trissolcus basalis* am häufigsten festgestellt wurde und die dominierende Art in Wien war. Für Österreich war dies der erste Nachweis von *T. basalis* aus *N. viridula* Eigelegen (MOYSES et al., 2022).

Abbildung 1: **Teilweise parasitiertes *N. viridula* Eigelege mit dem Parasitoid *Trissolcus basalis* (Foto: Moyses, AGES)**

Zusammenfassung

Die parasitoide Wespe *Trissolcus basalis* parasitiert bevorzugt die Eigelege der Grünen Reiswanze *Nezara viridula*, einer nicht-heimischen Wanzenart, welche in Österreich bereits als etabliert gilt und an zahlreichen Kulturpflanzen Schäden verursacht. Der Eiparasitoid wurde 2021 erstmals im Zuge eines von der AGES durchgeführten Eigelege-Monitorings in Österreich (Wien) nachgewiesen und hat ein großes Potential im biologischen Pflanzenschutz gegen *N. viridula* als Nützling eingesetzt zu werden.

Abstract

The parasitoid wasp *Trissolcus basalis* is an important natural enemy of the southern green stink bug *Nezara viridula*, an introduced non-native stink bug species causing damage to numerous crops. In 2021 the egg parasitoid was recorded for the first time in Austria (Vienna) in the course of an egg mass monitoring carried out by AGES. *T. basalis* has a great potential to be used in biological control of *N. viridula*.

Danksagung

Unser Dank gilt allen am Monitoring Beteiligten für die zahlreichen Wanzen-Meldungen und Eigelege-Einsendungen.

Literatur

EPPO 2021: PM 7/129 (2) DNA barcoding as an identification tool for a number of regulated pests. EPPO Bulletin, 51 100-143, DOI: 10.1111/epp.12724.

JOHNSON, N.F., 1984: Systematics of Nearctic Telenomus: Classification and Revisions of the Podisi and Phymatae Species Groups (Hymenoptera: Scelionidea). Bulletin of the Ohio Biological Survey 6 (3), 1-113, DOI: 10.5281/zenodo.23887.

MOYSES, A., MOTTINGER, S., MANHALTER, S., GOTTSBERGER, R. A., 2022: Erstnachweis des Eiparasitoiden Trissolcus basalis (Wollaston, 1858) in Österreich (Hymenoptera: Scelionidae). Journal für Kulturpflanzen, 74 (03-04), 94-96, DOI: 10.5073/JfK.2022.03-04.07

PENG, B., GIBSON, G.A., 2020: Review of the species of Anastatus (Hymenoptera: Eupelmidae) known from China, with description of two new species with brachypterous females. Zootaxa 4767 (3), 351-401, DOI: 10.11646/zootaxa.4767.3.1.

TALAMAS, E.J., JOHNSON, N.F., BUFFINGTON, M., 2015: Key to Nearctic species of Trissolcus Ashmead (Hymenoptera, Scelionidae), natural enemies of native and invasive stink bugs (Hemiptera, Pentatomidae). Journal of Hymenoptera Research 43, 45-110, DOI: 10.3897/jhr.43.8560

Adresse der Autoren

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

[*] Ansprechpartnerin: DI Anna MOYSES, anna.moyses@ages.at

Welche Auswirkungen haben Netzmittel auf nützliche Raubmilben im biologischen Weinbau?

Which impact do surface-active agents have on predatory mites in organic viticulture?

Stefan Möth*, Andreas Walzer und SilviaWinter

Einleitung

Der Erhalt einer stabilen Raubmilbenpopulation in Weingärten ist ein wichtiger Bestandteil für die natürliche Schädlingsbekämpfung von Schadmilben wie Spinnmilben oder Gallmilben im Weinbau (DUSO et al. 2012). Der Einfluss des Bewirtschaftungssystems (konventionell oder organisch) sowie der Einsatz von raubmilbenschädigenden Pflanzenschutzmitteln, sind entscheidende Faktoren, die eine Raubmilbenpopulation schädigen können (MÖTH et al. 2021). Hierbei sollte auch der Einsatz von zusätzlichen Netzmitteln berücksichtig werden, um z.B. die Verteilung oder Regenbeständigkeit der Pflanzenschutzmittel zu verbessern (HALLMANN et al. 2008), was vor allem bei biologischer Wirtschaftsweise von größerem Vorteil sein kann. Bei den Netzmitteln, die per Definition keine Pflanzenschutzmittel sind, (EUROPEAN PARLIAMENT, COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION 2009) ist der Einfluss auf Raubmilben meist nicht bekannt oder nicht sofort ersichtlich.

Material und Methoden

Stammkultur: Raubmilben der Art *Typhlodromus pyri* wurden bei 25 °C, 80% rel. Luftfeuchtigkeit und 16-8 LD in einem Klimaschrank auf einer schwarzen Plastikplatte gezüchtet (siehe HELLE und OVERMEER 1985). Als Nahrung diente Birkenpollen.
Applikationsversuch: Folgend dem Protokoll von BONAFOS et al. (2008) wurden zwei verschiedene Versuchsabläufe durchgeführt, um den Einfluss von Netzmittel auf Raubmilben zu testen. Dies erfolgte durch eine Kontrolle (Wasser) und drei Netzmittel, mit jeweils vier Wiederholungen. Die Applikation erfolgte mit einem Potter Spray Tower (POTTER 1952) und einer Aufwandmenge von 200 l/ha auf junge Weinblätter (*Vitis vinifera* L.) der Sorte Müller-Thurgau (2,5x2,5 cm). Die Blätter wurden anschließend einzeln auf ein nasses Küchenpapier auf einem Schwamm in einer Plastikbox im Wasser als Barriere überführt. Zusätzlich wurde Raupenleim als weitere Barriere 2-5 mm vom Rand der Blätter gezogen. Die drei kommerziell erhältlichen Netzmittel für den Biologischen Weinbau wurden mit handelsüblichen Konzentrationen appliziert. Als Nahrung für die Raubmilben diente Birkenpollen.
Versuchsablauf 1: Jeweils 12 *Typhlodromus pyri* Weibchen von der Stammkultur wurden nach dem Antrocknen des Belages am Weinblatt, auf jede Versuchseinheit überführt.
Versuchsablauf 2: Zusätzlich zu den Blättern, wurden vorab jeweils 12 *Typhlodromus pyri* Weibchen pro Versuchseinheit auf einem unbehandelten Müller-Thurgau Blatt (2,5x2,5 cm) überführt und mit den Netzmitteln sowie der Kontrolle behandelt. Anschließend wurden diese behandelten Raubmilben auf ein neues, behandeltes Blatt überführt.
Mortalität: Die Erfassung der Todesrate erfolgte 3 Tage nach der Applikation. In den Raupenleim geflüchtete Raubmilben wurden als gestorben erfasst. Die Auswertung der korrigierten Mortalität beider Versuchsabläufe erfolgte nach ABBOTT (1925) und die Einteilung des Schädigungsgrades nach HASSAN (1994).

Ergebnisse und Diskussion

Die Netzmittelapplikationen des ersten Versuchsablaufes zeigten keinen schädlichen Einfluss der drei Netzmittel auf *Typhlodromus pyri*. Folglich werden Raubmilben nicht geschädigt, wenn sie sich auf bereits behandelten Weinblättern bewegen. Dies trifft ebenfalls auf eine direkte Applikation auf *Typhlodromus pyri* zu. Lediglich ein Netzmittel mit einer pflanzlichen Seife als Hauptbestandteil zeigte hierbei einen leicht schädigenden Effekt auf *Typhlodromus pyri* bei einer direkten Applikation auf die Raubmilbe. Hierbei muss jedoch erwähnt werden, dass selbst für die Zulassung von Pflanzenschutzmittel, Raubmilben bei Toxizitätsversuchen nicht direkt besprüht werden und diese Versuche auch mit einer doppelten Kontrolle (eine Kontrolle mit Wasser und eine Kontrolle mit einem Wirkstoff mit bereits

erfasster Mortalität) durchgeführt werden (BLÜMEL et al. 2000). Die Wahrscheinlichkeit einer direkten Applikation einer Raubmilbe in Weingärten dürfte zudem auch eher gering sein, bedenkt man die geringe Körpergröße einer Raubmilbe (ca. 0,4 mm) sowie die Anzahl von 2-4 Raubmilben/Blatt bei gut besiedelten Weingärten (FISCHER-COLBRIE et al. 2015). Schlussfolgernd durch unsere Versuche dürften alle drei Netzmittel Raubmilbenpopulationen in Weingärten nicht schädigen beziehungsweise nur so weit, dass sich eine Population wieder erholen kann. Dadurch dürfte der positive Nutzen von Netzmittel, in Bezug auf Pflanzenschutzmittel überwiegen und ein Einsatz in biologischen Weingärten keinen negativen Effekt für Raubmilben darstellen.

Zusammenfassung

Netzmittel als Zusatzstoff zur Spritzbrühe dienen allgemein betrachtet dazu, um die Anlagerung und Regenfestigkeit von Pflanzenschutzmittel an der Pflanzenoberfläche zu verbessern. Dieser Effekt ist vor allem im biologischen Weinbau von Vorteil, da häufig applizierte Wirkstoffe wie Schwefel und Kupfer, im Vergleich mit synthetischen Wirkstoffen, oft nur einen kurzen Wirkzeitraum besitzen und sich nicht systemisch im Pflanzengewebe verteilen. Oft ist hierbei wenig bekannt, ob mögliche Nicht-Ziel Arthropoden durch diese Inhaltsstoffe negativ beeinflusst werden. Dementsprechend wurde in einem Laborversuch der mögliche Effekt durch eine reine Netzmittelapplikation auf die Raubmilbenart *Typhlodromus pyri* getestet. Die Ergebnisse zeigten insgesamt keinen wesentlichen negativen Einfluss auf die Raubmilben. Schlussfolgernd dürften Raubmilbenpopulationen in biologischen Weingärten, wo diese Netzmittel zur Anwendung kommen, kaum beeinträchtigt werden.

Abstract

Surface-active agents are used mostly in spray mixtures to obtain a better accumulation and gain rainproof of the pesticide on the leaf surface. This effect is very useful in organic viticulture, because the often applied active ingredients like sulphur and copper have only a short effect time and these inorganic pesticides cannot move systemically in the plant tissue like synthetic pesticides. The problem is that side effects on non-target arthropods through surface-active agents is mostly unknown. Therefore, we tested through laboratory trials the possible effect through applications of surface-active agents on the predatory mite *Typhlodromus pyri*. The results showed overall no negative influence on predatory mites. Conclusive, predatory mite population will not be hampered by the tested surface-active agents in organic vineyards.

Danksagung

Unser Dank ergeht an Lina Weissengruber für die Pflege der Raubmilben Stammkultur sowie Valentina Gangl und Theresa Antonia Linz für die Durchführung der Versuche.
Diese Studie wurde finanziert durch das Forschungsprojekt SECBIVIT, finanziert durch 2017-2018 Belmont Forum und BiodivERsA, unter BiodivScen ERA-Net COFUND Programm mit den Förderungsorganisationen: Agencia Estatal de Investigación, Spanien; FWF, Österreich (I-4025-B32); BMBF, Deutschland; VDI/VDE-IT, Deutschland; ANR, Frankreich; NWO, Niederlande; National Science Foundation (#1850943); UEFISCDI, Rumänien.

Literatur

ABBOTT W S, 1925: A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomologie, 18, 265–267.
BLÜMEL S, BAKKER F M, BAIER B, BROWN K, CANDOLFI M P, GOßMANN A, GRIMM C, JÄCKEL B, NIENSTEDT K, SCHIRRA K J, UFER A, WALTERSDORFER A, 2000: Laboratory residual contact test with the predatory mite Typhlodromus pyri Scheuten (Acari: Phytoseiidae) for regulatory testing of plant protection products. In M. P. Candolfi, S. Blümel, R. Forster, F. M. Bakker, C. Grimm, S. A. Hassan, U. Heimbach, M. Mead, B. F. Reber, R. Schmuck, & H. Vogt (Eds.), Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods, 121–143.

BONAFOS R, SERRANO E, AUGER P, KREITER S, 2008: Resistance to deltamethrin, lambda-cyhalothrin and chlorpyriphos-ethyl in some populations of Typhlodromus pyri Scheuten and Amblyseius andersoni (Chant) (Acari:Phytoseiidae) from vineyards in the south-west of France. Crop Protection, 26(2), 169–172.
DUSO C, POZZEBON A, KREITER S, TIXIER M S, CANDOLFI M, 2012: Management of phytophagous mites in European vineyards. In N. J. Bostanian, C. Vincent, & R. Isaacs (Eds.), Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions, 1st ed., Springer Netherlands, 191-217.
EUROPEAN PARLIAMENT, COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION 2009: Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC, COD 2006/0136. EUR-Lex.
FISCHER-COLBRIE P, GROß M, HLUCHY M, HOFMANN U, PLEININGER S, STOLZ M, 2015: Atlas der Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge im Obst- und Weinbau. Leopold Stocker Verlag, Graz, Österreich.34-39.
HALLMANN J, QUADT-HALLMANN A, von TIEDEMANN A, 2008: Phytomedizin, 2., überarbeitete Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Deutschland, 234-388.
HASSAN S A, 1994: Activities of the IOBC/WPRS working Group "Pesticides and beneficial organisms. IOBC/WPRS Bulletin, Bulletin OILB/SROP, 17(10).
HELLE W, OVERMEER W P J, 1985: Rearing techniques. In W. Helle & M. W. Sabelis (Eds.), Spider mites. Their biology, natural enemies and control Volume 1A, Elsevier, Netherlands, 331-336.
MÖTH S, WALZER A, REDL M, PETROVIĆ, B, HOFFMANN C, WINTER S, 2021: Unexpected Effects of Local Management and Landscape Composition on Predatory Mites and Their Food Resources in Vineyards. Insects, 12(2), 180.
POTTER C, 1952. An improved apparatus for applying direct sprays and surface films with data on the lectrostatic charge on atomize spray fluids. Ann. Appl. Biol. 39, 1–28.

Adressen der Autoren

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Pflanzenschutz, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Österreich

[*] Ansprechpartner: DI Stefan Möth, stefan.moeth@boku.ac.at

Einfluss einzelner Komponenten auf die Leitfähigkeit von Destillaten

Influence of individual components on the conductivity of distillates

Cordula Klaffner* und Manfred Gössinger

Einleitung

Die Fähigkeit eines Materials elektrischen Strom zu leiten, wird als Leitfähigkeit σ bezeichnet. Sie gilt als wichtige Messgröße in vielen Bereichen wie im Trink- und Abwasserbereich, bei Herstellungsprozessen in der Industrie sowie in der Qualitätskontrolle oder Lebensmittelbranche. In einer Lösung wird die Gesamtionenkonzentration, bestehend aus Anionen und Kationen, die den elektrischen Strom leiten, gemessen. Die Leitfähigkeit ist der Kehrwert des spezifischen Widerstandes. Als spezifischer Widerstand gilt der Widerstand bezogen auf einen Würfel der Substanz mit einer Kantenlänge von einem Zentimeter und wird daher angegeben als Ω*cm. Daraus abgeleitet wird die Leitfähigkeit in µS/cm. Die Leitfähigkeit ist stark temperaturabhängig, deswegen beziehen sich die Ergebnisse auf eine Referenztemperatur von in der Regel 25°C. (Langner, 2017)
Reine alkoholische Lösungen weisen keine elektrische Leitfähigkeit auf. Da Destillate einen gewissen Anteil an Wasser beinhalten, ist die Fähigkeit der Konduktivität gegeben. Die in Ionen dissoziierten Inhaltsstoffe verleihen dem Wasser eine elektrische Leitfähigkeit. In organischen Molekülen sind delokalisierte Elektronen die Basis der Leitfähigkeit. In Metallen sind die locker gebundenen Elektronen für den Landungstransport verantwortlich. In Obstbränden finden sich eine Reihe von Substanzen die in ionischer Form vorhanden sein können, wie z.B. organische Säuren und aromatische Verbindungen (MAITLAND, 2000). Diese können zu einer spezifischen Leitfähigkeit eines Destillates führen. Die Leitfähigkeit einer Lösung kann mittels eines Leitfähigkeitsdetektors ermittelt werden. Die Messung der Leitfähigkeit wird als Hilfsmittel im Zuge der Erkennung des Nachlaufabtrennzeitpunktes (N-Punkt) bei der Destillation verwendet. (Donabaum, 2009; Liebminger et al., 2020)
Ziel des Laborversuches war es herauszufinden, welche Einzelkomponenten die Leitfähigkeit eines Destillates ansteigen lassen.

Material und Methoden

Versuchsaufbau: Je 50mL Apfelbrand (40,2%vol) (HBLAuBA für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, Österreich) bzw. 50mL verdünnter Ethylalkohol (40%vol) (Australco, Spillern, Österreich) wurden in 100mL-Schottflaschen abgefüllt, mit einem Rührknochen versehen und auf dem Magnetrührer (IKA topolino. IKA, Staufen, Deutschland) unter ständigem Rühren mit jeweils einer Komponente versetzt. Die Bestimmung der Leitfähigkeit erfolgte mithilfe eines Multiparameter Taschenmessgerätes (Multi 3620 IDS) und einer digitalen Leitfähigkeitsmesszelle für universelle Anwendungen (TetraCon 925) (WTW, Weilheim, Deutschland). Zehn Sekunden nach dem Zugeben der jeweiligen Komponente wurde der Wert abgelesen. Der Verbrauch wurde mit Microsoft Excel auf die Menge bei 100 ml Reinalkohol hochgerechnet.
Für den Vergleich des Alkoholgehaltes wurde der Apfelbrand mit Reinstwasser verdünnt (29%vol) bzw. mit Ethylalkohol verstärkt (50%vol und 60%vol).

Tabelle 1: **Komponenten für den Laborversuch**

Komponente	**Dichte [g/cm³]**
Essigsäure	1,05
Essigsäureethylester	0,89
2-Methyl-1-propanol	0,80
2-Methyl-1-butanol	0,82
3-Methyl-1-butanol	0,81
Propansäure	0,99
Butansäure	0,95

Isobutansäure	0,95
Pentansäure	0,93
Isopentansäure	0,93
Hexansäure	0,92
Octansäure	0,91
Milchsäureethylester	1,03
Octansäureethylester	0,87
Decansäureethylester	0,88
Dodecansäureethylester	0,86
Tetradecansäureethylester	0,86

Für die Komponente Schwefel wurde eine 10%ige Lösung aus KPS (Kaliumpyrosulfit, Sulfometa, Krems, Österreich) und Reinstwasser hergestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Einfluss des Mediums und verschiedener Komponenten:
Die Messung der Leitfähigkeit ergab beim Apfelbrand einen Wert von 120 µS/cm bei 22°C, der mit Reinstwasser eingestellte Ethylalkohol zeigte eine Leitfähigkeit von 1 µS/cm bei 23°C.
Die Zugabe der Fuselöle 2-Methyl-1-propanol, 2-Methyl-1-butanol und 3-Methyl-1-butanol ergab bei Ethylalkohol keine bzw. kaum Steigerungen der Leitfähigkeit. Beim Apfeldestillat zeigte sich bei Zugabe der drei Substanzen ein geringer Leitfähigkeitsabfall.
Der Zusatz von Essigsäureethylester, Octansäureethylester, Decansäureethylester, Dodecansäureethylester sowie Tetradecansäureethylester ergab sowohl beim Apfelbrand als auch beim Ethylalkohol keine Veränderung der Leitfähigkeit.
Die Zugabe von Essigsäure ergab bei beiden Destillaten eine Leitfähigkeitssteigerung. Für die Erhöhung der Leitfähigkeit um 10,5 µS/cm war bei Ethylalkohol eine berechnete Zugabe von 26,25 mg/100ml r. A. erforderlich, beim Apfeldestillat waren dazu 418 mg/100 ml r. A. nötig.
Die Zugabe von Propansäure, Butansäure, Isobutansäure, Pentansäure, Isopentansäure und Hexansäure führte beim Apfeldestillat zuerst zu einem Leitfähigkeitsabfall mit anschließendem Anstieg der Leitfähigkeit. Die Zugabe von Hexansäure und Octansäure bewirkte die Senkung der Leitfähigkeit beim Apfelbrand.
Beim Ethylalkohol führte die Zugabe von Propansäure, Butansäure, Isobutansäure, Pentansäure, Isopentansäure, Hexansäure, Octansäure und Milchsäureethylester zu einem Leitfähigkeitsanstieg.
Der Einsatz der KPS-Lösung zeigte bei beiden Proben einen Anstieg der Leitfähigkeit.
Einfluss des Alkoholgehaltes:
Der Einfluss des Alkoholgehaltes wurde bei Apfelbrand mit der Komponente Essigsäure ermittelt. Die Tabelle 2 zeigt die verwendeten Proben, die Leitfähigkeit der jeweiligen Ausgangsprobe und den berechneten Verbrauch an Essigsäure bei einem Anstieg der Leitfähigkeit um 10 µS/cm.

Tabelle 2: **Vergleich Einfluss des Alkoholgehaltes**

Probe	**Leitfähigkeit [µS/cm]**	**ber. Verbrauch Essigsäure [mg/100mL r. A.]**
Apfelbrand 29,0 %vol	110,6	217
Apfelbrand 40,2 %vol	120,0	392
Apfelbrand 50,0 %vol	87,9	546
Apfelbrand 60,0 %vol	64,7	910

Die Unterschiede in der Leitfähigkeit der Ausgangsproben lassen sich auf den Einfluss der Verdünnung mit Reinstwasser bzw. Ethylalkohol zurückführen. Die Messungen lassen vermuten, dass der Verbrauch an Essigsäure zur Steigerung der Leitfähigkeit um 10 µS/cm mit dem Gehalt an Alkohol steigt. Dies wurde erwartet, weil die Werte der Leitfähigkeit generell mit fallendem Alkoholgehalt steigen.

Einfluss der Temperatur auf die Leitfähigkeit:
Die Abbildung 1 bestätigt die Annahme, dass die Leitfähigkeit stark temperaturabhängig ist. Die Messung wurde mit Apfelbrand durchgeführt und Temperatur sowie Leitfähigkeit wurden automatisch aufgezeichnet. Obwohl sich die Angabe der Leitfähigkeit auf eine Referenztemperatur von 25°C bezieht zeigt dieses Beispiel, dass es notwendig ist, bei Messungen der Leitfähigkeit auch die Temperatur zu erfassen.

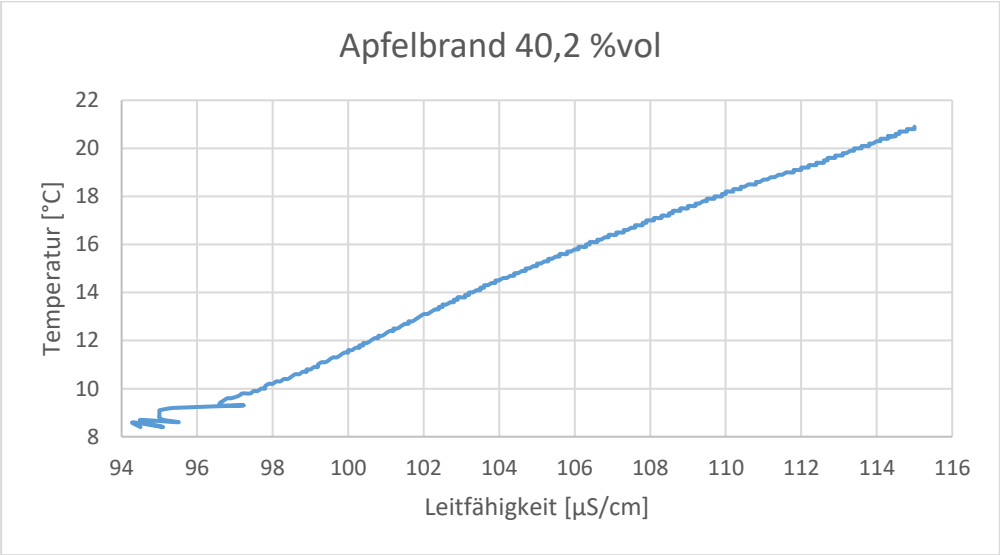


Abbildung 1: **Einfluss der Temperatur auf die Leitfähigkeit**

Zusammenfassung

Im Laborversuch zeigt sich, dass die Zugabe von Säuren einen unterschiedlichen Einfluss auf die Leitfähigkeit von Destillaten hat. Die Auswirkungen sind je nach Medium (Apfelbrand und Ethylalkohol) unterschiedlich. Der Alkoholgehalt hat ebenso einen Einfluss auf die Leitfähigkeit wie die Temperatur.

Abstract

Laboratory tests show that the addition of acids has a varying effect on the conductivity of distillates. The effects vary depending on the medium. The alcohol content has an influence on conductivity as well as temperature.

Literatur

DONABAUM C, 2009: Evaluierung chemischer und physikalischer Parameter zur Nachlaufabtrennung von Stein- und Kernobstdestillaten. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien
LANGNER S, 2017: Leitfähigkeit erklärt. https://info.hannainst.de/parameter/leitfaehigkeit-erklaert (zuletzt aufgerufen am 19.5.22)
LIEBMINGER A, HOLSTEIN M, DIETRICH V, GOESSINGER M 2020: Automated separation of tail fraction for fruit distillates by means of in- line conductivity measurement. *Int. J. Food Sci. Technol.* 55: 3484-3492. https://doi.org/10.1111/ijfs.14682
MAITLAND J, 2000: Organic Chemistry. W.W. Norton & Company, New York

Adressen der AutorInnen

HBLAuBA für Wein- und Obstbau, Abteilung Obstverarbeitung, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

[*] Ansprechpartnerin: Cordula Klaffner, BA, cordula.klaffner@weinobst.at

Einfluss der Obstart auf den Verlauf der Leitfähigkeit während der Destillation

Impact of the fruit on the conductivity profile during the distillation process

Manfred Gössinger*, Victoria Fischer und Andreas Schneider

Einleitung

Der Verlauf der Leitfähigkeit wird von vielen Faktoren (z.B.: Alkoholgehalt in Maische bzw. Raubrand, Aufheizzeit, Anzahl aktiver Böden, Dephlegmatortemperatur) beeinflusst (GÖSSINGER ET AL., 2021). Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass kurz-(C2-C5) bzw. langkettige (C6-C12) Fettsäuren die Leitfähigkeit unterschiedlich beeinflussen und damit auch die Qualität der Obstbrände mitbestimmen (LIEBMINGER ET AL., 2021A; LIEBMINGER ET AL., 2021B).
Bisherige Erfahrungen der Autoren lassen auch vermuten, dass die Obstart einen Einfluss auf den Verlauf der Leitfähigkeit während der Destillation haben könnte.
Ziel dieser Arbeit war es verschiedene Obstarten bei gleichen Bedingungen (Destillationseinstellungen am Brenngerät) zu destillieren und den Verlauf der Leitfähigkeit zu untersuchen. Dabei wurden zwei Brenngeräte unterschiedlicher Größe sowie Gleich- und Gegenstromverfahren miteinander verglichen.

Material und Methoden

Obst: Für die Untersuchungen wurde Kern- und Stein- und Beerenobst (Apfel, Williams Christ Birne, Quitte, Kirsche, Pfirsich, Marille, Mirabelle, Zwetschke, Kornelkirsche, Brombeere, Holunder, Mispel) vom Versuchsgut Haschhof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg in unterschiedlichen Mengen herangezogen.

Verarbeitung: Das Obst wurde nach guter Herstellungspraxis eingemaischt und mittels Zusatz von Reinzuchthefen (Oenoferm Freddo, Fa. Erbslöh, Deutschland) gekühlt (17-20 °C) vergoren. Die Destillation erfolgte mittels Brennereianlagen (50 L bzw. 150 L) mit Brennereisteuerung von CARL (Eislingen, Deutschland) der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg. Es wurden im Betrieb übliche Brennereisteuerungsparameter verwendet, nur die Dephlegmatortemperatur wurde variiert (62°C, 65°C, 72°C).

Leitfähigkeitsmessung: Die Bestimmung der Leitfähigkeit erfolgte mittels Handmessgerät (Multi 3620 IDS und einer Leitfähigkeits-Elektrode (TetraCon 925) (WTW, Weilheim, Deutschland)) bzw. Memosens CLS82D und Liquiline M CM42 (Endress + Hauser GmbH und Co.KG, Weil am Rhein, Deutschland). Die Messungen wurden entweder direkt nach dem Kühler in einem separaten Behälter (ca. 100-120 ml) bzw. in den Fraktionsfläschchen, mithilfe derer der Brand in 100 bzw. 200 ml Fraktionen aufgefangen wurde, innerhalb einer Stunde gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Verlauf der Leitfähigkeit während der Destillation: Die Werte der Leitfähigkeit der Destillatfraktionen variieren während der Destillation in Abhängigkeit der Obstarten, Brennereigröße und Destillationsverfahren. Betrachtet man alle Obstarten so konnte weder bei der Dephlegmatortemperatur, noch bei der Anlage und der Destillationsart ein signifikanter Effekt auf den Anfangspeak beobachtet werden. Detaillierte Ergebnisse sind in GÖSSINGER ET A., 2022 zusammengefasst.
Die unterschiedlichen Verläufe der Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Anlage bei 72°C Dephlegmatortemperatur sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Unterschiede ergeben sich auf Grund der unterschiedlich langen Aufheizzeit. Generell kann festgestellt werden, dass mit zunehmend schnellerer Aufheizzeit die Dephlegmatortemperatur für eine niedrigere Leitfähigkeit im Mittellauf an Bedeutung gewinnt. Besonders bei den Obstarten Quitte, Kirsche, Marille, Zwetschke, Pfirsich und Mirabelle wurden bei schnellerer Aufheizung z.T. deutlich höhere Leitfähigkeitswerte im Mittellauf gemessen. Es wird eine Mindestaufheizzeit von 50 min empfohlen. Bei den Obstarten Quitte, Marille und Zwetschke konnte mittels langsamerer Aufheizung der Leitfähigkeitswert im Mittellauf auf konstant niedrigem Niveau gehalten

werden. Generell scheint die Gleichstromdestillation, bedingt durch den höheren Alkoholgehalt im Raubrand vs. in der Maische für den optimalen Verlauf der Leitfähigkeit (stabiler Anstieg im Mittellauf) (Abbildung 2) besser geeignet zu sein.

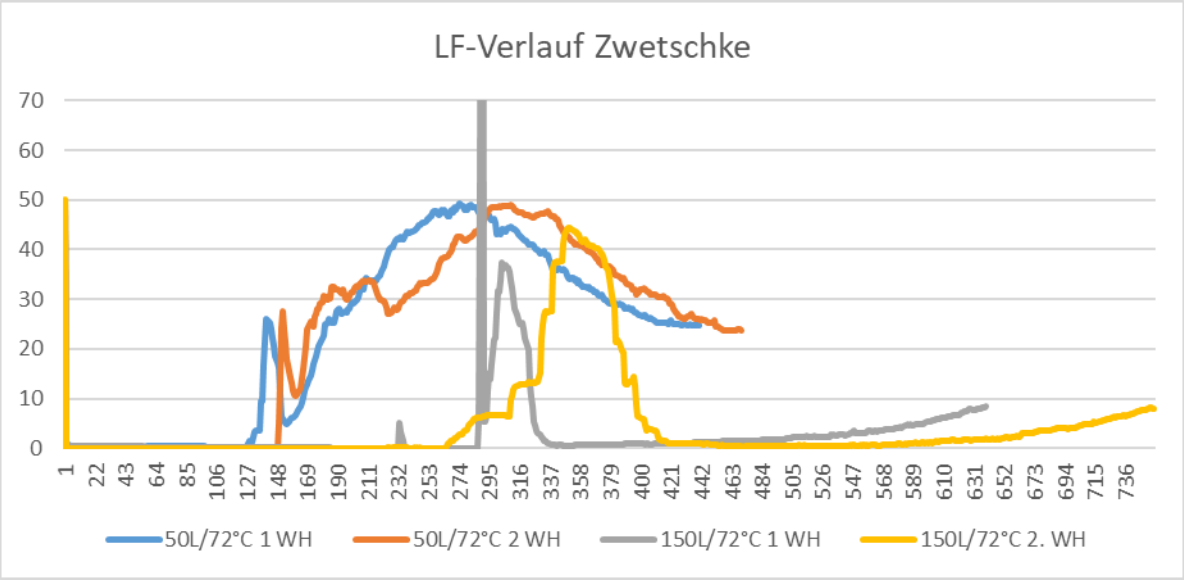


Abbildung 1: **Vergleich des LF-Verlaufes (µS/cm) bei den Anlagen bei Zwetschke, Dephlegmatortemperatur 72°C, Abszisse: Messpunkte der LF-Werte, Mittellauf-Bereich: blau: 215-265, rot: 215-290, grau: 340-450, gelb: 420-610**

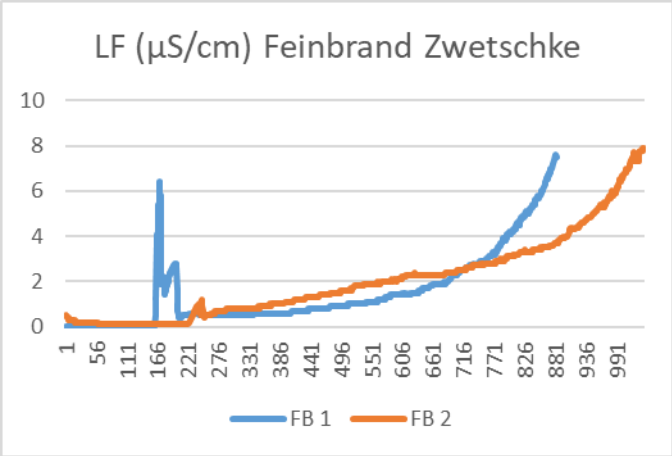


Abbildung 2: **LF-Verlauf (µS/cm) bei Feinbrand von Zwetschke (50L), Abszisse: Messpunkte der LF-Werte**

<u>Einfluss der Obstart:</u> Die Versuchsergebnisse zeigen, dass bei einigen Obstarten trotz gleichem Alkoholverlauf generell mit einem höheren Niveau der Leitfähigkeit gerechnet werden muss. Dies wird bei den Obstarten Quitte, Kirsche, Marille, Pfirsich und Zwetschke deutlich. Ein weiterer Grund für die unterschiedlichen Verläufe der Leitfähigkeit findet sich in der unterschiedlichen Anfangstemperatur der Maischen, ungleichmäßige Dampfversorgung und Festigkeit der Maische (Wassergehalt) in der Brennblase. Für eine reproduzierbare Destillation ist eine flüssige Maische (gutes Rührwerk) essentiell.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden 12 verschiedene Obstarten zum Teil mit gleichen Destillationsbedingungen (Brennereisteuerung) bzw. mit zwei unterschiedlichen Brennereianlagen (50 L, 150 L), Dephlegmatortemperaturen (62°C, 65°C, 72°C) und Destillationsverfahren (Gleichstrom vs. Gegenstromdestillation) destilliert. Es wurde dabei der Verlauf der Leitfähigkeit während der Destillation beobachtet.
Die Ergebnisse zeigen, dass der Verlauf der Leitfähigkeit nicht nur von der Obstart, sondern auch von der Aufheizzeit, Dephlegmatortemperatur und dem Destillationsverfahren abhängig ist. Es wird eine Mindestaufheizzeit von 50 Minuten empfohlen. Die alleinige Fokussierung auf gewisse Temperaturen und den Verlauf des Alkoholgehaltes reicht für einen reproduzierbaren Destillationsprozess auf Grund der unterschiedlichen Eigenschaften von Maischen (Zusammensetzung flüchtiger Substanzen) nicht aus. Die zusätzliche kontinuierliche Messung der LF wird als wichtiges Steuerungselement bei der Obstbrennerei empfohlen.

Abstract

In this study 12 fruits were distilled on equal conditions (distillation control) respectively with two still sizes (50 L vs. 150 L), different dephlegmator temperatures (62°C, 65°C, 72°C) and distillation methods (current vs. counter current distillation). The conductivity profile during the distillation process was measured.
Results show, that the conductivity profile depends not only on the fruit, but also on the heating-up stage, dephlegmator temperature and distillation method. A heating-up stage of at least 50 minutes is recommended. The single focus on some temperatures and alcohol profiles is not sufficient in order to distil reproducibly due to the different properties of mashes (congeners). The continuous measurement of the conductivity, in addition to the common systems is recommended as a very important regulation tool for fruit distillation.

Literatur

GÖSSINGER, M., SCHNEIDER, A., FISCHER, V., LIEBMINGER, A. UND KLAFFNER, C. (2021): Einfluss ausgewählter Destillationsparameter beim Aufheizen auf den Verlauf der Leitfähigkeit bei Apfelbrand. Mitteilungen Klosterneuburg 71: 314-323

GÖSSINGER, M., SCHNEIDER, A., FISCHER, V., LIEBMINGER, A. UND KLAFFNER, C. (2022): Untersuchungen zum Verlauf der Leitfähigkeit während der Destillation in Abhängigkeit der Obstart, Destillationsanlage, Dephlegmatortemperatur und Destillationsverfahren. Mitteilungen Klosterneuburg eingereicht

LIEBMINGER, A., PHILIPP, C., SARI, S, HOLSTEIN, M., DIETRICH, V., GOESSINGER, M. (2021A): In-line conductivity measurement to select the best distillation technique for improving the quality of apricot brandies. Eur Food Res Technol 247: 1987-1997, https://doi.org/10.1007/s00217-021-03766-2

LIEBMINGER, A., PHILIPP, C., SARI, S, HOLSTEIN, M., DIETRICH, V., GOESSINGER, M. (2021B): Monitoring of carboxylic acids by in-line conductivity measurement to determine optimum distillation strategy for distilling apple brandies. ACS Food Sci. Technol., 1, 2135 – 2143

Adressen der Autoren

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Abteilung Obstverarbeitung, Wienerstrasse 74, 3400 Klosterneuburg

[*] Ansprechpartner: Prof. HR DI Dr. Manfred Gössinger, manfred.goessinger@weinobst.at

Qualitätsmanagement in Obstbrennereien

Quality management in fruit distilleries

Cordula Klaffner* und Kathrin Rosker

Qualitätsmanagement wird lt. ISO 9000:2005 definiert als: *„aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich Qualität“*. Gemeint sind damit Maßnahmen, die in einem Betrieb gesetzt werden, um die Qualität von Prozessen und Produkten zu sichern und diese ständig zu verbessern. Ziel ist es u.a., die Gesundheit der KonsumentInnen zu schützen. Das Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (BGBl. I Nr. 13/2006) bestimmt, dass es verboten ist, Lebensmittel, die nicht sicher sind, d.h. gesundheitsschädlich oder für den menschlichen Verzehr ungeeignet oder verfälscht oder wertgemindert sind, ohne dass dieser Umstand deutlich und allgemein verständlich kenntlich gemacht ist, in Verkehr zu bringen.

Für die professionelle Einführung eines Qualitätsmanagements ist ein sogenanntes Qualitätsmanagementsystem hilfreich. Empfehlenswert für LebensmittelproduzentInnen sind Managementsysteme für die Lebensmittelsicherheit, wie z.B. FSSC22000 und IFS GM Food. Diese Systeme umfassen sämtliche Bereiche eines Betriebes, nicht nur die eigentliche Herstellung eines Produktes, sondern auch vor- und nachgelagerte Prozesse wie beispielsweise Einkauf und Lagerung der Rohware, Hygiene und Reinigung sowie Wartung der Maschinen. Sie beinhalten viele Anforderungen, die lebensmittelproduzierende Betriebe aufgrund geltender Gesetze bereits erfüllen müssen, z.B. die Rückverfolgbarkeit und die Erstellung eines HACCP-Konzepts.

Die Rückverfolgbarkeit ist in der Lebensmittelbasisverordnung (VO (EG) 178/2002) in Artikel 18 geregelt, sie ist in allen Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen sicherzustellen. Das bedeutet, dass jeder Produzent bzw. jede Produzentin wissen muss, wer die LieferantInnen und AbnehmerInnen sind, welche Rohstoffe, Zutaten und Verpackungsmaterialien verwendet wurden, wobei hier auch besonders die Chargenrückverfolgung zu beachten ist.

HACCP ist ein Konzept zur Herstellung von gesundheitlich unbedenklichen Lebensmitteln. Die Einrichtung, Durchführung und Aufrechterhaltung eines Verfahrens, das auf den HACCP-Grundsätzen beruht, ist in der Verordnung (EG) 852/2004 über Lebensmittelhygiene geregelt. Diese Grundsätze bedeuten im Wesentlichen, dass Gefahren, die vermieden, ausgeschaltet oder auf ein akzeptables Maß reduziert werden müssen, ermittelt werden. Es werden kritische Kontrollpunkte auf jenen Prozessstufen festgelegt, auf denen eine Kontrolle notwendig ist, um eine Gefahr zu vermeiden, auszuschalten oder auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Für diese kritischen Kontrollpunkte, anhand derer im Hinblick auf die Vermeidung, Ausschaltung oder Reduzierung ermittelter Gefahren zwischen akzeptablen und nicht akzeptablen Werten unterschieden wird, werden Grenzwerte festgelegt. Verfahren zur Überwachung werden festgelegt und durchgeführt. Für den Fall, dass die Überwachung zeigt, dass ein kritischer Kontrollpunkt nicht unter Kontrolle ist, werden Korrekturmaßnahmen festgelegt. Regelmäßig durchgeführte Verifizierungsverfahren werden festgelegt, um festzustellen, ob den Vorschriften aus den vorigen Punkten entsprochen wird. Als Nachweis über die Einhaltung der Vorschriften aus den vorigen Punkten müssen Dokumente und Aufzeichnungen geführt werden, die der Größe des Lebensmittelunternehmens angemessen sind.

Ein individuell erstelltes Eigenkontrollsystem, aufgebaut nach den HACCP-Grundsätzen, bietet die bestmögliche Sicherheit, alle Gesundheitsgefahren zu erfassen und diese Gefahren durch gezielte Prozess-Steuerung unter Kontrolle zu halten. In Kombination mit der guten Herstellungspraxis nach diesen Prinzipien ist eine Produktion unbedenklicher Lebensmittel bestmöglich sichergestellt.

Einige Beispiele für wichtige Punkte die Produktsicherheit und Qualität im Rahmen der Destillatherstellung beinträchtigen können, sind Fehlgeschmack und Fehlgärung durch faulige oder schmutzige Rohware, Bildung von Mikroorganismen durch schlechte Maischeführung, Austritt von Blausäure durch aufgebrochene Steine, Anbrennen der Maische durch zu dickflüssige Konsistenz oder fehlendes Rührwerk sowie Fehlgeschmack und/oder Gesundheitsgefährdung durch schlechte Abtrennung von Vor- bzw. Nachlauf. Ein wesentlicher Punkt ist auch die Alkoholbestimmung. Zur Einstellung des Mittellaufes auf Trinkstärke und der anschließenden Angabe des Alkoholgehaltes am Etikett muss genau gearbeitet werden. Die Alkoholbestimmung erfolgt über die Messung der Dichte des Alkohol-Wasser-Gemisches mit einer Senkwaage (Spindel) oder einem Handbiegeschwinger. Gezuckerte Brände oder Liköre müssen vor der Messung destilliert werden. Die Toleranz zwischen gemessenem und am Etikett

ausgewiesenen Alkoholgehalt ist lt. Lebensmittelinformationsverordnung (VO (EU) 1196/2011) mit höchstens ± 0,3 %vol festgelegt.
Weitere qualitätsrelevante Punkte sind die Vermeidung der unerwünschten Inhaltsstoffe Methanol, Blausäure und Ethylcarbamat:
Methanol: Methanol, der einfachste Alkohol, ist kein Gärungsnebenprodukt, sondern entsteht nach dem Einmaischen bei der Spaltung vom Pektin der Zellwände durch fruchteigene bzw. zugesetzte Enzyme. Ausschlaggebend ist hauptsächlich der Veresterungsgrad von Pektin, welcher aussagt, wie viel Methanolgruppen am Pektin zu finden sind. Problematisch sind daher Obstarten mit hochverestertem Pektin und hohem Pektingehalt in Kombination mit wenig Zucker. Um einen möglichst niedrigen Methanolgehalt zu erzielen, ist es ratsam, nur vollreife Früchte zum Einmaischen zu verwenden und dafür zu sorgen, dass die Maischen komplett durchgären, um einen höheren Ethanolgehalt zu gewährleisten. Die Maischen sollten möglichst rasch nach Gärende destilliert werden, da durch die Maischelagerung noch längere Zeit Methanol abgespalten wird. Ebenfalls wichtig ist die ausreichende Nachlaufabtrennung. Der erlaubte Höchstgehalt an Methanol in Obstbrand beträgt lt. VO (EU) 2019/787 grundsätzlich 1000 g/hl r. A., es gibt aber Ausnahmen mit 1200 g/hl r. A. (Äpfel, Marillen, Pflaumen, Zwetschken, Mirabellen, Pfirsiche, Birnen, Brombeeren und Himbeeren) und 1350 g/hl r. A. (Quitten, Wacholderbeeren, Williamsbirne, Schwarze und rote Johannisbeeren, Hagebutten, Holunder, Vogelbeeren, Speierling, Elsbeeren)
Blausäure: Die höchsten Gehalte an Blausäure sind in Steinobstkernen zu finden, der Gehalt variiert je nach Obstart, Kernanteil, Kernbeschaffenheit und Zerkleinerungsmethode. Ein Blausäuregehalt von 7 mg/hl r. A. darf lt. VO (EU) 2019/787 in Steinobstbränden nicht überschritten werden Um den Blausäuregehalt möglichst gering zu halten, sollte das Aufbrechen der Steine beim Einmaischen verhindert werden. Zusätzlich sind das rasche Abtrennen der Steine und die rasche Destillation nach Gärende sinnvoll. Während des Brennvorganges kann sich Blausäure an der Kupferoberfläche in Helm bzw. Verstärker binden.
Ethylcarbamat: Ethylcarbamat (EC) ist in vielen fermentierten Lebensmitteln enthalten, die höchsten Gehalte sind aber in Steinobstbränden mit hohem Blausäuregehalt zu finden. Während der Lagerung von Obstdestillaten entsteht unter Lichteinfluss durch den Umbau von Blausäure Ethylcarbamat. EC ist sensorisch nicht feststellbar, ist aber gesundheitlich bedenklich und wird als kanzerogen eingestuft. Wichtig ist daher eine lichtgeschützte Lagerung. Ein Höchstwert von Ethylcarbamat ist gesetzlich nicht geregelt. Die Empfehlung 2010/133/EU der Kommission vom 02.03.2010 beschreibt einen Verhaltenskodex zur Prävention und Reduzierung von Ethylcarbamat in Steinobstbränden und Steinobsttrester. Dieser Kodex empfiehlt den Einsatz bewährter Herstellungsverfahren (GMP) um den Ethylcarbamatgehalt gering zu halten. Das Ziel sei ein Ethycarbamatgehalt von 1 mg/l in trinkfertigen Spirituosen.
Für die Qualitätssicherung und zur Nachvollziehbarkeit sind ausführliche Produktionsaufzeichnungen von Bedeutung: Dokumentation der durchgeführten Prozessschritte sowie der Menge und Herkunft von Rohwaren, Verarbeitungshilfsstoffen und Verpackungsmaterialien; Aufzeichnungen der verwendeten Gebinde sowie der Menge des erhaltenen Produkts. Wichtig sind v.a. auch produktionsrelevante Parameter wie Zuckergradation der Rohware, pH-Wert, Alkoholgehalte, Einstellungen des Brenngerätes, Temperaturen, etc. Notwendig ist auch die Vergabe einer Chargennummer, welche am Etikett angegeben werden muss, um die Rückverfolgbarkeit sicherstellen zu können.
Für die Abfüllung von Spirituosen sind lt. Fertigpackungsverordnung (BGBl. Nr. 867/1993) im Füllmengenbereich zwischen 100 ml und 2000 ml ausschließlich die neun nachstehenden Nennfüllmengen zulässig: 100 — 200 — 350 — 500 — 700 — 1000 — 1500 — 1750 — 2000 ml.
Die Fertigpackungsverordnung betrifft Fertigpackungen mit konstanter einheitlicher Füllmenge von 5 g bis 10 kg bzw. 5 ml bis 10 l. Die tatsächliche Menge darf im Mittel nicht niedriger sein als die Nennfüllmenge. Für die Kontrolle und Dokumentation ist der/die InverkehrbringerIn verantwortlich. Die Kontrolle kann mithilfe von geeichten Waagen, Messkolben bzw. Messzylinder erfolgen oder durch die Verwendung von Maßbehältnisflaschen.
Ein wichtiger Punkt aus Sicht der Arbeitssicherheit ist die Beachtung des Explosionsschutzes in der Brennerei. Bei der Destillation von vergorenen Maischen, der Weiterverarbeitung der Destillate und der Lagerung ist überall dort mit Explosionsgefahren durch Alkoholdämpfe zu rechnen, wo eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre und eine wirksame Zündquelle zusammentreffen. Solange die untere Explosionsgrenze von Alkohol (67g/m³) dauerhaft unterschritten ist, wird auch trotz Anwesenheit einer Zündquelle keine Explosion auftreten. Das Hauptaugenmerk in Betrieben ist auf das Einschränken der

Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu richten. Soweit wie möglich geschlossene, technisch dichte Apparaturen und Anlagen sind Voraussetzung für die Verarbeitung von Alkohol und Alkohol/Wasser-Gemischen, da aus undichten Stellen Alkoholdämpfe austreten können, die die besagte gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können. Erforderliche Entlüftungen müssen in ungefährdete Bereiche führen. Zündquellen in Brennereien können heiße Oberflächen, Flammen und heiße Gase, mechanisch erzeugte Funken, elektrische Anlagen, statische Elektrizität und Blitzschlag sein. Ein Praxisleitfaden zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes für Brennereien und Spirituosenbetriebe wurde von der Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin in Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe erstellt (FSA und BGN, 2016)

Zusammenfassung

ProduzentInnen sind gesetzlich dazu verpflichtet, nur sichere Lebensmittel in Verkehr zu bringen. Einige Verfahren, die die Qualitätssicherung unterstützen sind gesetzlich vorgeschrieben, u.a. die Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit in allen Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen sowie die Einrichtung, Durchführung und Aufrechterhaltung eines Verfahrens, das auf den HACCP-Grundsätzen beruht. Kritische Punkte für die Produktsicherheit können u.a. die Rohware, das Einmaischen, die Gärung, die Maischestandzeit, die Einstellungen beim Brenngerät sowie die Abtrennung von Vor- und Nachlauf sein. Ein besonderes Augenmerk ist auf die Vermeidung der Bildung von Blausäure, Ethylcarbamat und Methanol zu legen. Ein wichtiger Punkt in der Gefahrenbewertung ist der Explosionsschutz. Wichtig für eine erfolgreiche Qualitätssicherung ist die ausführliche schriftliche Dokumentation.

Abstract

Producers are legally obliged to only place safe food on the market. Some procedures that support quality assurance are required by law. This includes ensuring traceability at all stages of production, processing and distribution, and establishing, implementing and maintaining a procedure based on HACCP principles. Critical points for product safety can include for example raw material, mashing, fermentation, mash time, distiller settings, and separation of head, heart and tail. Special attention must be paid to avoiding the formation of hydrocyanic acid, ethyl carbamate and methanol. An important point in the hazard assessment is explosion protection. Detailed written documentation is important for successful quality assurance.

Literatur

Bundesgesetz über Sicherheitsanforderungen und weitere Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände und kosmetische Mittel zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher (Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz – LMSVG), StF: BGBl. I Nr. 13/2006

DIN e.V. (Hrsg.) (DIN EN ISO 9000:2005, 2005): ISO 9000, Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe, Beuth-Verlag, Berlin, 2005

FSA und BGN, 2016: Praxisleitfaden zur Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes für Brennereien und Spirituosenbetriebe, FSA-Schriftenreihe Nr. F05-0501/05-08, https://www.fsa.de/fileadmin/user_upload/produkte/veroeffentlichungen/leitfaden_brennerei_2016_web.pdf (zuletzt aufgerufen am 16.5.22)

Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten betreffend Fertigpackungen (Fertigpackungsverordnung – FPVO 1993), StF: BGBl. Nr. 867/1993

VERORDNUNG (EG) Nr. 178/2002 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit

VERORDNUNG (EG) Nr. 852/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene

Adresse der Autorinnen

HBLAuBA für Wein- und Obstbau, Abteilung Obstverarbeitung, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

[*] Ansprechpartnerin: Cordula Klaffner, BA, cordula.klaffner@weinobst.at

Prüfmittelmanagement in Kleinbetrieben

Management of testing and measurement equipment in small processing plants

Cordula Klaffner* und Monika Graf

Das Prüfmittelmanagement ist Bestandteil des Qualitätsmanagements. Es hat die Aufgabe, die Qualität, Zuverlässigkeit, Einsatzfähigkeit und -bereitschaft der Prüfmittel in einem Unternehmen sicherzustellen und zu erhalten. Die Überwachung der Prüfmittel hat den Zweck, dass die eingesetzten Mittel zu jeder Zeit die geforderten Leistungen erbringen können. Somit ist das Prüfmittelmanagement eine Methode zur Erhöhung der Prozessfähigkeit. In lebensmittelverarbeitenden Betrieben sind Prüfmittel sind z.B. Thermometer, pH-Meter, Refraktometer und Waagen. Die Prüfmittelüberwachung ist unter anderem in der Qualitätsmanagementnorm ISO 9001 geregelt. Im Folgenden soll auf die Zertifizierung nach IFS GM Food näher eingegangen werden, ein Qualitätsmanagement Standard für kleine und aufgrund der Größe weniger entwickelte Unternehmen.
Für den Begriff Kleinbetriebe gibt es keine verbindliche Definition. Laut einer Empfehlung der EU-Kommission gibt es aber die vier Kategorien MitarbeiterInnenanzahl, Umsatz oder Bilanzsumme und Eigenständigkeit, die zur Einteilung herangezogen werden. Meist spielt die Anzahl der MitarbeiterInnen die vorherrschende Rolle. Bei Kleinstunternehmen spricht man von bis zu neun tätigen Personen, bei Kleinunternehmen sind es bis zu 49 Personen.

Das Ziel eines Prüfmittelmanagementsystems ist es, die Qualität der Messungen an Produkten und Prozessen zu gewährleisten. Einerseits muss die Qualität der Messprozesse sichergestellt werden, d.h. wie gut die Durchführung der Messungen zu bewerkstelligen ist, andererseits muss die Qualität der Prüfmittel überwacht werden, das heißt wie gut die Prüfmittel für die Messaufgabe geeignet sind. (NOWAK, o. J.)
Weitere Ziele des Prüfmittelmanagements sind die Vermeidung von Messabweichungen, die schnelle Erkennung von Fehlern und, wenn nötig, die Einleitung von Korrekturmaßnahmen. Zusätzliche Bestandteile des Prüfmittelmanagements sind die richtige Handhabung und Lagerung der Prüfmittel sowie die Auswertung und Lenkung der Qualitätsaufzeichnungen. (Helbig, 2021)

In einem Management für Lebensmittelsicherheit wie dem IFS GM Food ist geregelt, dass Mess- und Prüfmittel, welche für die Sicherstellung der Lebensmittelsicherheit und -qualität, sowie der Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften kritisch sind, zuverlässig sein müssen. Als Voraussetzung sollten die kritischen Lenkungspunkte im Produktionsprozess identifiziert werden, welche ein Lebensmittelsicherheitsproblem verursachen können. An den identifizierten Punkten soll mit geeigneten Geräten gemessen und überwacht werden. Diese Geräte sollten regelmäßig überprüft werden, um die Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Zum Beispiel sollten Zeit- und Temperaturkombinationen des Pasteurisationsprozesses reguliert werden. Der Lebensmittelhersteller muss sicherstellen, dass die Geräte zur Messung und Überwachung der Temperatur Zeit genau und zuverlässig sind. (IFS, 2017)

Für einen Betrieb bedeutet das, dass eine Liste aller Mess- und Überwachungsgeräte erstellt werden soll. Um die Qualität der Prüfmittel sicherzustellen, ist neben der eindeutigen Kennzeichnung auch die Definition der Anforderungen erforderlich.

Was ist eigentlich der Unterschied zwischen Kalibrierung, Justierung und Eichung?
Beim Kalibrieren wird die Abweichung des Messwertes vom vorgegebenen Sollwert ermittelt, ohne dass in das System eingegriffen wird. Unter Justierung wird die Einstellung des Messgerätes nach der Kalibrierung mit technischen Maßnahmen verstanden, so dass die geforderte Toleranz, wie beispielsweise die maximale Abweichung eingehalten oder wiederhergestellt wird. Bei einer Eichung handelt es sich um eine amtliche Überprüfung des Messgerätes, welche nur von staatlichen Eichämtern durchgeführt werden darf. (Jander und Jahr, 2003)

Folgende Fragen sind für ein Prüfmittelmanagement zu überlegen:

- Welche Prüfmittel gibt es? → Auflistung in einer Prüfmittelliste
- Welche Anforderungen werden an die Prüfmittel gestellt?
- Welches Prüfmittel ist wofür geeignet?
- Wie sind die Prüfmittel gekennzeichnet?
- Gibt es geeichte Geräte? → z.B. geeichte Waagen für Endprodukte
- Wie ist die Prüfmittelüberwachung organisiert? → Erstellung einer Verfahrensanweisung
- Werden die Prüfmittel regelmäßig kalibriert? → Nachweis im Kalibrierprotokoll
- Wer ist für die Kalibrierung verantwortlich? Wie wird kalibriert? → Erstellung einer Arbeitsanweisung
- Ist die Eichung aktuell? → Eichzertifikate

Nachfolgend ist das Prüfmittelmanagement im Verarbeitungsbetrieb der Abt. Obstverarbeitung der HBLAuBA Klosterneuburg dargestellt. Als Prüfmittel werden dort z.B. Thermometer für die Erfassung der Pasteurisationstemperatur und -zeit, Refraktometer für die Trockensubstanzbestimmung bei Konfitüren und Waagen für die Füllmengenkontrolle bei Konfitüren und Mus verwendet.

Prüfmittelüberwachung: Die Prüfmittelüberwachung ist in einer Verfahrensanweisung festgehalten.

Prüfmittelliste: Alle Prüfmittel sind in einer Liste, unterteilt in die Kategorien pH-Meter, Refraktometer, Thermometer und Waage eingetragen und nummeriert. Sobald ein neues Prüfmittel aufgenommen oder ausgeschieden wird, erhält das Dokument eine neue Versionsnummer.

Arbeitsanweisungen: Für jedes Prüfmittel wurde eine Arbeitsanweisung erstellt. Darin sind der Zweck und Anwendungsbereich, die Durchführung der Messung bzw. Wartung, Kalibration und Justierung sowie die Zuständigkeiten geregelt.

Stammblätter: Für jedes Prüfmittel wurde ein eigenes Stammblatt erstellt. Es beinhaltet Gerätebezeichnung, Hersteller, Modell, Gerätenummer, Messdimension, Messbereich, Lieferant, Service, Standort, Anschaffungsjahr und Inventarnummer.

Kalibrierlisten: Die Kalibrierungen werden für jedes Prüfmittel in einer eigenen Liste festgehalten und mit Datum und Unterschrift bestätigt.

Messmittelkarten: Unterteilt in Datum, Anlass, Maßnahme und Unterschrift werden hier Maßnahmen, wie z.B. Reparaturen vermerkt.

Temperaturaufzeichnungen: Die Temperaturen in den Kühl- und Gefrierräumen werden mittels Temperaturlogger erfasst und können am PC ausgelesen werden. Zusätzlich erfolgt die Kontrolle der Temperaturen in den Kühl- und Gefrierräumen werktags durch die MitarbeiterInnen. Die Kontrolle wird in einer Liste bestätigt. Die Temperaturen beim Pasteurisationsvorgang im Berieselungspasteur werden mithilfe einer speziellen Software überwacht und aufgezeichnet.

Eichung: Für Messgeräte zur Bestimmung der Masse einschließlich der Gewichtsstücke und Zählwaagen und Messgeräten für die Temperatur ist lt. Maß- und Eichgesetz alle zwei Jahre eine Eichung notwendig. Wer ein eichpflichtiges Messgerät verwendet oder bereithält, ist dafür verantwortlich, dass das Messgerät geeicht ist. Die Eichung wird durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen bzw. durch die ihm nachgeordneten Eichämter durchgeführt.

Kennzeichnung der Prüfmittel: Jedes Prüfmittel ist mit einem Aufkleber versehen und somit eindeutig zuordenbar. Prüfmittel, die aus dem System ausscheiden, werden ebenfalls gekennzeichnet.

Beschaffung von Prüfmitteln: Die Auswahl und Beschaffung neuer Prüfmittel erfolgt durch das HACCP-Team. Beachtet werden dabei bestimmte Kriterien wie Genauigkeit, Einsatzgebiet, Preis, Eignung und Qualitätsrelevanz.

Schulung: Jede Mitarbeiterin bzw. jeder Mitarbeiter wird für den zweckmäßigen Einsatz eines Prüfmittels geschult, sobald sich ein Prozess oder Prüfmittel ändert, ist eine Aktualisierung der Schulung notwendig.

Zusammenfassung

Ein Prüfmittelmanagement hat die Aufgabe, die Qualität der Messungen an Produkten und Prozessen zu gewährleisten. Die Qualität der Messprozesse muss sichergestellt und die Qualität der Prüfmittel überwacht werden. Die Erstellung einer Prüfmittelliste, eine eindeutige Kennzeichnung der Prüfmittel und die regelmäßige Kalibrierung bzw. Eichung haben einen wichtigen Stellenwert. Zusätzlich ist es sinnvoll, für jedes Prüfmittel eine Arbeitsanweisung zu erfassen und die MitarbeiterInnen in der Handhabung zu schulen.

Abstract

The goal of the management of testing and measurement equipment is to ensure the quality of measurements on products and processes. The quality of the measurement processes must be guaranteed and the quality of the testing equipment must be monitored. It is very important to create a list of testing and measurement equipment, clearly label the equipment and regulary calibrate or verificate. In addition, it makes sense to record a work instruction for each piece of testing and measurement equipment and to train the employees in its handling.

Literatur

Bundesgesetz vom 5. Juli 1950 über das Maß- und Eichwesen (Maß- und Eichgesetz – MEG) StF: BGBl. Nr. 152/1950

HELBIG W, 2021: Praxiswissen in der Messtechnik. Arbeitsbuch für Techniker, Ingenieure und Studenten. Springer Vieweg. Wiesbaden. Deutschland.

DIN e.V. (Hrsg.) (DIN EN ISO 9001:2015-11, 2015): Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe, Beuth-Verlag, Berlin, 2015

EMPFEHLUNG DER KOMMISSION vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen (2003/361/EG)

IFS, 2017: IFS Global Markets – Food Version 2 Guidline. https://www.ifs-certification.com/images/standards/ifs_gm_food/documents/IFS_GM_Food2_GL_dt_web.pdf (zuletzt aufgerufen am 17.5.22)

JANDER G, JAHR K (2003): Maßanalyse. 16. Auflage. De Gruyter. Berlin.

NOWAK A, o. J.: Prüfmittelmanagement und Kalibrierung (Teil 1), https://www.qz-online.de/a/article/article-316751 (zuletzt aufgerufen am 17.5.22)

Adresse der Autorinnen

HBLAuBA für Wein- und Obstbau, Abteilung Obstverarbeitung, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

[*] Ansprechpartnerin: Cordula Klaffner, BA, cordula.klaffner@weinobst.at

Der Einfluss der Nachreifebedingungen auf die sensorischen Eigenschaften von tropischen Früchten am Beispiel von Mangos (Mangifera indica L.)

The impact of postharvest ripening conditions on the flavor of tropical fruits at the example of mango (Mangifera indica L.)

Barbara Siegmund

Einleitung

Der Konsum von exotischen Früchten hat in den letzten zwei Jahrzehnten signifikant zugenommen. Mangos (*Mangifera indica* L.) zählen zu dieser Gruppe an exotischen Früchten, die sich mittlerweile auch am österreichischen Markt etabliert haben. Die weltweite Mangoproduktion hat zwischen 2007 und 2017 um 45% zugenommen (FAO, 2019). Mit einem jährlichen pro Kopf Verbrauch von ca. 0,4 kg ist die durchschnittlich konsumierte Menge in Österreich allerdings noch auf einem niedrigen Niveau (De Schutter & Bruckner, 2016). Das Angebot an Mangosorten ist in Mitteleuropa nach wie vor stark limitiert und beschränkt sich auf die Sorten Kent, Keitt, Palmer und Tommy Atkins.

Wie viele andere exotische Früchte zählen Mangos zur Gruppe der klimakterischen Früchte. Das bringt mit sich, dass die Früchte üblicherweise im grünen, unreifen Zustand geerntet und auf dem Seeweg nach Europa transportiert werden. Die Mangos müssen anschließend vor Ort nachgereift werden, um das typische exotische Fruchtaroma zu entwickeln. Wie bei allen klimakterischen Früchten sind die Bedingungen während des Nachreifeprozesses kritisch für die Qualität des Endproduktes. Die damit assoziierte Genexpression spielt für die Ausbildung des Aromas, die Bildung von Farbpigmenten als auch für die Entwicklung der Textur eine große Rolle. Im Zuge dieser Studie wurde der Einfluss der Nachreifebedingungen auf die Entwicklung der Mangosorte Kent untersucht, wobei der Fokus auf die Bildung der flüchtigen und aromaaktiven Substanzen gelegt wurde. Der Atmungsprozess der Früchte spielt dabei eine signifikante Rolle. Unterschiedliche Anordnungen der Mangoboxen in den Nachreifekammern führt zu einer unterschiedlichen Belüftung der Früchte und damit zu unterschiedlichen Mengen an verfügbarem Sauerstoff für die Fruchtatmung. Mit gaschromatographischen sowie sensorischen Methoden untersuchten wir, welchen Einfluss unterschiedliche Anordnungen der Früchte auf die Ausbildung der flüchtigen Verbindungen („Aromastoffe“) sowie die gesamten sensorischen Eigenschaften hat.

Material und Methoden

Mangos der Sorte Kent wurden in unreifem Zustand in Peru geerntet und auf dem Seeweg nach Europa transportiert. Die Nachreifung der Früchte erfolgte in Graz bei einem Obstgroßhändler. Die Früchte wiesen eine homogene Größe (0,453 ± 0,01 kg) und einen einheitlichen Reifegrad auf. 2436 Mangos wurden in der Nachreifekammer in unterschiedlicher Dichte der Früchte eingelagert, um eine unterschiedliche Ventilation und Sauerstoffzufuhr zu gewährleisten: (i) konventionelle Stapelung der Mango-Boxen (21 Lagen mit 3*4 Boxen), (ii) experimentelle Lagerung mit 3 Lagen zu je 2*3 Boxen. Der Nachreifeprozess dauerte 78 h bei 20°C und 95% relativer Luftfeuchtigkeit. Referenzfrüchte wurden bei 12°C und unter Entfernung des gebildeten Ethylens gelagert, um diese Früchte am Nachreifen zu hindern.

Um den Einfluss der unterschiedlichen Bedingungen zu evaluieren, wurden folgende Analysen durchgeführt: (i) Bestimmung der Basisparameter Gesamtzuckergehalt, Festigkeit und Reifegrad; (ii) flüchtige Verbindungen („Aromastoffe“) mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) nach Anreicherung der flüchtigen Verbindungen mittels Solid Phase Microextraction aus dem Gasraum über der Probe (HS-SPME) mit anschließender Trennung der Analyten auf einer GC-Säule mit semipolarer stationärer Phase; die Identifizierung der Verbindungen erfolgte über deren Massenspektren und den linear-temperatur programmierten Retentionsindizes; (iii) sensorische Beurteilung der Mangos durch geschulte Prüfpersonen unter Einsatz des sog. „Open-ended Questioning“. Die Korrelation der Daten erfolgte unter Einsatz von multivariaten statistischen Verfahren (Hauptkomponentenanalyse, PCA). Details zu den eingesetzten Methoden sind Lehner & Siegmund, 2020 zu entnehmen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Entwicklung der Mangos von einer unreifen Frucht zu einer aromatischen Frucht mit entsprechenden Textureigenschaften signifikant von den Nachreifebedingungen abhängt. Bei klimakterischen Früchten wie Mangos kommt es während der Nachreifung zu einem steilen Anstieg der Atmungsgeschwindigkeit. Nachdem bei der Atmung von Früchten Kohlenhydrate unter Sauerstoffverbrauch verstoffwechselt werden unter der Bildung von CO_2 und Wasser, spielt die Ventilation in den Nachreifekammern – und damit die Versorgung der Früchte mit Sauerstoff sowie der Abtransport von CO_2 aus der Umgebung der Früchte – eine wesentliche Rolle für die damit gekoppelten Stoffwechselprozesse.
Eine Gesamtzahl von 62 flüchtigen Verbindungen wurde im Mangoaroma identifiziert; deren Konzentrationsverläufe wurden über den Nachreifeprozess verfolgt. Terpene spielen für die Ausbildung des Mangoaromas generell eine große Rolle. Interessanterweise waren keine großen Unterschiede in den Terpenkonzentrationen in Abhängigkeit des Reifegrads der Früchte zu verzeichnen, was darauf hindeutet, dass die Terpenbiosynthese in einem sehr frühen Entwicklungsstadium der Früchte erfolgt. Nichtsdestotrotz scheint eine schlechte Sauerstoffversorgung der Früchte zu einem verstärkten Terpenabbau in den Früchten zu führen. β-Oxidation und die damit verbundene Biosynthese von Estern spielt in vielen Obstsorten eine große Rolle, da die gebildeten Fruchtester das Aroma der Früchte stark beeinflussen. Mangos im Allgemeinen sind eher arm an Estern; dieser Sachverhalt konnte auch in dieser Studie bestätigt werden. Anders ist die Lage in Hinblick auf Verbindungen, die aus dem LOX (Lipoxygenase) Bildungsweg stammen. Die über diesen Bildungsweg gebildeten Carbonylverbindungen (das sind vorrangig gesättigte und ungesättigte Aldehyde und Ketone) spielen eine wesentliche Rolle für die Ausbildung des Mangoaromas. Wir konnten zeigen, dass eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Früchte notwendig ist, um die Verbindungen dieser Substanzklasse auszubilden. Mangos, die dicht gepackt gelagert wurden, zeigten signifikant geringere Konzentrationen an LOX Reaktionsprodukten am Ende des Nachreifeprozesses. Dadurch dass es sich beim LOX Prozess um enzymatisch katalysierte Oxidationsprozesse handelt, ist dieses Verhalten auch einfach zu erklären. Details zu den Konzentrationsverläufen der unterschiedlichen Verbindungen sind Lehner & Siegmund, 2020 zu entnehmen.

Abbildung 1 zeigt einen Biplot als Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse, bei der die relativen Konzentrationen der Aromastoffe sowie die sensorischen Eigenschaften mit den Positionen der Früchte in der Nachreifekammer korreliert wurden. Diese Darstellung zeigt sehr hohe Korrelationen zwischen den Aromastoffen und den typischen Mangoaromen wie „fruchtig“, „Mangoaroma“, „süß“; auch die typische weiche und faserige Textur zeigt hohe Korrelation mit diesen Reifeattributen und Aromastoffen. Diese Abbildung zeigt weiters, dass die erwünschte Reife der Früchte nur bei den Mangos erreicht werden konnte, die unter ausreichender Ventilation nachgereift wurden. Früchte, die sehr dicht gepackt lagen, konnten nicht entsprechend nachreifen und blieben fest, sauer und zeigten keine sensorischen Attribute, die mit genussreifen Früchten assoziiert werden. Es besteht auch keine Korrelation der Früchte von diesen Positionen mit den flüchtigen Verbindungen, die für die Ausbildung des Mangoaromas verantwortlich gemacht werden.

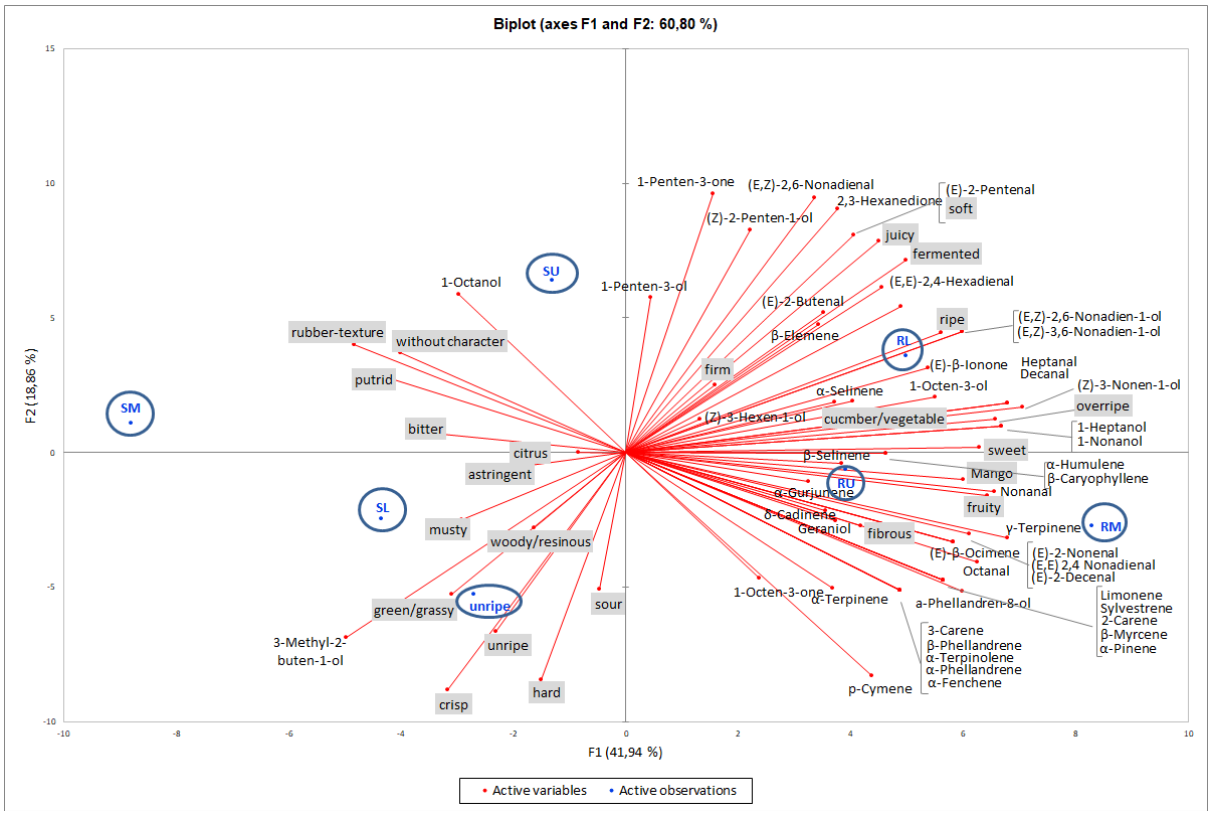


Abbildung 1: **Hauptkomponentenanalyse (PCA, PC1 vs PC2, biplot, Spearman Korrelation), die die Korrelation der sensorischen Eigenschaften, der relativen Konzentrationen der flüchtigen Verbindungen (Aromastoffe) mit der Position der Früchte in der Reifekammer zeigt. SU/SM/SL konventionelle (dichte) Stapelung der Früchte („SU“ stack upper level, „SM“ stack medium level, „SU“ lower level) RU/RM/RL experimentelle Lagerung der Früchte („RU“ rack upper level, „RM“ rack medium level, „RL“ rack lower level); Quelle: Lehner & Siegmund, 2020**

Zusammenfassung

Das Nachreifeverhalten von Mangos in Abhängigkeit der Anordnung der Früchte in den Nachreifekammern war Gegenstand dieser Studie. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Anordnung der Früchte und die damit verbundene Sauerstoffversorgung signifikanten Einfluss auf das Nachreifeverhalten von Mangos hat. Eine dichte Anordnung der Früchte führte zu einem verstärkten Terpenabbau, einer geringeren Ausbildung von Verbindungen aus dem LOX Bildungsweg verbunden mit schwächer ausgebildetem fruchtigen und mango-typischem Aroma. Die Hauptkomponentenanalyse basierend auf den flüchtigen Verbindungen und den sensorischen Eigenschaften zeigte eine hohe Korrelation mit der Position der Mangos in der Reifekammer. Diese Daten zeigen, dass dem Nachreifeprozess hohe Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, um Früchte mit entsprechender Qualität auf den Markt bringen zu können.

Abstract

Postharvest ripening of mangos depending on the arrangement of the fruits in postharvest ripening chambers was in the focus of this investigation. The results of this study show that the arrangement and, thus, the oxygen supply of the fruits significantly impact the postharvest behaviour of the mangos. A dense arrangement of the fruits leads to a significantly increased terpene degradation and a reduced formation of compounds derived from the LOX formation pathway leading to a less pronounced mango-specific flavor of the fruits. With the use of multivariate statistical data analysis (PCA) we showed high correlations of the volatile compounds (‘aroma compounds’), the sensory properties and the position of the fruits in the postharvest ripening chamber. These data show that the postharvest ripening procedure requires high attention in order to bring mangos of high quality on the shelves of the local supermarkets.

Literatur

De Schutter L., & Bruckner, M. (2016). Food Consumption, Land Use & Land Use Change Emissions, Second study on environmental effects of Austria's food consumption, published by WWF Austria & Vienna University of Economics and Business.
FAO. (2019). Mango production worldwide from 2000 to 2017 (in million metric tons). Statista. Statista Inc. Accessed: November 18, 2019. https://www.statista.com/statistics/ 577951/world-mango-production/
LEHNER T.B., SIEGMUND B. 2020, The impact of ventilation during postharvest ripening on the development of flavour compounds and sensory quality of mangoes (Mangifera indica L.) cv. Kent, Food Chemistry, 32, 126608, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126608

Adressen der Autoren

Technische Universität Graz, Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie, Stremayrgasse 9/II, 8010 Graz

Danksagung:

Die Experimente zu dieser Studie wurden von Thomas Lehner, BSc. MSc. im Zuge seiner Masterarbeit durchgeführt. Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit mit Agnello-Obst Gemüse Südfrüchte Ghdl GmbH sowie für deren finanzielle Unterstützung. Dank geht an das Sensorikteam der TU Graz. Die Autoren bedanken sich weiters bei Compusense, Guelph, Canada für die Möglichkeit, Mitglied im Compusense Academic Consortium zu sein.

Wie man mit Aromaanalysen Ernte- und Lagerbedingungen von heimischem Obst und Gemüse evaluieren kann

How Flavour Chemistry can Help Evaluate Harvest and Storage Conditions of Domestic Fruits and Vegetables

Niklas Pontesegger[1*], Thomas Rühmer[2] und Barbara Siegmund[1]

Einleitung

In Österreich werden jährlich weit über 250.000 t Obst produziert, davon sind fast vier Fünftel Äpfel (Statistik Austria 2021). Knapp 22% der heimischen Äpfel werden nach Bio-Standards produziert. Damit hat Österreich nicht nur die höchste Bioquote der EU, sondern jeder zehnte EU-Bio-Apfel wird hier geerntet (Land schafft Leben, 2022). Äpfel werden also in großen Mengen in Österreich produziert und spielen sowohl wirtschaftlich als auch als auch in der Ernährung eine große Rolle.
In den letzten Jahren wurden immer mehr verschiedene Apfelsorten kultiviert. Darunter fallen nicht nur „alte“ Sorten wie Kronprinz Rudolf oder Maschanzker, sondern auch relativ junge Sorten wie Topaz oder Crimson Crisp. Sorten wie Gala oder Golden Delicious wurden über viele Jahrzehnte im großen Maßstab angebaut. Daher ist bei diesen Sorten schon sehr viel über Produktion, Ernte und Lagerung bekannt. Bei Sorten, die seltener kultiviert werden, greift man hingegen öfter auf bekannte Kenngrößen und Erfahrungswerte anderer Sorten zurück. Gerade der Erntezeitpunkt hat einen großen Einfluss auf die Apfelqualität und ist auch relativ leicht zu adaptieren.
Aus einer Sortencharakterisierung der Schorf-resistenten Apfelsorte Crimson Crisp geht hervor, dass die Sorte ihre Qualität am Baum für 4 Wochen halten kann (JANICK et al. 2006). Das legt nahe, dass das Erntefenster für diese Sorte sehr breit gesteckt ist und innerhalb dieser Zeit keine großen Veränderungen der Früchte zu erwarten sind. Wenn man aber Studien zur Bildung von flüchtigen Aromastoffen in Äpfel ansieht, gibt es hier von Woche zu Woche oft sehr große Konzentrationsänderungen (LARA et al. 2008). Daher haben wir uns dazu entschieden, die Sorte Crimson Crisp genauer zu untersuchen und neben Basisparametern wie Fruchtgröße, Zucker- und Säuregehalt, Stärkeabbau und Fruchtfleischfestigkeit auch die verschiedenen flüchtigen Verbindungen einzubeziehen.
Der Crimson Crisp Apfel könnte auf Grund seiner Schorfrestistenz eine der zukünftigen Biosorten in Österreich werden, da er sich durch seine attraktive rote Farbe, seinen festen Biss und sein ausgezeichnetes Aroma von den herkömmlichen Biosorten abhebt.

Material und Methoden

Probenmaterial: Die Crimson Crisp Äpfel stammen aus der Bioversuchsplantage des Referats Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg des Land Steiermark. Zwischen 5. August 2020 (104 Tage nach der vollen Blüte, kurz dafb) und dem 28. Oktober 2020 (188 dafb) wurden in wöchentlichen Abständen je ca. 30 makellose Früchte geerntet. Um die Lagerfähigkeit von sehr reifen Äpfeln zu testen wurden am 4. Oktober 2020 je 40 Früchte unter unterschiedlichen Lagerbedingungen eingelagert. Die Früchte wurden dafür in ein reguläres Kühllager, ein CA-Lager und ein CA-Lager mit SmartFresh™-Anwendung überführt und am 23. April 2021 (201 Lagertage) wieder entnommen.
Die frischen Proben wurden nach einer Nacht bei Raumtemperatur für die Analysen verarbeitet, während die gelagerten Äpfel erst nach 7 Tagen bei Raumtemperatur weiteruntersucht wurden.
Basisparameter: Das Fruchtgewicht wurde für 10 Früchte mit einer Analysenwaage (Kern, d=0,1g) bestimmt. Der Stärkeindex wurde nach Streif mit einer Lugol´schen Lösung (Carl Roth, Deutschland) bestimmt und anhand der Färbung von 1-10 eingeteilt. Die Festigkeit wurde mit der Pimprinelle II (Umweltanalytische Produkte, Deutschland) bestimmt. Aus zehn Früchten wurde mit einer Zentrifugenpresse (Philips, Österreich) frischer Apfelsaft hergestellt. Nach ca. 30 min an der Luft und bei Raumtemperatur wurde der Saft bis zur Analyse bei -25 °C tiefgefroren. Der Zuckergehalt der Früchte wurde anhand des Safts mit einem Refraktometer (Hanna Instruments, Deutschland) bestimmt. Mithilfe eines Autotitrators (Metrohm, Deutschland) wurden weiters der Säuregehalt und pH-Wert mittels einer potentiometrischen Equivalenzpunkttitration untersucht.

Flüchtige Verbindungen: Die flüchtigen Verbindungen und Aromastoffe wurden mithilfe der Gaschromatographie-Massenspektroskopie untersucht. Hierzu wurden 100 µL Apfelsaft, 100 mg NaCl und 25 ng 2-Octanol absolut (interner Standard in MeOH) in 20 mL Headspacevials gefüllt und mittels Solid Phase Micro Extraction (kurz HS-SPME, eingesetzt Faser 2 cm stable flex, CAR®/DVB/PDMS) extrahiert. Kombiniert wurde die GC-MS (Shimadzu GCMS-QP 2010 Plus, Shimadzu Europa GmbH) mit einer semi-polaren Säule (Rxi® 5 ms, 30 m × 0.25 mm × 1 µm, Restek Corporation, USA). Das Temperaturprogramm für die Messungen startet mit -10 °C für 1 min, danach wird mit einem linearen Temperaturanstieg von 8 °C/min bis 270 °C aufgeheizt und diese Temperatur für 1 min gehalten. Die Injektion wird splitlose für 1 min bei 270 °C Injektortemperatur durchgeführt, das Massenspektrometer agiert im Modus Massenscan (35-350 m/z, EI (70 eV), Interface 280 °C, Ionenquelle 200°C). Die Identifizierung der Analyten erfolgte über die Berechnung der linear-temperatur programmierten Retentionsindizes und Vergleich mit Daten aus Datenbanken, Vergleich der generierten Massenspektren mit denen aus MS Bibliotheken von authentische Referenzverbindungen.

Ergebnisse und Diskussion

Basisparamter: Bei den Basisparametern sind meist lineare Veränderungen während des Heranreifen der Crimson Crisp Früchte zu beobachten (Tabelle 1). Das Gewicht der Früchte steigt kontinuierlich von knapp über 120 g zu Beginn der Ernte auf über 220 g pro Apfel am Ende der Probenahme. Die Stärke im Apfel wird kontinuierlich abgebaut, zu Beginn liegt dieser Wert noch bei 1,6. Der höchste Wert der Skala (10) wird beim letzten Erntetermin beobachtet, da hier keine Reste von Stärke mehr festzustellen sind. Der Zuckergehalt im Saft steigt um knapp 40% von 10,0° Brix zu Beginn auf 14,1° Brix an. Die Festigkeit des Fruchtfleischs sinkt mitzunehmender Reife der Früchte, weist mit 8,02 kg/cm^2 aber immer noch vergleichsreife hohe Werte für hochreife Früchte auf im Vergleich zu anderen Sorten. Der Säuregehalt im Apfelsaft nimmt auch stetig ab. Hier ist ein größerer Sprung zwischen 139 und 146 dafb zu beobachten, wo die die titrierbare Säure um ca. 25% sinkt. Solche Ergebnisse, wie auch die zu beobachtbaren Schwankungen vor allem bei den ersten drei Probenahmen können aber auch auf die natürliche Variabilität von Naturprodukten zurückzuführen sein. Der Reifeindex nach Streif ist eine Hilfestellung für Apfelproduzenten. Er kombiniert die Messwerte von Festigkeit (F), Zuckergehalt (R) und Stärkeabbau (S) und dient als Hilfe bei der Bestimmung des richtigen Erntefensters und hilf bei der Vergleichbarkeit von Daten verschiedener Jahre.

Tabelle 1: **Gewicht [g], Stärkewert, Zuckergehalt [°Brix], Festigkeit [kg/cm^2], pH-Wert [ ], titrierbare Säure [g/L Apfelsäureequialente.]und der F/RS Reifeindex nach Streif [ ] der Crimson Crisp Äpfel in den Reifestadien von 104 – 188 dafb**

dafb	*Gewicht [g]*	*Stärke-wert [1-10]*	*Zucker-gehalt [° Brix]*	*Festigkeit [kg/cm^2]*	*pH*	*Titrierbare Säure [g/L Apfelsäure-equiv.]*	*F/RS*
104	*128,2*	*1,6*	*10,0*	*11,4*	*3,11*	*10,6*	*0,72*
111	*125,1*	*2,0*	*10,0*	*10,6*	*3,06*	*8,47*	*0,53*
118	*135,9*	*2,0*	*10,9*	*10,7*	*3,11*	*10,1*	*0,49*
125	*154,6*	*2,8*	*11,6*	*10,3*	*3,17*	*8,93*	*0,32*
132	*178,3*	*3,4*	*11,1*	*9,58*	*3,16*	*8,26*	*0,25*
139	*181,2*	*6,0*	*12,5*	*8,81*	*3,18*	*8,11*	*0,12*
146	*193,6*	*7,2*	*12,8*	*9,24*	*3,32*	*6,03*	*0,10*
153	*205,5*	*7,8*	*13,7*	*8,51*	*3,30*	*5,91*	*0,08*
160	*223,3*	*8,4*	*13,7*	*8,68*	*3,32*	*5,59*	*0,08*
174	*236,4*	*9,8*	*14,1*	*8,01*	*3,53*	*5,56*	*0,06*
188	*222,2*	*10,0*	*14,1*	*8,02*	*3,64*	*4,39*	*0,06*

Flüchtige Verbindungen: Insgesamt konnten wir ca. 80 flüchtige Verbindungen in den Apfelsaftproben verschiedener Reifestadien identifizieren. Man kann dabei, je nach Verbindungsklasse, verschiedene Tendenzen in den Konzentrationsverläufen erkennen. In Abbildung 1 sind die Konzentrationsverläufe von acht repräsentativen Verbindungen zusammengefasst, wobei sich die Verläufe oft sehr ähneln, die tatsächlichen Konzentrationen unterscheiden sich aber meist deutlich.
Bei Aldehyden, wie Hexanal oder 2-Hexenal (E) ist einen sinkenden Trend im Zuge des Reifeverlaufs zu erkennen. Diese Aldehyde werden oft mit grünen, grasigen Noten assoziiert. Die hohen Konzentrationen dieser Aldehyde bestimmten auch die sensorischen Eigenschaften von unreifen Früchten, die meist als grün, grasig und wenig fruchtig empfunden werden. Insgesamt wurden 16 verschiedene Aldehyde bestimmt.
Etwas mehr, nämlich 18 Verbindungen, lassen sich der Klasse der Alkohole zuordnen. In den Früchte der Probenahmen zwischen 104 und 132 dafb wurden geringe Konzentrationen der Alkohole gemessen werden, danach ist aber ein deutlicher Anstieg der Konzentrationen zu erkennen, welcher bei 160 dafb sein Maximum erreicht. Die zwei Verbindungen 2-Methylbutan-1-ol und 1-Hexanol sind neben teils fruchtigen Noten auch für grüne Aromen zuständig.
Einen ähnlichen Konzentrationsverlauf zeigen auch die Ester, hiervon wurden 30 verschiedene Verbindungen gefunden. Sowohl Butylacetat als auch 2-Methylbutylacetat sind für fruchtige Sinneseindrücke verantwortlich. Während das verzweigte 2-Methylbutylacetat auch bei 160 dafb die höchste Konzentration aufweist, steigt die Konzentration beim Butylacetat bis 174 dafb noch deutlich weiter.
Weitere wichtige Verbindungen für das Apfelaroma sind zum Beispiel β-Damascenon oder auch 1-Octen-3-ol. β-Damascenon ist ein Abbauprodukt von β-Carotin, welches schon in kleinsten Mengen nach Apfelmus oder auch Rose riecht. Mehr als ein leichter Abwärtstrend ist hier in der Reife nicht zu erkennen. Die Konzentration von 1-Octen-3-on steigt nach 137 dafb stark an und steigt auch weiter bis zum letzten Erntetermin 188 dafb. Das mit ihm assoziierte Pilzaroma dürfte in diesen kleinen Konzentrationen das Gesamtaroma der Crimson Crisp Äpfel abrunden.

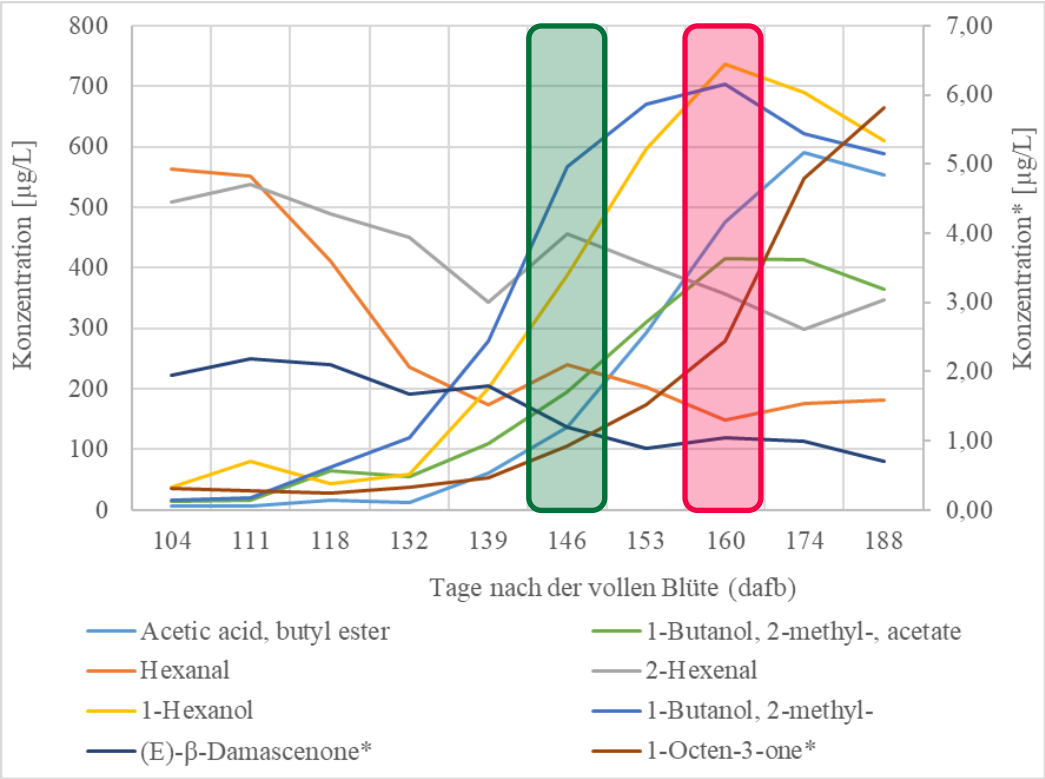


Abbildung 1: **Die Konzentrationsverläufe von acht repräsentativen Verbindungen in Apfelsaft aus Crimson Crisp Äpfeln im Laufe der Reife. Das übliche Erntedatum wurde mit grün markiert, das neue, von uns vorgeschlagene Erntedatum mit rot.**

Lagerversuche: Aufgrund der starken Anstiege der meisten Aromastoffe nach dem bisher empfohlenen Erntetermin in der Steiermark (146 dafb) wurden weiter Apfelproben 164 dafb bei verschiedenen Bedingungen eingelagert um diese reiferen, aromatischeren Proben auf ihre Lagerstabilität zu testen.
Nach 201 d im Lager konnte man in den Apfelproben schon bei den Basisparametern einige Unterschiede feststellen. Vor allem bei Säuregehalt und Festigkeit sind große Unterschiede in Abhängigkeit der Lagerbedingungen festzustellen. Der größte Qualitätsverlust wurde bei den Proben aus dem regulären Kühllager zu erkennen. Man verliert fast die Hälfte der Säure und knapp ein Viertel der Festigkeit. Am wenigsten Veränderung ist bei der Lagerung mit SmartFresh™ festzustellen. Bei Gewicht und Zucker fallen die Unterschiede zwischen den Lagermethoden doch deutlich geringer aus, verglichen mit Festigkeit und Säure.
In Bezug auf die flüchtigen Verbindungen zeichnet sich ein etwas anderes Bild ab. Äpfel aus dem Kühllager zeigen hier die meisten flüchtigen Verbindungen, was eine große biochemische Aktivität vermuten lässt in Zusammenhang mit verschiedenen Abbauprozessen. Am wenigsten Aromen sind im Saft der SmartFresh™-Äpfel zu beobachten. Das liegt wahrscheinlich an der verminderten enzymatischen Aktivität nach Blockierung des Ethylenrezeptors durch 1-Methylcyclopropen (1-MCP).

Abbildung 2: **Die Änderungen der Basisparameter Gewicht, Zuckergehalt, Säure und Festigkeit im vergleich zum frisch geernteten Produkt 160 dafb (nicht dargestellt, jeweils 100%) links und rechts, die gesamte Konzentration der verschiedenen Klassen der flüchtigen Verbindungen (alc = Alkohole, ald = Aldehyde, est = Ester, ket = Ketone und oth = weitere).**

Während also im Kühllager große Veränderungen bei den Basisparametern der Früchte festzustellen sind und sich nach der Lagerung mit SmartFresh™ nur etwa die Hälfte der Aromastoffe ausbildet, stellt das CA-Lager einen guten Kompromiss her. Hier stellen wir zwar vor allem bei der Säure größere Veränderungen fest im Vergleich zu Technologien mit 1-MCP, aber Gewicht, Zuckergehalt und Festigkeit ähneln doch sehr stark den frischen Äpfeln von 160 dafb. Bei den flüchtigen Verbindungen ist das Aromaprofil der Proben aus dem CA-Lager sogar am nächsten zu dem Muster von 160 dafb, also dem frischen Apfel. Hier ist also eine Lagerfähigkeit dieser sehr reif geernteten Früchte sehr gut gegeben und da SmartFresh™-Lager auch nicht für Bio-Produkte zugelassen sind, kann man mit dem CA-Lager sehr gute Erfolge mit reifen Äpfeln der Sorte Crimson Crisp erzielen.
Die Ergebnisse zum späteren Erntetermin sowie zur empfohlenen Lagermethode konnten auch mit einem geschulten Verkostpanel im Rahmen einer Sensorikstudie gezeigt werden und streichen daher die Relevanz dieser Ergebnisse für Apfelproduzenten und -konsumenten noch einmal hervor.

Zusammenfassung

In diesem Versuch wurden der Erntezeitpunkt und die Lagerfähigkeitder Bio-Apfelsorte Crimson Crisp untersucht. Zwischen Anfang August und Ende Oktober 2020 wurden wöchentlich Proben in der Bio-Plantage in Haidegg, Steiermark genommen, frisch verarbeitet und auf Gewicht, Stärkeabbau, Zuckergehalt und Säuregehalt sowie die für das Aroma wichtigen flüchtigen Verbindungen untersucht. Während der Reife entwickeln sich die meisten Basisparameter recht linear, viele flüchtigen Verbindungen steigen allerdings erst am Ende des Reifeprozesses stark an. Diese Ergebnisse haben gezeigt, dass sich

viele Aromastoffe erst nach dem aktuell empfohlenen Erntedatum, ca. 146 Tage nach der vollen Blüte (dafb), voll entfalten. Daher ist es spannend zu untersuchen, ob auch Äpfel, welche erst zwei Wochen später geerntet werden, für den Vertrieb verwendet werden können. Um die für den Handel wichtige Lagerfähigkeit dieser sehr reifen Früchte zu bestimmen, wurden Proben 164 dafb geerntet und nach 201 d in Kühl-, CA- und SmartFresh™-Lagern untersucht. Vor allem die Ergebnisse der Früchte aus dem CA-Lager legen nahe, dass sehr viele Qualitätskriterien der frischen Früchte über einen langen Lagerzeitraum erhalten bleiben können, während im Kühllager die Proben deutlich an Festigkeit und Säure verlieren, allerdings bei gleichzeitiger Intensivierung des Aromas zunimmt. Bei der Lagerung unter Einsatz von 1-MCP dauert es hingegen sehr lange, bis sich das Aromaprofil wieder vollständig aufbaut. Das Erntefenster der Bio-Sorte Crimson Crisp kann somit um zwei Wochen nach hinten verschoben werden, um aromatischere Äpfel zu ernten ohne die Lagerqualität zu vermindern.

Abstract

In this experiment, the harvest time and the storage capability of the organically cultivated apple variety Crimson Crisp were examined. Between the beginning of August and the end of October 2020, samples were taken in weekly intervals from the organic plantation in Haidegg, Styria. The fruits were processed fresh and examined for weight, starch degradation, sugar content and acidity as well as the volatile compounds that are considered as important for the formation of the apple aroma. Most basic parameters develop in an almost linear formation way during maturation; however, many volatile compounds show a sharp concentration increase not earlier than the end of the maturation process. These results showed that many odour-active substances reach their maximum concentration after the recommended harvest date, approx. 146 days after full blossom (dafb). It is of interest whether apples that are harvested two weeks later can also be used for sales. The storability of these highly ripe fruits is important for retail; as a consequence, we harvested samples at 164 dafb and examined them after 201 days stored under regular air, controlled atmosphere and SmartFresh™ storage. Above all, the results of the fruit from the CA warehouse suggest that many quality criteria of the fresh fruit can be retained for a long period of time, while apples that were stored under regular air storage for the same period, the fruits clearly lost firmness and acidity with simultaneous increase of the intensity of the aroma. When storing after the application of 1-MCP, on the other hand, it took a very long time for the aroma profile to fully build up again. The harvest window for the organic variety Crimson Crisp can thus be pushed back by two weeks in order to harvest apples that show higher flavour intensity without reducing storage quality under controlled atmosphere.

Literatur

STATISTIK AUSTRIA, Letzte Änderung am 10.01.2022: https://www.statistik.at /web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/obst/index.html

Land schafft Leben, 2022, https://www.landschafftleben.at/lebensmittel/apfel

JANICK, J; GOFFREDA, JC; KORBAN, SS, 2006: `Co-op 39' (CrimsonCrisp™). HortScience Vol. 41(2)

LARA I, ORTIZ A, ECHEVERRÍA G, LÓPEZ ML & GRAELL J, 2008: Development of aroma-synthesising capacity throughout fruit maturation of ‘Mondial Gala’ apples, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 83:2, 253-259, DOI: 10.1080/14620316.2008.11512377

Adressen der Autoren

[1] Technische Universität Graz, Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie, Stremayrgasse 9/II, 8010 Graz

[2] Referat Versuchsstation Obst- und Weinbau [*] Ansprechpartner: Niklas PONTESEGGER, pontesegger@tugraz.at

Untersuchungen zur Anreicherung von Obstweinen

Study on chaptalisation of fruit wines

Manfred Gössinger*, Christoph Schurm und Cordula Klaffner

Einleitung

Die Anreicherung von Obstweinen aus Kernobst ist bis zu 161 g/l Gesamtzucker erlaubt (Alkohol umgerechnet in Zucker (17 g/l)) (ANONYM, 2018). Meist wird dazu Saccharose verwendet. Es ist aber auch die Anreicherung mit Konzentraten möglich. In diesem Versuch wurde untersucht, inwieweit die Qualität von Apfelwein durch Zusatz von Konzentraten verbessert werden kann. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf den Extraktgehalt der Moste gelegt. Dieser ist nicht nur aus sensorischer Sicht (besseres Mundgefühl) interessant, sondern auch aus rechtlicher Sicht. Bei der Amtlichen Prüfnummer von Obstweinen wird neben dem Trockenextrakt auch der zuckerfreie Extrakt berechnet. Die Wasserzugabe ist lt Obstweinverordnung bis zu einem Alkoholgehalt von 4 %vol (einschließlich des in Alkohol umgerechneten Zuckergehaltes) bzw. einem zuckerfreiem Extraktgehalt minus Säuregehalt (TA ber. als ÄS) von 12 g/l erlaubt.

Material und Methoden

Äpfel: Für die Untersuchungen wurde Äpfel der Sorte *Topaz* (1500 kg) vom Versuchsgut Haschhof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg der Ernte 2021 herangezogen. Die Äpfel wurden in zwei Erntedurchgängen geerntet. Ziel waren zwei unterschiedliche Reifegrade. Bei der ersten Ernte (11.10.2021) wurden nur die bereits weiter entwickelten Früchte vom äußeren Bereich der Bäume (Sonnenfrüchte, „vollreif“) geerntet, bei der zweiten Ernte (18.10.2021) nur die inneren, weniger entwickelten Früchte (Schattenfrüchte, „reif“). Bis zur Verarbeitung der Äpfel am 23.11.2021 wurden beide Ernten bei 4 °C gelagert.

Verarbeitung: Die Früchte wurden gewaschen, zerkleinert und mittels Bandpresse (Fa. Stossier) entsaftet. Saft 1(1. Ernte, „vollreif)) wies folgende Werte auf: 13,0°Bx, 2,5 g/l Glucose, 54,7 g/l Fructose, 65,9 g/l Saccharose, TA: 8,4 g/l (ber. als ÄS), pH-Wert: 3,10; Saft 2 (2. Ernte, „reif“) folgende Werte: 12,2°Bx, 3,1 g/l Glucose, 56,1 g/l Fructose, 61,1 g/l Saccharose, TA: 7,9 g/l (ber. als ÄS), pH-Wert: 3,15. Nach der Schwefelung (15 g/100l KPS), einer Enzymierung (8 ml/100 l Fructozym P (Fa. Erbslöh) und Klärung (Sedimentation) (Schönungsmittel 2 g/l Bentonit (NaCalit, Fa. Erbslöh)) wurden die Säfte auf 30 l Chargen aufgeteilt. Die Varianten wurden mit Saccharose, Apfelsaftkonzentrat (ASK) von der Industrie (Fa. Austria Juice): 70,2 °Bx, 2,4 % Säure (bei Saftstärke: 12,8 °Bx, 27,4 g/l Glucose, 69,5 g/l Fructose, 14,4 g/l Saccharose) bzw. einem selber hergestellten Apfelsaftkonzentrat aus dem Saft 1 (50 °Bx, bei Saftstärke: 16,6 °Bx, 10,4 g/l Glucose, 68,4 g/l Fructose, 86,7 g/l Saccharose, TA: 11,1 g/l (ber. als ÄS), pH-Wert: 3,11) auf die maximal zulässige Konzentration (+ 2,4 bzw. 2,0 %vol) angereichert (Saft 2: „reif“: Variante 1: 4,1 kg/100 l Saccharose; Variante 2: 8,7 kg/100 l ASK Industrie), Variante 3: 9,5 kg/100 l eigenes ASK; Saft 1 „vollreif“: Variante 4: 3,4 kg/100 l Saccharose, Variante 5: 7,4 kg/100 l ASK Industrie, Variante 6: 8,1 kg/100 l eigenes ASK; Variante 7: eigenes ASK auf 18 °Bx (72 °Oe) verdünnt) und gekühlt bei 17 °C mit 20g/hl Oenoferm Freddo F3 (Fa. Erbslöh) und Nährsalz Zugabe (50 g/100 l SIHA Gärslaz Plus (Fa. EATON) vergoren. Nach der Gärung wurden 15 g/100l KPS zugesetzt und mittels 0,2 µm Membranfilter (RF Lab4, Fa. Romfil) filtriert und in 200 l Immervolltanks gelagert. Aufgrund der hohen Säurewerte (siehe Tab 1) wurden die Moste mittels verbesserter Doppelsalzentsäuerung (Neoanticid und Malicid) auf 6,0 g/l TA (ber. als WS) entsäuert. Alle Varianten wurden in dreifacher Wiederholung hergestellt.

Konzentrat: Das eigene Konzentrat wurde aus Saft 1 mittels Vakuumverdampfer Easybräu (Fa. Velo) in drei Durchgängen bei ca. 20°C und hohem Vakuum (97%) hergestellt. Es wurden 50 °Bx erreicht.

Analysen: Für die Reifebestimmung wurde der Streif-Index (Fruchtfleischfestigkeit, Stärkewert und lösliche Trockensubstanz (°Bx) der Äpfel bestimmt. Die Zuckergehalte, Titrierbare Säure der Säfte so-

wie der Alkoholgehalt der Moste wurden mittels FTIR (Foss WineScan) (Fa. Foss) analysiert. Der Extraktgehalt (Trockenextrakt) der Moste wurde nach Tabarié (METHOD OIV-MA-AS2-03B, 2009) analysiert. Die Verkostung der Moste erfolgte in einem ersten Schritt mittels Dreieckstests (Unterscheidung der Varianten) und in einem zweiten Schritt mittels Rangordnungstest (Qualitätsbewertung).

Ergebnisse und Diskussion

Analysenwerte der Moste: Die wichtigen Kenngrößen der Moste nach der Gärung sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Variante 7 wurde nach der Gärung mit Wasser vor der Extraktbestimmung verdünnt, um den gleichen Alkoholgehalt wie die anderen Moste zu erreichen (9,6 %vol). In Tabelle 2-4 sind die Extraktgehalte (Trockenextrakt, zuckerfreier Trockenextrakt und zucker- und säurefreier Trockenextrakt) der Moste nach der Entsäuerung dargestellt. Die Anreicherung mittels ASK von der Industrie (Variante 2) bewirkte die größte Extraktsteigerung (30,8 g/l, +37% Trockenextrakt) gegenüber der Moste mit Saccharose-Anreicherung. Der zucker- und säurefreie Extrakt (18,6 g/l) konnte gg der Saccharose-Variante um 46% erhöht werden.

Tabelle 1: **Werte unterschiedlicher Kenngrößen der Moste nach der Gärung (vor Entsäuerung)**

Varianten	rel. Dichte	vorh. Alkohol [% vol]	Gesamt-zucker [g/l]	Titrierbare Säure [g/l]	pH-Wert	Äpfelsäure [g/l]
Variante 1	0,9959	9,47 ± 0,047	1,7 ± 0,047	7,40 ± 0,000	3,55 ± 0,005	8,17 ± 0,047
Variante 2	0,9990	9,70 ± 0,000	3,5 ± 0,141	8,77 ± 0,047	3,50 ± 0,008	10,1 ± 0,047
Variante 3	0,9979	9,43 ± 0,047	2,1 ± 0,094	9,53 ± 0,047	3,50 ± 0,005	10,8 ± 0,047
Variante 4	0,9962	9,57 ± 0,047	1,7 ± 0,047	8,03 ± 0,047	3,50 ± 0,008	8,9 ± 0,047
Variante 5	0,9988	9,70 ± 0,000	3,3 ± 0,082	9,03 ± 0,047	3,50 ± 0,005	10,3 ± 0,047
Variante 6	0,9982	9,53 ± 0,047	2,3 ± 0,283	9,83 ± 0,047	3,50 ± 0,005	11,0 ± 0,047
Variante 7	0,9981	11,0 ± 0,141	3,3 ± 0,047	10,23 ± 0,287	3,66 ± 0,025	11,4 ± 0,613

Tabelle 2: **Signifikanzprüfung: Trockenextrakt (g/l) der Moste nach der Gärung (Tukey-HSD)**

Variante	Untergruppe			
	1	2	3	4
1	21,8			
4	22,9			
3		27,4		
6		28,2		
5			30,5	
2			30,8	
7				32,6
Sig.	0,063	0,314	0,920	1,000

Tabelle 3: **Signifikanzprüfung: zuckerfreier Trockenextrakt (g/l) der Moste nach der Gärung (Tukey-HSD)**

Variante	Untergruppe			
	1	2	3	4
1	20,1			
4	21,2			
3		25,3		
6		25,9		
5			27,2	
2			27,3	
7				29,4
Sig.	0,100	0,761	0,999	1,000

Tabelle 4: **Signifikanzprüfung: zucker– und säurefreier Trockenextrakt (g/l) der Moste nach der Gärung (Tukey-HSD)**

Variante	Untergruppe		
	1	2	3
1	12,7		
4	13,2		
3		15,8	
6		16,0	
5			18,1
2			18,6
7			19,1
Sig.	0,818	0,992	0,124

Sensorische Bewertung: Die sensorische Beurteilung der Moste der 2. Ernte ergab, dass Variante 1 von 2 sowie Variante 2 von 3 signifikant unterschieden werden konnte. Bei den Mosten der Ernte 1 wurden alle Varianten (4-6) signifikant unterschieden. Bei der Rangordnungsprüfung (Varianten 1-7) wurde die Variante 3 sign. besser bewertet als die anderen Varianten.

Zusammenfassung

In diesem Versuch wurde der Einfluss der Anreicherung mittels Apfelsaftkonzentraten (ASK) im Vergleich zur klassischen Saccharose-Anreicherung auf die sensorische Qualität und den Extraktgehalt (Trockenextrakt, zuckerfreier Extrakt und Zucker-säurefreier Extrakt) von Apfelmost untersucht. Es wurden dabei ein ASK aus der Industrie sowie ein selbst hergestelltes ASK verwendet.
Die Ergebnisse zeigen, dass der Extraktgehalt durch die Anreicherung mittels ASK signifikant erhöht werden kann (+ 46 % zucker- und säurefreier Extrakt mittels ASK aus Industrie). Sensorisch wurde der Most von den „reifen“ Äpfeln, der mit dem eigenen Konzentrat angereichert wurde, signifikant am besten bewertet.

Abstract

In this study the impact of chaptalisation by means of apple juice concentrate (ASK) compared to the common used saccharose on sensory quality as well as the extract (dry extract, sugar free extract, sugar and acid free extract) of apple wine was tested. ASK from the industry and a self-made ASK were used. Results show a significant increase of dry extract of apple wine by using ASK (+46 % sugar and acid free extract with ASK from the industry). The apple wine from the “ripe” apples, which was chaptlised with the self-made ASK, was the best product in the sensory assessment.

Literatur

ANONYM, 2018: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Obstweine (Obstweinverordnung) BGBl. II Nr. 18/2014

METHOD OIV-MA-AS2-03B, 2009: Compendium of international methods of analysis – OIV –total dry matter, OIV - Sammlung internationaler Analysemethoden für Wein und Most

Adressen der Autoren

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Abteilung Obstverarbeitung, Wienerstrasse 74, 3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: Prof. HR DI Dr. Manfred Gössinger, manfred.goessinger@weinobst.at

Untersuchungen über das Vorkommen von Saccharose in österreichischem Qualitätsobstwein vor, während und nach der Gärung

Studies on the occurrence of sucrose in Austrian quality fruit wine before, during and after fermentation

Elsa Patzl-Fischerleitner*, Martina Staples, Monika Schilcher,
Christian Bader und Susanne Schneider

Einleitung

Seit der Einführung der staatlichen Prüfnummer für Qualitätsobstwein muss dieser laut § 16 der Obstweinverordnung (BGBl II 2014/18) einer analytischen und sensorischen Prüfung unterzogen werden. Auf dem Antrag muss angegeben werden, ob der Obstwein angereichert und/oder gesüßt wurde. Saccharose, die vor der Gärung ursprünglich im Obst vorhanden ist oder zugesetzt wird, soll durch Hefeenzyme (Invertase) invertiert und während der Gärung vollständig verstoffwechselt werden. Dem entgegen gibt es aber immer wieder Fälle, die auch nach der Gärung noch kleine Mengen an Saccharose enthalten, obwohl laut Antrag nachträglich nicht gesüßt wurde. Diese Widersprüchlichkeit zwischen den Angaben am Antrag und analytischen Ergebnissen wirft bei der Begutachtung der analytischen Ergebnisse manchmal Fragen auf. Bei der alkoholischen Gärung werden Hexosen durch Hefen zu Ethanol und Kohlendioxid umgewandelt. Die Hefen können aber nur bestimmte Hexosen (z. B.: Glucose Fructose) vergären, Oligo- und Polysaccharide müssen vorher gespalten werden, ehe die Gärung einsetzen kann (Specht und Emeis, 1968). Die als Invertase bezeichnete β-Fructofuranosidase kommt in Bakterien, Pilzen und Pflanzen vor. Sie spaltet die β-glykosidisch gebundene Fructose der Saccharose ab (Schäfer, 2012). Dadurch entstehen aus dem Disaccharid Saccharose die Monosaccharide Glucose und Fructose. Invertase kommt nach Zhen-Ming et al. (2004) vor allem in Hefen vor, aber auch in anderen Pilzen, Pflanzen und Bakterien. Während der alkoholischen Gärung kommen die Hefeenzyme mit den Kohlenhydraten in Kontakt, wodurch die Saccharose durch Hydrolyse in ihre Monosaccharide aufgespalten wird. Die Wirksamkeit dieses Enzyms hängt von mehreren Faktoren ab, unter anderem von der Temperatur, dem pH-Wert, dem Glucosegehalt. Wenn der Hefezelle genug Glucose zur Energiegewinnung zur Verfügung steht, findet die Glucose-Repression statt. Dabei werden die für die Verwertung alternativer Kohlenstoffquellen (z. B. Saccharose) notwendigen Enzyme (z. B. Invertase) nicht exprimiert (Trumbly, 1992). Das pH-Optimum der Invertase aus Sacchromyces cerevisiae liegt bei pH 4,6 (z. B.: Invertase (EC 3.2.1.26), Saccharomyces cerevisiaen). Ziel dieser Arbeit war die Abklärung, ob Saccharose auch nach der alkoholischen Gärung (ohne nachträgliche Süßung) im Obstwein vorhanden sein kann. Vor allem im Hinblick auf eine vor der Gärung durchgeführte Anreicherung, auf die Hefeauswahl und auf Obstsorten mit unterschiedlich hohen originären Saccharosegehalten wurden verschiedenste Obstweine mit unterschiedlichen Analysenmethoden untersucht.

Material und Methoden

Anreicherungsversuch

Als Ausgangsmaterial diente ein Saft der Apfelsorte Kronprinz Rudolf. Dieser wurde mit Hefenährsalz (Fa. Erbslöh, Geisenheim, Deutschland: 60 g/hl Vitaferm und 400ml/hl Vitamon Liquid) versetzt und mit der Hefe Oenoferm Freddo (Fa. Erbslöh, Geisenheim, Deutschland: 30 g/hl) bei 16 °C vergoren. Ein Teil wurde nicht aufgebessert (48 °Oe), die anderen Teile wurden auf 60 °Oe und 80 °Oe mit Saccharose aufgebessert Die Messung des Saccharosegehalts erfolgte mittels FTIR (Fa. FOSS, Hilleroed, Dänemark: Wine Scan) während der Gärung, 4 Tage nach Gärende, 2 Wochen nach Gärende und 4 Monate nach der Gärung.

Sortenversuch

Als Vorversuch wurden 23 Apfelsorten entsaftet und mittels FTIR (Wine Scan) auf ihren Saccharosegehalt überprüft. Daraus wurden 5 Sorten mit hohem Gehalt ausgewählt (Weißer Winterkalvill, Cox Orange, Topaz, Jonagold Novajo, Braeburn Maririred), zur Hefeernährung mit 50 g/hl Vitaferm (Fa. Erbslöh, Geisenheim, Deutschland) versetzt und mit 20 g/hl Oenoferm Klosterneuburg (Fa. Erbslöh,

Geisenheim, Deutschland) bei ca. 20 °C vergoren. Die Ermittlung des Glucosegehalts erfolgte durch enzymatische Bestimmung (OIV-MA-AS311-02). Der Gehalt von Fructose und Saccharose wurde mittels HPLC (Fa.Agilent, Santa Clara USA) nach OIV-MA-AS311-03 bestimmt. Die Analysen erfolgten direkt nach der Pressung, am 1., 2., 3., 6., 7., 10., 13., 17. und 24. Tag nach Gärbeginn.

Hefeversuch

Aus Ausgangsmaterial diente ein Apfelsaft-Sortengemisch. Zur Vinifizierung wurden fünf verschiedene Hefen ausgewählt: Oenoferm® Klosterneuburg und Oenoferm® Freddo (Fa. Erbslöh, Geisenheim, Deutschland), Lalvin EC 1118 und Uvaferm 43 Restart (Fa. Lallemand, Ontario, Kanada) und ES 181 (Fa. Enartis; Bratislava, Slowakei). Die Vinifizierung erfolgte im Kleinmaßstab mit 20 g/hl Hefezusatz. Die Gärtemperatur betrug ca. 20 °C. Die Bestimmung des Saccharosegehalts erfolgte mittels HPLC nach OIV-MA-AS311-03 direkt nach der Pressung und am 2., 3., 6. und 8. Tag der Gärung.

Ergebnisse und Diskussion

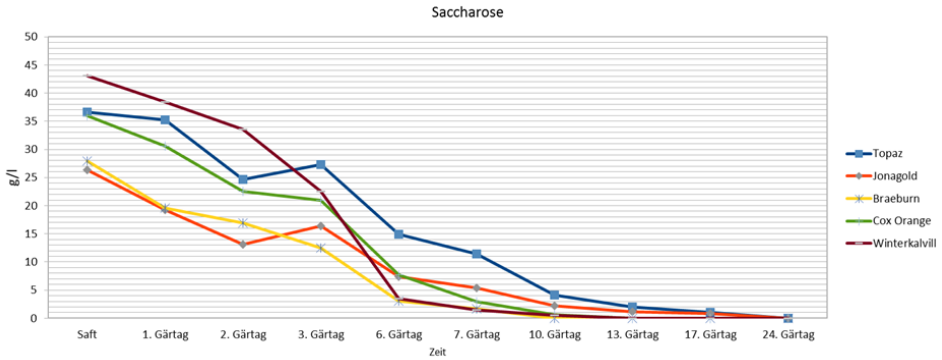
Anreicherungsversuch

Während der Gärung (Tag 4 bis 6) konnten bei den aufgebesserten Varianten noch geringe Rückstände der Saccharose gefunden werden (auf 60 °Oe aufgebesserte Probe: 0,7 g/l Saccharose; auf 80 °Oe aufgebesserte Probe: 1 g/l Saccharose, Probe ohne Aufbesserung: Saccharose nicht mehr nachweisbar), die aber nach Gärende in keiner der Proben mehr nachweisbar waren. Zusätzlich wurden noch 50 Obstweine verschiedener Apfel- und Birnensorten mit unterschiedlichem Anreicherungsgrad von der Abteilung Obstverarbeitung vinifiziert und auf ihren Saccharosegehalt untersucht. Diese Proben waren schon länger gefüllt (mindestens 5 Wochen). Die Analytik aller 50 Obstweinproben brachten nach einer Lagerzeit von wenigen Wochen kaum neue Erkenntnisse. Aufgrund der wahrscheinlich noch stärker vorhandenen Restaktivität der Invertase konnten in keiner dieser Proben ein Saccharosegehalt über der Nachweisgrenze bzw. Bestimmungsgrenze der verwendeten Methoden (FTIR, HPLC) festgestellt werden.

Sortenversuch

Fünf Sorten mit einem Saccharosegehalt von mindestens 40 g/l wurden aus den Vorversuchen ausgewählt und vergoren und der Saccharosegehalt alle 2-5 Tage für so lange Zeit analysiert, bis dieser völlig abgebaut war. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt. Parallel dazu wurden auch die Gehalte von Glucose und Fructose ermittelt. Trumbly (1992) stellte fest, dass die Glucose-Repression stattfindet, wenn der Hefezelle genug Glucose zur Energiegewinnung zur Verfügung steht. Daraus folgt, dass für die Verwertung alternativer Kohlenstoffquellen (z. B. Saccharose) notwendige Enzyme (z. B. Invertase) nicht exprimiert werden. Der Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass die Sorte Topaz zwischen dem 3. und 17. Gärtag die höchsten Gehalte an Saccharose aufweist. Parallel dazu weist diese Sorte auch vom 2. bis 6. Gärtag die höchsten Mengen an Glucose und Fructose auf. Möglicherweise dauert dadurch die Spaltung der Saccharose durch die Invertase etwas länger als bei den anderen Sorten

Abbildung 1: **Saccharosegehalte verschiedener Apfelsorten im Laufe der Gärung**

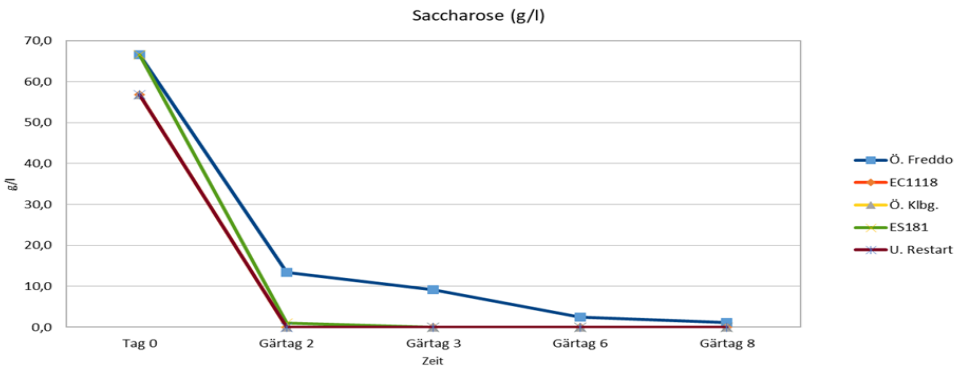


Hefeversuch

Der Abbildung 2 sind die Saccharosegehalte im Verlauf der Gärung mit verschiedenen Hefen zu entnehmen. Bei 4 von 5 Varianten konnte schon am 2. Gärtag keine Saccharose mehr nachgewiesen werden. Die mit Önoferm Freddo angesetzte Variante enthielt bis zum 8. Gärtag Saccharose. Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass auch in Obstweinen kurz nach der Gärung, geringe Mengen an Saccharose enthalten sein können. Nach Weiß und Gössinger (2014) wird die vorhandene Saccharose im Apfelmost

während der Gärung aufgespalten, um sie für die Hefe verfügbar zu machen, wobei bei 25°Oechsle nur mehr geringste Mengen an Saccharose vorhanden waren. Die Inversion erfolgte anfangs sehr stark und zum Ende hin immer schwächer. Je mehr Saccharose vorhanden war, desto schneller erfolgte die Inversion.
Auch die Hefe- und Apfelsortenauswahl spielt eine Rolle. Bei der Verwendung der Önoferm Freddo konnte Saccharose am längsten nachgewiesen werden, die Sorte Topaz wies im Laufe der Gärung die höchsten Gehalte an Saccharose auf. Diese Untersuchungen untermauern, dass auch nach dem unmittelbaren Abschluss der alkoholischen Gärung durchaus noch geringe Gehalte an Saccharose in Obstwein nachgewiesen werden können. Es ist also auch durchaus möglich, dass geringe Mengen an Saccharose auch in zur Erlangung der staatlichen Prüfnummer für Qualitätsobstwein eingereichten Proben vorhanden sein können, wo auch Antragsformular angegeben wurde, dass keine Süßung erfolgt ist. Vor allem bei Obstweinen, für die schon sehr früh ein Antrag gestellt wird, ist das durchaus vorstellbar und sollte bei der Begutachtung zur Erlangung der staatlichen Prüfnummer für Qualitätsobstwein berücksichtigt werden.

Abbildung 2: **Saccharosegehalte im Laufe der Gärung mit verschiedenen Hefen**



Zusammenfassung

Seit der Einführung der staatlichen Prüfnummer für Qualitätsobstwein (BGBl II 2014/18) muss Qualitätsobstwein einer analytischen und sensorischen Prüfung unterzogen werden. Auf dem Antrag zur Erteilung der staatlichen Prüfnummer für Qualitätsobstwein muss angegeben werden, ob der Obstwein angereichert und/oder gesüßt wurde. Ziel war, abzuklären, ob Saccharose auch nach der alkoholischen Gärung (ohne nachträgliche Süßung!) im Obstwein noch einige Zeit vorhanden sein kann. Dazu wurden im Hinblick auf Obstsorten mit unterschiedlich hohen originären Saccharosegehalten und auf den Abbau vorhandener Saccharosegehalte im Laufe der Lagerung verschiedenste Obstweine mit unterschiedlichen Analysenmethoden untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Hefe- und Apfelsortenauswahl Auswirkungen auf das Vorkommen von geringen Mengen an Restsaccharose am Ende der Gärung hat. Bei der Verwendung der Hefe Önoferm Freddo konnte Saccharose am längsten nachgewiesen werden (8 Tage). Die Sorte Topaz wies im Vergleich zu anderen Apfelsorten mit hohem Ausgangsgehalt an Saccharose (Jonagold, Cox Orange, Winterkalvill und Braeburn) auch im Laufe der Gärung und kurz danach die höchsten Gehalte an Saccharose auf. Diese Untersuchungen untermauern, dass auch nach dem unmittelbaren Abschluss der alkoholischen Gärung noch geringe Gehalte an Saccharose in Obstwein nachgewiesen werden können. Vor allem bei Obstweinen, für die schon sehr früh ein Antrag zur Erlangung der staatlichen Prüfnummer für Qualitätsobstwein gestellt wird, sollte das bei der Begutachtung zur Erlangung der staatlichen Prüfnummer berücksichtigt werden

Abstract

Since the introduction of the Austrian Regulation for Fruit wine (BGBl II 2014/18), quality fruit wine must be subjected to an analytical and sensory test. On the application form to get the official number for Austrian quality fruit wine, it must be stated whether the fruit wine has been enriched with sugar before fermentation and / or sweetened after fermentation. The aim was to examine whether sucrose can also be present in fruit wine after alcoholic fermentation (without subsequent sweetening!) for a short

time. For this purpose, the content of sucrose was analysed with different analytical methods in various types of fruit wines, with main focus on apple varieties and the use of different yeasts. The results of this study show, that the selection of yeast and apple varieties has an impact on the occurrence of residual sucrose at the end of fermentation. When using the yeast ´Önoferm Freddo´, sucrose could be detected for the longest time (8 days during fermentation). Compared to other apple varieties with a high initial sucrose content (Jonagold, Cox Orange, Winterkalvill and Braeburn), the Topaz variety also had the highest sucrose content during fermentation and shortly afterwards. These studies confirm, that even after the alcoholic fermentation has ended, low levels of sucrose can still be detected in fruit wine. Especially in the case of fruit wines, for which the federal number for Austrian fruit quality wine is requested very early after fermentation.

Literatur

GOLDSTEIN, A., LAMPEN J. O., 1975: b-D-Fructofuranoside fructohydrolase from yeast. Methods Enzymol. 42: 504–511

RAPP A., ZIEGLER A., STEFAN H., 1977: Vorkommen und Inversion von Saccharose in Weinbeeren. Vitis 16: 112-118

RIBÉRAU-GAYON P., DUBOURIDEU D., DONÉCHE B., LONVAUD A., 2000: Handbook of Enology, Volume 1. The microbiology of wines and vinification. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.: 497

SCHÄFER B., 2012: Untersuchungen zur Regulation der Invertaseaktivität und zu Invertaseinhibitoren aus Pflanzenextrakten. Dissertation an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

SPECHT H., EMEIS C., 1968: Alkoholische Gärung. In: Bergner Carl Gustav: Handbuch der Lebensmittelchemie. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 1968, Bd. VII, S. 1-44.

TRUMBLY, R., 1992: Glucose repression in the yeast Saccharomyces cerevisiae. Mol Microbiol 6: S 15-21.

WEISS D., GÖSSINGER M., 2014: Einfluss der Gehalte von Zucker und Säure auf die Refraktion von Apfelmost während der Gärung. Mitteilungen Klosterneuburg 64: S. 124-130

ZHEN-MING C., JUN-FENG L., XIANG-HONG W., SHU-MIN Y., 2004: Inositol and phosphatidylinositol mediated mediated glucose derepression, gene expression and invertase secretion in yeasts. In: Acta Biochimica et Biophysica Sinica. Band 36, Nr. 7, Juli 2004, S. 443–449

Adresse der Autoren

HBLA und BA für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74, 3400 Klosterneuburg

[*] Ansprechpartnerin: Mag. Elsa PATZL-FISCHERLEITNER, elsa-patzl-fischerleitner@weinobst.at

Biodiversität von Erdflöhen und Rüsselkäfern in der Zuckerrübe

Biodiversity of flea beetles and weevils in sugar beet

Stephan Manhalter

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes 'Aufbau von Erhebungs- und Regulierungsprogrammen zu ausgewählten tierischen Schädlingen im Zuckerrübenbau in Österreich' (EIP-AGRI, BMLRT) wurde 2019 und 2020 ein Gelbschalenmonitoring an zwei Versuchsstandorten und 7 bzw. 19 Praxisstandorten in Burgenland, Nieder- und Oberösterreich durchgeführt. Das Monitoring fand 2019 von Mitte September bis Anfang November und 2020 von Mitte April bis Ende Juni statt. In den insgesamt 473 gesammelten Proben wurden insgesamt 45 Erdflohspezies, 40 Rüsselkäferspezies und 20 weitere Käferspezies nachgewiesen. Die meisten davon stammen von Nachbarkulturen, Ackerbeikräutern und einige wenige von Gehölzen aus nahen Windschutzgürteln. Die an Zuckerrüben schädlichen Erdflohspezies, die beim Monitoring besonders berücksichtigt wurden, sind *Chaetocnema concinna* und *Chaetocnema tibialis*. Erstere Spezies wurde 2020 oft in größeren Mengen nachgewiesen. *C. tibialis* war 2019, besonders in Saxen, häufiger. Bei den Rüsselkäfern konnte in 2020 *Tanymecus palliatus* in Zemling, St. Florian und Hargelsberg nachgewiesen werden. Andere potentielle Rübenschädlinge stammen aus der Gattung Sitona. *Asproparthenis punctiventris*, der Rübenderbrüssler kann nicht über Gelbschalen nachgewiesen werden und ist daher hier nicht berücksichtigt. Bei den anderen Käferspezies haben vor allem Cassida Spezies Chenopodiaceaen bzw. *Beta vulgaris* als Wirtspflanzen geführt und können potentiell schädlich werden.

Abstract

In context of the project „Aufbau von Erhebungs- und Regulierungsprogrammen zu ausgewählten tierischen Schädlingen im Zuckerrübenbau in Österreich" (EIP-AGRI, former BMLFUW), a monitoring using pan traps was conducted in the years 2019 and 2020 at 7 and 19 plots of farmland respectively and two experiment locations in Burgenland, Lower and Upper Austria. The monitoring lasted from mid-September to early November in 2019 and from mid-April to end of June in 2020. In total 473 samples were collected and analyzed, leading to the recording of 45 flea beetle species, 40 weevil species and 20 other beetles. Most of them must have originated from neighboring crops, weeds and a few from woody plants in the shelterbelt areas. The species of flea beetles that harm sugar beet are *Chaetocnema concinna* and *Chaetocnema tibialis*. The former was more common in 2020. *C. tibialis* on the other hand was more common in 2019, especially in Saxen. Concerning weevils, we could record the occurrence of *Tanymecus palliatus* for 2020 in Zemling, St. Florian and Hargelsberg. Other potential pests on sugar beet are part of the genus Sitona. *Asproparthenis punctiventris*, the beet root weevil cannot be detected using pan traps and was therefore not investigated in more detail in this part of the monitoring. In terms of other beetles, the two recorded Cassida species list Chenopodiaceae and *Beta vulgaris* as host plants, which they potentially damage.

Schlagwörter

Chaetocnema, Tanymecus, Cassida, Begrünung, Monitoring, Schädlinge

Einleitung

In den letzten Jahren war der Zuckerrübenanbau des Öfteren stark von Schädlingen bedroht. Allen voran der Rübenderbrüssler (*Asproparthenis punctiventris*), dessen Populationen sich unter guten Bedingungen über mehrere Jahre aufbauen. In trockenen und warmen Jahren kann er in Massen auftreten und zu Totalausfällen führen.
Des Weiteren setzen auch zwei Spezies der Erdflohgattung Chaetocnema den Keimlingen besonders früh zu. Moderater Schaden kann hier aber unter guten Bedingungen durch die Pflanze kompensiert werden.
Als weitere Schädlingsgruppe sind hier auch Blattläuse zu nennen. Diese sind besonders durch ihre Rolle als Vektoren für diverse Viren relevant. Die in diesem Kontext wichtigsten Spezies sind die Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae*) und die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*). Sie besiedeln die Pflanzen schon recht früh (BBCH 14-19) und können Polero-, Clostero- und Potyviren übertragen. Die drei Virengruppen haben unterschiedliche Übertragungsmodi, wobei Poleroviren im Vektor persistieren, Closteroviren semipersistent im Rüssel verbleiben und Potyviren nicht-persistent nur an der Rüsselspitze anlagern. Allen drei Gruppen gemein ist aber, dass sie sich in der Blattlaus nicht vermehren und nicht an Nachkommen weitergegeben werden (non-propagativ). Durch eine Infektion sind bis zu 30% Zuckerertragsverlust möglich, bei Mischinfektion sogar bis 40% (HOSSAIN et al. 2021).

Material und Methoden

Jahre, Pflanzenarten: Das Monitoring der Rübenschädlinge fand sowohl in der Zwischen-begrünung, als auch im Zuckerrübenbestand selbst in den Jahren 2019 und 2020 statt. In den Begrünungsvarianten waren besonders Kreuzblütler und Leguminosen vertreten.
Standorte: Im Jahr 2019 wurden zwei Begrünungsversuche in Großmugl und Hargelsberg, sowie zwei niederösterreichische (Franzensdorf, Weikendorf) und fünf oberösterreichische Standorte (Aschach, Geinberg, Naarn, Saxen, St. Florian). 2020 wurden die Beobachtungen zum Teil in den Zuckerrübenfeldern fortgesetzt, wie in Großmugl und Hargelsberg. Bei den nun 19 Praxisstandorten, lagen neun in Niederösterreich (Falkenstein, Franzensdorf, Hüttendorf, Langenlebarn, Marchegg, Obersdorf, Weikendorf, Wulzeshofen, Zemling), sieben in Oberösterreich (Aschach, Linz-Ebelsberg, Moosham, Naarn, Sierning, St. Florian, Wilhering) und drei im Burgenland (Deutsch-Haslau, Pamhagen, Tadten).
Monitoring: An jedem Standort wurden, je nach Gegebenheiten, eine oder mehrere Gelbschalen auf Bestandeshöhe angebracht und der Schaleninhalt ein- bis zweimal pro Woche über ein Stück Vorhangstoff abfiltriert, in 70% Alkohol gelagert und gesammelt.
Artbestimmung: Am Ende der jeweiligen Monitoringsaison wurden die gesammelten Proben aufbereitet und die gefundenen Erdflöhe und Rüsselkäfer morphologisch unter Zuhilfenahme von Mitteleuropäischer Bestimmungsliteratur (FREUDE et al., 1966, 1981, 1983) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Erdflöhe: Bis auf Großmugl, Franzensdorf und Moosham, wurde an allen Standorten der Rübenerdfloh (*Chaetocnema concinna*) nachgewiesen. In Großmugl, Naarn und Wilhering wurde auch *Chaetocnema tibialis*, als weitere rübenschädigende Art, in geringen Mengen nachgewiesen. Die meisten anderen Spezies haben bevorzugt Brassicaceae als Wirtspflanzen, die auch Bestandteil von Begrünungsmischungen sind. Besonders häufig traten hier der Schwarze Kohlerdfloh (*Phyllotreta atra*), der Grünglänzende Kohlerdfloh (*Phyllotreta cruciferae*) und der Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala*) in Erscheinung. Im Begrünungsversuch selbst wurden die wenigsten Erdflöhe in der Seradella-Begrünung festgestellt (Saatstärke 40 kg/ha). An den Praxisstandorten wurde 2019 besonders *Chaetocnema tibialis* nachgewiesen.

Insgesamt wurden im Monitoringzeitraum 45 Erdflohspezies identifiziert. Einige wurden nur mit Einzelexemplaren nachgewiesen. Nähere Details zur Erdflohdiversität an den verschiedenen Standorten für Frühjahr/Sommer 2020 sind Abbildung 1 zu entnehmen.

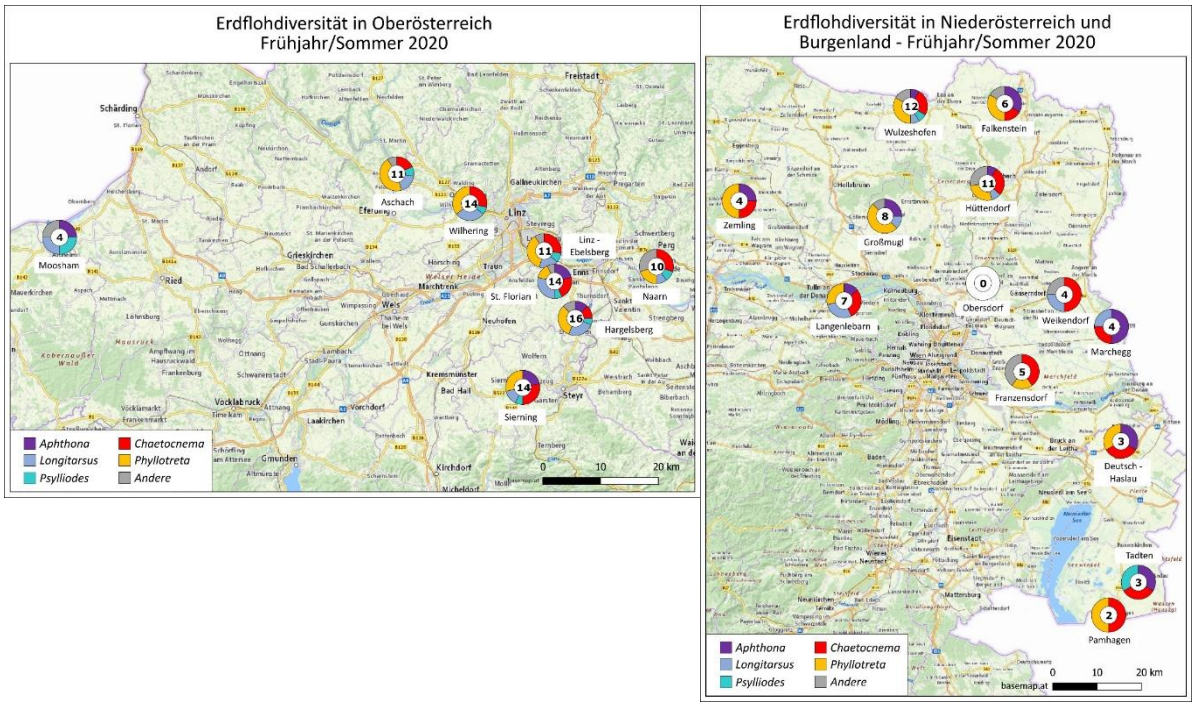


Abbildung 1: **Erflohdiversitätskarte für Frühling/Sommer 2020 in Oberösterreich (links) und Niederösterreich/Burgenland (rechts). Die Zahl repräsentiert die Gesamtzahl an identifizierten Erdflohspezies, das Tortendiagramm visualisiert zu welchen Gattungen sie gehören.**

Rüsselkäfer: Auch bei den Rüsselkäfern waren besonders begrünungsschädigende Spezies sehr häufig. Darunter klassische Brassicaceaenschädlinge, wie der Glänzende Zahnrüssler (*Aulacobaris coerulescens*) und der gefleckte Kohl/Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsh. 1802). Dazu kamen aber auch noch an Erbsen bzw. Klee schädliche Arten, wie der Luzernen-Blattrandkäfer (*Sitona humeralis*), der Gestreifte Blattrandkäfer (*Sitona lineatus*) und der Rotfüßige Klee-Spitzmaulrüssler (*Protapion fulvipes*). An drei Standorten (Zemling, Hargelsberg und St. Florian) konnte zudem der Spitzsteißige Rübenrüssler (*Tanymecus palliatus*) nachgewiesen werden. Ähnlich dem Rübenderbrüssler ist aber anzunehmen, dass vergrabene Kübelfallen besser geeignet sind, um diese Spezies zu fangen.
In beiden Jahre wurden insgesamt 40 Rüsselkäferspezies nachgewiesen. Nähere Details zur Rüsselkäferdiversität an den verschiedenen Standorten für Frühjahr/Sommer 2020 sind Abbildung 2 zu entnehmen.
Allgemein: Insgesamt wurden über 100 Käferspezies an den Monitoringstandorten nachgewiesen. Zu nennen wären hier zusätzlich zu den Erdflöhen und Rüsselkäfern einige Prachtkäfer-, Rosenkäfer-, Getreidehähnchen- und Schnellkäferarten. Neben den Larven einiger Schnellkäfer (Drahtwürmer), können auch zwei nachgewiesene Cassidaspezies (*Cassida nobilis, C. vittata*) an Zuckerrüben schädlich werden.
Wirtsspektrum: Eine Literatursuche zu dem Wirtsspektrum der Rüsselkäfer und Erdflöhe (FREUDE et al., 1966, 1981, 1983) zeigt, dass die meisten im Monitoring erfassten Spezies sich von Kreuzblütlern ernähren, dicht gefolgt von Leguminosen (35% bzw. 16%) und damit die Hälfte der erhobenen Arten den Hauptbestandteilen der Begrünungsmischungen schädlich werden können, sich aber nicht direkt auf die Hauptfrucht (Zuckerrübe) auswirken. Überhaupt haben gar nur 3% der nachgewiesenen Erdfloh- und Rüsselkäferspezies die nähere Verwandtschaft der Zuckerrübe (Amaranthaceae) im Wirtsspektrum. Rund ein Viertel der Arten hat

gänzlich andere Wirte, darunter häufige Ackerbeikräuter wie Mohn, Kamille, Ackerwinde und einige Gehölze. Ein Übersichtsdiagramm dazu ist in Abbildung 3 zu finden.

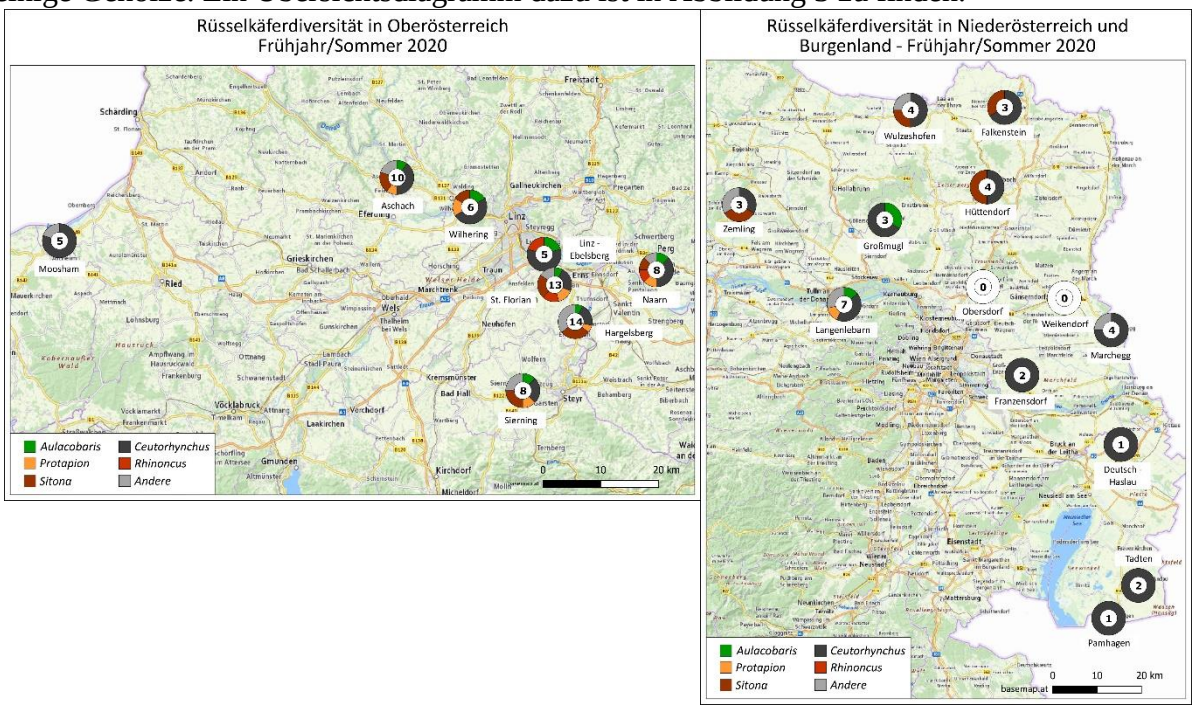


Abbildung 2: **Rüsselkäferdiversitätskarte für Frühling/Sommer 2020 in Oberösterreich (links) und Niederösterreich/Burgenland (rechts). Die Zahl repräsentiert die Gesamtzahl an identifizierten Erdflohspezies, das Tortendiagramm visualisiert zu welchen Gattungen sie gehören.**

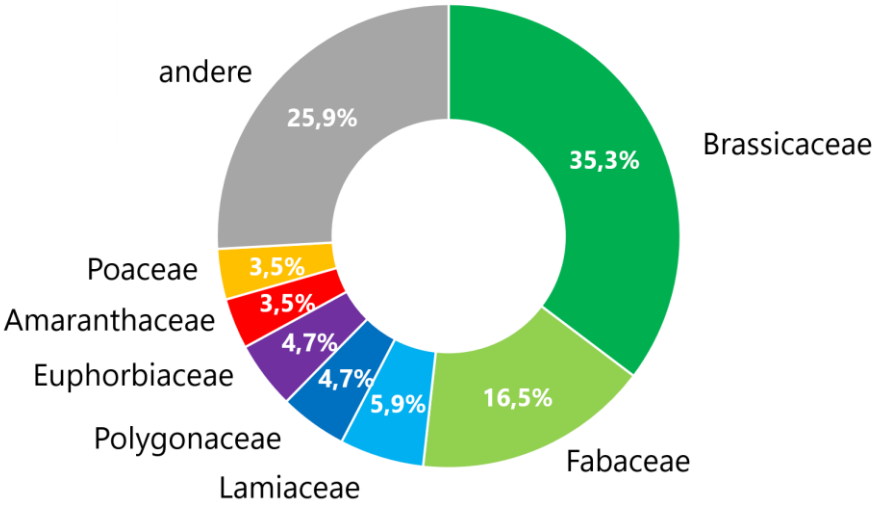


Abbildung 3: **Übersichtsdiagramm zu den Wirtsspektren der erhobenen Rüsselkäfer und Erdflohspezies.**

Einfluss auf die Zuckerrübe: Aufgrund der Ergebnisse ist festzuhalten, dass besonders die Verunkrautung in der Vorfrucht großen Einfluss auf das lokale Auftreten von Rübenschädlingen hat, da sich zum Beispiel der Rübenderbrüssler an den Wurzeln von Gänsefuß, (Chenopodium album), Brennnessel (Urtica dioica), und Acker-Kratzdistel (Cirsium arvense) entwickeln kann. Bei den Rübenerdflöhen sind es besonders Knöterichgewächse (z. B. Polygonum aviculare) die als Unkraut schädlingsfördernd wirken. Verstärkte Verunkrautung tritt vor allem bei Hackfrüchten und fehlender Bodenbedeckung auf. So zum Beispiel in Kürbis, Mais, Sojabohne und Öl-/Faserhanf.

Eine bodendeckende Begrünung kann der Verunkrautung entgegenwirken, muss aber an die klimatischen Gegebenheiten und die Fruchtfolge angepasst werden. Zumindest im Zuckerrübenanbau steht allerdings fest, dass eine Begrünung, bei sonst ausreichender Feldhygiene, keine Zuckerrübenschädlinge fördert.
Biodiversität: In Oberösterreich schlägt St. Florian mit insgesamt 34 nachgewiesenen Arten, darunter auch 3 Prachtkäferspezies (Antaxia nitidula, A. salicis und A. quadripunctata), Hargelsberg mit 33 Arten ganz knapp. Für den Raum Niederösterreich und Burgenland liegen Langenlebarn, Wulzeshofen und Hüttendorf mit jeweils 18 Käferarten gleichauf.

Literatur

FREUDE H, HARDE KW, LOHSE GA (Hg.), 1966: Die Käfer Mitteleuropas. Krefeld: Goecke & Evers (Band 9).
FREUDE H, HARDE KW, LOHSE GA (Hg.), 1981: Die Käfer Mitteleuropas. Krefeld: Goecke & Evers (Band 10).
FREUDE H, HARDE KW, LOHSE GA (Hg.), 1983: Die Käfer Mitteleuropas. Krefeld: Goecke & Evers (Band 11).
HOSAIN R, MENZEL W, LACHMANN C, VARRELMAN M, 2021: New insights into virus yellows distribution in Europe and effects of beet yellows virus, beet mild yellowing virus, and beet chlorosis virus on sugar beet yield following field inoculation. In: Plant Pathology 70, 854-593. DOI: 10.1111/ppa.13306

Adresse des Autors

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

Ansprechpartner: Stephan Manhalter MSc. Stephan.manhalter@ages.at

Ausbreitungsdynamik ausgewählter invasiver Unkräuter in Österreich

Spread dynamics of selected invasive weeds in Austria

Swen Follak

Einleitung

Biologische Invasionen zeichnen sich durch einen charakteristischen zeitlichen Verlauf aus, der sich in drei Phasen aufteilen lässt (Etablierung – Ausbreitung – Sättigung). Die Phasen und deren Verlauf fallen dabei je nach Art unterschiedlich aus (PYSEK & HULME 2005). Die Analyse der räumlich-zeitlichen Ausbreitung kann helfen, die zugrundeliegenden Mechanismen der Ausbreitung zu identifizieren, das Potenzial einer weiteren Ausbreitung zu bestimmen und Maßnahmen zur Kontrolle abzuleiten. Erfahrungsgemäß sind Maßnahmen zu Beginn vergleichsweise kostengünstig, einfacher umzusetzen und am erfolgversprechendsten. In dieser Studie werden die Ausbreitungsdynamik dreier ausgewählter neophytischer Unkräuter, und zwar *Solanum carolinense* L. (Pferdenessel), *Cyperus esculentus* L. (Erdmandelgras) und *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Aleppo-Hirse) (Abb. 1), vorgestellt und Möglichkeiten ihrer Eindämmung und Kontrolle diskutiert.

Material und Methoden

Informationen zur Herkunft, Biologie, Ökologie der drei ausgewählten Arten finden sich bei WAHLERT et al. (2015), FOLLAK et al. (2016) und PEERZADA et al. (2017). Für die Analyse der räumlich-zeitlichen Ausbreitung wurden Verbreitungsdaten in Ackerflächen verschiedenen Quellen entnommen (Datenbasis: floristische Literatur und Datenbanken [Zobodat, Virtual Herbarium, Floristische Kartierung Österreichs], Websites [iNaturalist.org, Observation.org], unveröffentlichte Daten des Autors und weiterer Experten). Die Funde wurden anschließend einer Rasterzelle (33 km^2) der Floristischen Kartierung Österreichs zugeordnet, um die räumliche Ausbreitung darzustellen. Die Konstruktion einer Invasionskurve ermöglicht einen Einblick in die zeitliche Ausbreitungsdynamik. Es wird dabei die kumulative Anzahl der befallenen Rasterzellen gegen die Zeit aufgetragen (siehe für weitere Details zur Methodik FOLLAK et al. 2021).

Abbildung 1: (a) *Solanum carolinense* in Mais, (b) *Cyperus esculentus* in Mais, (c) *Sorghum halepense* in Ölkürbis (© S. Follak).

Ergebnisse und Diskussion

<u>*Solanum carolinense*</u>

Die Art wurde vor über 20 Jahren in Österreich erstmalig beschrieben. Sie hat sich zwar etabliert, ist gegenwärtig jedoch sehr selten in den Äckern zu finden. Die Vorkommen sind auf den Süden Österreichs beschränkt, und zwar auf zwei „Hotspots“ in Kärnten und der Steiermark – allerdings mit nur insgesamt zehn besetzten Rasterzellen (0,3 % aller Rasterzellen in Österreich). Die in den letzten Jahren beobachtete kleinräumige Ausbreitung innerhalb der Rasterzellen deutet jedoch auf eine beginnende, großflächigere Ausbreitung hin (FOLLAK 2020). Eine Eindämmung der Populationen ist daher sehr wichtig. Diese umfasst u. a. eine Beobachtung der Vorkommen, eine Stärkung des Bewusstseins für *S. carolinense* bei den Betrieben sowie direkte Maßnahmen gegen die Kleinpopulationen (Einsatz u. a. von *Glyphosat*, Wuchsstoffherbizide).

Cyperus esculentus
Der Erstnachweis dieser Art ist von 1987 (Grafenstein/Thon, Kärnten). Bis 2005 war *C. esculentus* selten und nur sehr kleinräumig verbreitet. In jüngster Zeit hat sich die Art aber in benachbarte Rasterzellen ausgebreitet. Die Hotspots befinden sich gegenwärtig in den warmen Regionen Österreichs (Klagenfurter Becken, Bezirke Südoststeiermark, Leibnitz, Voitsberg), allerdings sind bereits einige weitere, verstreute Populationen in Ober- und Niederösterreich beobachtet worden (FOLLAK & SCHWARZ 2020). Insgesamt gibt es zurzeit 45 befallene Rasterzellen (1,7 % aller Rasterzellen in Österreich). Die Häufung der Rasterzellen (= Cluster) um ältere Standorte herum lässt den Schluss zu, dass eine Ausbreitung von *C. esculentus* wahrscheinlich auf einer Verschleppung von mit Knollen kontaminiertem Erdmaterial durch Maschinen und Geräte von Feld zu Feld beruht. Eine lokale Eindämmung von *C. esculentus* ist nur mit strengen Hygienemaßnahmen möglich. Um eine Ausbreitung und Auswirkungen auf die Kulturen zu mindern, ist eine konsequente Umsetzung spezifischer Bekämpfungsstrategien unerlässlich (z. B. HOLZER 2021).

Sorghum halepense
Die Aleppo-Hirse wurde erstmalig 1972 in der Südoststeiermark im Raum Bad Radkersburg in Maisfeldern beschrieben. Die Hotspots befinden sich gegenwärtig in den Bezirken Südoststeiermark und Leibnitz. In Ober- und Niederösterreich und im Burgenland sind in den letzten Jahren weitere Cluster beobachtet worden. Insgesamt ist die Art auf Ackerflächen bisher in 77 Rasterzellen gefunden worden (3,7 % aller Rasterzellen in Österreich) (FOLLAK et al. 2021). Anhand der Invasionskurve (Abb. 2) lässt sich ablesen, dass die Ausbreitung weiter vorangeht, denn eine Sättigung ist noch nicht eingetreten. Die Zunahme der befallenen Rasterzellen ist signifikant – jedes Jahr erhöhen sich diese um 6,7 % ($p < 0.001$). Die Art breitet sich daher expansiv aus, gefördert besonders durch eine Verschleppung der Diasporen durch Maschinen (ANDUJAR et al. 2012). Betriebe innerhalb der Hotspots sollten wirksame Herbizide gegen die Aleppo-Hirse bei der Herbizidauswahl berücksichtigen (Mais: u. a. *Nicosulfuron*; Gräserherbizide wie *Clethodim* in anderen Kulturen), um Auswirkungen auf den Ertrag zu minimieren. Betriebe sollten ihre Ackerflächen genau beobachten. Früherkennung und gezielte Maßnahmen zur Bekämpfung erster Nester sind äußerst wichtig.

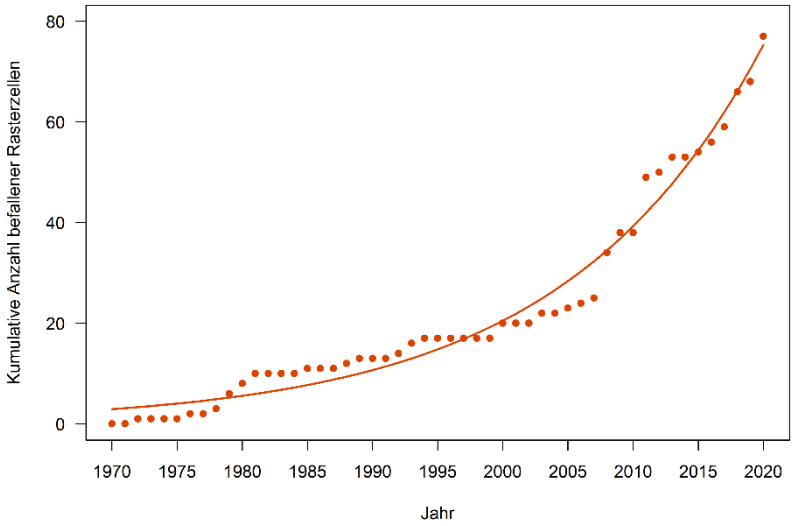


Abbildung 2: Beobachtete kumulative Anzahl von Rasterzellen (~33 km^2), die von *Sorghum halepense* besetzt sind (Datenpunkte), und die erwartete kumulative Anzahl der besetzten Rasterzellen pro Jahr, abgeleitet aus einem Poisson-Modell (Linie) (aus FOLLAK et al. 2021).

Zusammenfassung

In dieser Studie wird die räumlich-zeitliche Ausbreitungsdynamik der invasiven Unkräuter *Solanum carolinense*, *Cyperus esculentus* und *Sorghum halepense* in Österreich analysiert. Alle drei Arten haben sich seit ihrem Erstauftreten ausgebreitet. Eine Eindämmung und Kontrolle schließen mehrere Maßnahmen ein, und zwar die weitere Beobachtung der Vorkommen, eine Stärkung des Bewusstseins bei den Betrieben, eine Vermeidung der Verschleppung durch kontaminierte Maschinen und spezifische Bekämpfungsstrategien (Herbizide, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen).

Abstract

In this study, the spatio-temporal spread dynamics of the invasive weeds *Solanum carolinense*, *Cyperus esculentus* and *Sorghum halepense* were analysed in Austria. All three species have spread since their first occurrence. Containment and control involves several measures, namely continued monitoring of distribution, increased awareness among farmers, prevention of spread via contaminated machinery, and specific control strategies (herbicides, crop management measures).

Literatur

ANDUJAR J., BARROSO J., BARROSO C., FERNANDEZ-QUITANILLA C., DORADO J., 2012: Spatial and temporal dynamics of *Sorghum halepense* patches in maize crops. Weed Research 52, 411-420.

FOLLAK S., 2020: Distribution and small-scale spread of the invasive weed *Solanum carolinense* in Austria. EPPO Bulletin 50, 322-326.

FOLLAK S., BELZ R., BOHREN C., DE CASTRO O., DEL GUACCHIO E., PASCUAL-SEVA N., et al., 2016: Biological flora of Central Europe: *Cyperus esculentus* L. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 23, 33-51.

FOLLAK S., HOCHFELLNER L., SCHWARZ M., 2021: Aufgepasst! Die Aleppo-Hirse wird zum Problem. Der Pflanzenarzt 74(5), 22-23.

FOLLAK S., SCHWARZ M., 2020: Erdmandelgras – Eine Analyse der räumlich-zeitlichen Ausbreitung. Der Pflanzenarzt 73(11-12), 18-19.

HOLZER T., 2021: Strategie gegen Erdmandelgras. Internet: https://www.lko.at/strategie-gegen-erdmandelgras+2400+3378861.

PEERZADA A.M., Ali H.H., HANIF Z., BAJWA A.A., KEBASO L., FRIMPONG D., et al. (2017□□Eco-biology, impact, and management of *Sorghum halepense* (L.) Pers.□Biological Invasions, DOI 10.1007/s10530-017-1410-8.

PYSEK P., HULME P., 2005: Spatio-temporal dynamics of plant-invasions: linking pattern to process. Ecoscience 12, 302-315.

WAHLERT G.A., CHIARINI F.E., BOHS L., 2015: A revision of *Solanum* section *Lathyrocarpum* (the *Carolinense* Clade, Solanaceae). Systematic Botany 40, 853-887.

Adresse des Autors

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

[*] Ansprechpartner: Dr. Swen Follak, swen.follak@ages.at

Quantifizierung des *Tomato brown rugose fruit virus* basierend auf der Pathogenität

Quantification of Tomato brown rugose fruit virus based on pathogenicity

Shaheen Nourinejhad Zarghani[*1], Jens Ehlers[1], Mehran Monavari[2], Joachim Hamacher[3], Carmen Büttner[1] und Martina Bandte[1]

Abstract

Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) belongs to the genus *Tobamovirus* and is a quarantine plant pathogenic virus in many countries including Germany. The virus causes moderate to severe symptoms on tomato and sweet pepper (*Capsicum annuum*). Tobamoviruses (including ToBRFV) are among the most serious threats to tomatoes around the world and are very stable and remain infectious for serval years outside of the host cells. The monopartite virions of tobamoviruses have a thermal inactivation point of about 90°C and survive in plant sap for many years which make their eradication from infected areas, like greenhouses, very difficult.

There are several methods based on viral nucleic acids (e.g. northern blotting, real-time or quantitative reverse transcriptase polymerase chain reaction qRT-PCR), viral proteins (quantitative ELISA), and pathogenicity (local lesion assay) for quantification of plant viruses. For the first time, Francis O. Holmes established the local lesion assay and showed that the number of local lesions on the inoculated host is correlated with virus titer. Few models and formulas have been developed for quantification of virus concentrations in suspensions used for inoculation of a local lesion host, and the number of local lesions produced after inoculation, i.e. accurate correlation between the number of local lesions and virus titer in the inoculated sap. These formulas are categorized in different groups according to their established basic statistical formula. Here we are reporting the best model to quantify the concentration of ToBRFV based on the local lesions.

Literatur

HOLMES, F.O., 1928. Accuracy in comparing various concentrations of tobacco-mosaic virus. P*hyto-pathology* 18:132.

BALD, J.G., ILTIS, R., SCHNEIDER, S.M., GOKHALE, D.V., DESJARDINS, P.R., 1990. Association of logistic and Poisson models of infection with some physical characteristics of a single component plant virus. *Journal of Virological Methods* 27, 11-28.

Adressen der Autoren

1 Humboldt-Universität zu Berlin - Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften I Phytomedizin; Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

2 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Referat eScience, Unter den Eichen 87, D-12205 Berlin,

3 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Fachbereich Phytomedizin, Nussallee 9, D-53115 Bonn

[*] Ansprechpartner: PhD. Shaheen NOURINEJHAD ZARGHANI, nourines@hu-berlin.de

Bewertung verschiedener Entschädigungsoptionen für Betriebe beim Auftreten von Quarantäneschadorganismen

Evaluation of different compensation possibilities for farmers in the case of the occurrence of quarantine pests

Jens Ehlers[1], Anna Filiptseva[2], Sarah Kretzschmer[2], Günther Filler[2], Martin Odening[2], Martina Bandte[1] und Carmen Büttner[1]

Einleitung

Die Einschleppung von zahlreichen als Quarantäneschadorganismen (QSO) klassifizierten Krankheitserregern und Schädlingen in die EU erfolgte in den letzten Jahrzehnten hauptsächlich über den ansteigenden internationalen Warenverkehr und Tourismus im Zuge der Globalisierung (HULME 2009, MEURISSE et al., 2019). Die sich potenziell anschließende Etablierung in unseren Breiten kann für diverse Organismen durch ansteigende Durchschnittstemperaturen im Zuge des voranschreitenden Klimawandels begünstigt werden (BEBBER et al. 2013). Aus diesen Entwicklungen ergeben sich erhebliche Auswirkungen für die Pflanzengesundheit auf der einen Seite als auch potenziell existenzbedrohende wirtschaftliche Konsequenzen für landwirtschaftliche Betriebe auf der anderen Seite.
Weder in der EU noch in Deutschland existieren länderübergreifend harmonisierte Entschädigungssysteme für Betriebe im Quarantäneschadfall. Es ist davon auszugehen, dass eine Entschädigung der Betriebe zu einer größeren Akzeptanz der Meldepflichten und amtlich angeordneten Bekämpfungsmaßnahmen führen. Die frühzeitige Meldung eines Verdachtsfalls -insbesondere durch landwirtschaftliche und gärtnerische Betriebe ist für den raschen Nachweis und Erfolg in Bezug auf die Tilgung und Vermeidung der Ausbreitung von Quarantäneschadorganismen entscheidend (EPACHIM-NIELL et al. 2021).

Material und Methoden

Quarantäneschadorganismen (QSO): Es wurden für relevante landwirtschaftliche und gartenbauliche Sektoren bedeutende QSO ausgewählt und auf Grundlage biologischer Determinanten eine Einschätzung zu den jeweiligen Auftretenswahrscheinlichkeiten vorgenommen.
Schadensausmaßanalyse: Aufbauend auf den biologischen Determinanten, sektorspezifischer Besonderheiten und in Abwägung individueller Anpassungsoptionen des Produktionsprogrammes wurden einzelbetriebliche Schäden nach dem *Partial Budgeting* Schema (Saldierung einmaliger/mehrmaliger (Barwerte) entgangener (zusätzlicher) Leistungen und zusätzlicher (eingesparter) Kosten) kalkuliert. Hinsichtlich der Anpassungsoptionen wurde jeweils zwischen einem ‚milden' Szenario (weniger schwerwiegende Einschränkungen) und einem ‚ungünstigen' Szenario (sehr starke, zum Teil mehrjährige Beeinträchtigungen) unterschieden.
Entschädigungsoptionen: Es wurde eine Bestandaufnahme von weltweit etablierten Entschädigungsoptionen für den Quarantäneschadfall vorgenommen und deren Vor- und Nachteile herausgearbeitet. Außerdem wurden die Optionen der Bildung einer Fondslösung und deren Finanzierung, des Risikoausgleich durch Versicherungsprodukte und deren Subventionierung sowie der Ausbau des Status Quo für eine Entschädigung im Quarantäneschadfall in Deutschland evaluiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Schadensausmaßanalysen sollen am Beispiel vom Kartoffelkrebs (*Synchytrium endobioticum*) umrissen werden.
Beim Kartoffelkrebs handelt es sich um eine regulierte Pilzkrankheit der Kartoffel. Der Erreger *S. endobioticum* ist sehr wirtspezifisch, sodass ausschließlich der Kartoffelanbau gefährdet ist. In der Schadenskalkulation wurden eine Reihe von Annahmen unterstellt, die sowohl auf bisherigen Auftretensfällen als auch auf allgemeinen Überlegungen und Informationen zum Kartoffelanbau in Deutschland beruhen. Auf Grund der Komplexität solcher Auftrittsereignissen sind die potenziellen Schäden mit einer großen Schwankungsbreite verbunden. Um dieser Komplexität ansatzweise Rechnung zu tragen, wurde

eine Schadenskalkulation für ein günstiges (Anbau resistente Sorte Axenia alle 4 Jahre, 20 Jahre Nutzungseinschränkungen) als auch ein ungünstiges Szenario (Weizen als Alternative, alle 4 Jahre, 20 Jahre) erarbeitet. Wesentliche Treiber für die Höhe der Schäden sind der Wert des zu vernichtenden Erntegutes, der Barwert der entgangenen Deckungsbeitragsdifferenzen zur Produktionsalternative, die Kosten der Vernichtung des Gutes (Verbrennung etc.) sowie neben anderen Kosten die Kosten für Reinigung und Desinfektion. Im günstigen Fall würden sich demnach Nettoschäden in Höhe von ca. 7.700 €/ha ergeben, während im ungünstigen Fall die Schadenshöhe mehr als 13.000 €/ha betragen könnte. Aufbauend auf diesen betrieblichen Einzelschäden und ermittelten historischen Ereignishäufigkeiten bezüglich des Auftretens von *S. endobioticum* werden erwartete Auszahlungen berechnet.

Um Empfehlungen für die Ausgestaltung von staatlichen und/oder privatwirtschaftlichen Entschädigungsoptionen zu geben, erfolgte eine breite Bestandsaufnahme existierender QSO-Entschädigungssysteme. In der europäischen und internationalen Realität existieren zahlreiche Varianten von Entschädigungsformen. Die jeweiligen Organisationsformen sind historisch gewachsen und im Kontext bestehender Strukturen und der (förder)rechtlichen Rahmenbedingungen in den jeweiligen Ländern zu sehen. Möglichkeiten der öffentlichen Förderung von Risikomanagementinstrumenten im Sinne der Absicherung gegen QSO-bedingte Risiken werden kaum (u.a. Deutschland), in geringem Maße (Spanien, Italien) bzw. verstärkt (USA) genutzt.
Private Versicherungslösungen für den Quarantäneschadfall existieren punktuell u.a. in Deutschland und den USA. Erfahrungen mit Fonds auf Gegenseitigkeit bestehen in Frankreich und den Niederlanden. Überwiegend staatliche Ad hoc Hilfen leisten neben Deutschland noch Polen, Slowenien als auch die Schweiz gegen Schäden im Zusammenhang mit dem Auftreten von QSO.
In Bezug auf die Gestaltung möglicher finanzieller Entschädigungsleistungen, werden Präferenzen von Unternehmen aus Landwirtschaft und Gartenbau bestimmt. Die befragten Betriebsleiter (n=155) bevorzugen eine staatliche Organisationform mit einer freiwilligen Teilnahme, bei der mögliche Entschädigungszahlungen bedingungsfrei, also an keine Voraussetzungen wie prophylaktische Hygienemaßnahmen gekoppelt sind, ausgezahlt werden. Grundsätzlich sind sich alle in Interviews befragten Betriebe darin einig, dass der Staat sich in irgendeiner Form an den Entschädigungen beteiligen muss, wenn dieser dem Betrieb Tilgungsmaßnahmen amtlich vorschreibt.
Aufbauend auf den Erfahrungswerten bereits existierender Entschädigungsoptionen, den Präferenzen der Betriebsleiter sowie allgemeiner Überlegungen der Vor- und Nachteile verschiedener Optionen erscheinen die folgenden Entwicklungspfade realistisch: Optimierung des gegenwärtigen Systems staatlicher Entschädigungszahlungen, Ausbau von Versicherungslösungen, Etablierung von Fondslösungen. Unabhängig von den Entwicklungspfaden oder -Kombinationen sollte ein koordiniertes Vorgehen zwischen Bund und Ländern angestrebt werden. Insbesondere ein Systemwechsel weg von staatlichen Ad-hoc Entschädigungen hin zu privatwirtschaftlichen Versicherungslösungen sollte in enger Abstimmung zwischen Bund und Ländern erfolgen, da partielle Lösungen einzelner Bundesländer weniger erfolgversprechend erscheinen als eine ganzheitliche Betrachtung, bei der ggf. auch weitere Risiken, z. B. Wetterrisiken, mit einbezogen werden können.

Zusammenfassung

Untersuchungen zu potenziellen wirtschaftlichen Schäden von Quarantäneschadorganismen (QSO) wurden mithilfe des Partial Budgeting Schemas und darauf aufbauenden Aggregationsansätzen vorgenommen. Durch QSO verursachte Schäden variieren zwischen den verschiedenen betrachteten Sektoren in Abhängigkeit vom jeweiligen Organismus, der betrieblichen Struktur als auch der regionalen Produktionsdichte stark.
Auf der Grundlage allgemeiner Überlegungen und der vorliegenden nationalen und internationalen Erfahrungen zu Entschädigungsoptionen werden Schlussfolgerungen über die Ausgestaltung von Entschädigungen im Fall von QSO gezogen. Die Entschädigungsoptionen a) Optimierung des gegenwärtigen Systems staatlicher Entschädigungszahlungen, b) Ausbau von Versicherungslösungen (Erweiterung bestehender Deckungen um bestimmte Quarantänekosten) und c) Etablierung von Fondslösungen (in Einzelsektoren) erscheinen für den deutschen Agrar- und Gartenbausektor realistisch.

Abstract

Studies on the potential economic damage caused by quarantine pests were carried out using the partial budgeting scheme and aggregation approaches. Damage caused by quarantine pests differs widely between the different sectors, depending on the organism, the farm production structure as well as the regional production density. Based on general considerations and the available national and international experience on compensation options, conclusions are drawn on the design of compensation in the case of quarantine pests. The compensation options a) optimization of the current system of state compensation payments, b) expansion of insurance solutions (extension of existing coverage to include certain quarantine costs) and c) establishment of fund solutions (in individual sectors) appear realistic for the german agricultural and horticultural sector.

Literatur

Bebber, DP, Ramotowski, MAT, Gurr, SJ, 2013: Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature Climate Change 3*, 985-988.

Epanchin-Niell, R, Thompson, AL, Treakle, T, 2021: Public contributions to early detection of new invasive pests. *Conservation Science and Practice* 3:e422.

Hulme, P.E. 2009: Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. In *Journal of Applied Ecology 46*, 10–18.

Meurisse, N, Rassati. D, Hurley, BP, Brockerhoff, EG, Haack, RA, 2019: Common pathways by which non-native forest insects move internationally and domestically. *Journal of Pest Science 92*, 13-27.

Adressen der Autoren

[1] Lebenswissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

[2] Lebenswissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Allgemeine Betriebslehre des Landbaus, Philippstr. 13, D-10115 Berlin

* Ansprechpartner: Jens Ehlers, M.Sc., ehlerjen@hu-berlin.de

Faktoren welche die Persistenz von *Salmonella enterica* in landwirtschaftlichen Böden beeinflussen

Elucidating factors that affect the persistence in agricultural soil by Salmonella enterica

Jasper Schierstaedt[1,2*], Abhishek Shrestha[2], Sven Jechalke[3], Burkhardt Flemer[2], Adam Schikora[2] und Rita Grosch[1]

Einleitung

In den letzten Jahren hat die Anzahl an Infektionserkrankungen des Menschen, bedingt durch den Verzehr von mit humanpathogenen Bakterien (HPB) wie *Salmonella* und *Escherichia coli* belastetem Gemüse, weltweit zugenommen. Die Ursachen, die zu den gegebenen Ausbrüchen führten sind derzeit weitestgehend ungeklärt. So stellt sich zunächst die Frage nach dem Einfluss von landwirtschaftlichen Kultivierungsbedingungen wie dem Bodentyp bzw. dessen physikochemischen Eigenschaften, von organischem Dünger, sowie von belasteten Pflanzenresten, die in den Boden eingearbeitet werden, auf die Persistenz von HPB im Boden. Das Überleben von *S. enterica* im Boden ist Voraussetzung für die Besiedelung von Kulturpflanzen über das Wurzelsystem. Die vorherrschenden biotischen und abiotischen Umweltfaktoren können das Überleben im Boden beeinflussen. Mallon et al. (2015) beschreiben die „mikrobielle Invasion“ als einen vierstufigen Prozess. In der ersten Phase, der „*introduction*“ wird der betreffende Mikroorganismus in eine neue Umgebung bzw. mikrobielle Gemeinschaft eingebracht und hat in der Phase des „*establishment*“ den abiotischen Umweltfaktoren, wie pH, Temperatur oder Salzgehalt standzuhalten. In dieser Phase sind biotische Eigenschaften von großer Bedeutung, um trotz Konkurrenz, Antagonismus und Präadaption überlebens- und wachstumsfähig zu bleiben. In Abhängigkeit von vorhandenen Nahrungsquellen erreicht der Organismus die Phase „*growth and spread*“. Die Invasion des Organismus gilt in dieser Phase als erfolgreich und für die Kolonisierung von Pflanzen, ausgehend vom Boden, ist die erfolgreiche Invasion in die wurzelnahe Umgebung unumgänglich. Ziel der Arbeit war daher, die Persistenz von *Salmonella enterica* im Boden zu untersuchen.

Material und Methoden

Zur Untersuchung der Persistenz im Boden wurden die *S. enterica* Serovare (Typhimurium 14028s, Typhimurium LT2 und Senftenberg) verwendet. Zur Inokulation des Bodens „Lehmsand“ wurden diese in flüssigem LB Medium angezogen. Um den Einfluss einer reduzierten und einer gegeben mikrobiellen Gemeinschaft auf die Persistenz von *Salmonella* zu untersuchen, wurde ein Teil des Bodens autoklaviert und ein anderer Teil unbehandelt verwendet. Die drei genannten Bakterien-Stämme wurden in gleicher Zellzahl (10^6 Zellen/g Boden) in den autoklavierten und nicht autoklavierten Boden eingearbeitet (Abb.1). Zuvor wurden die Böden auf eine für das Pflanzenwachstum günstige Wasserhaltekapazität von 50% eingestellt. Jede Variante umfasste 4 Wiederholungen mit jeweils 33,33 ml Bodenvolumen (≙50g), die in 50 ml Falkonröhrchen bei 20°C inkubiert werden.

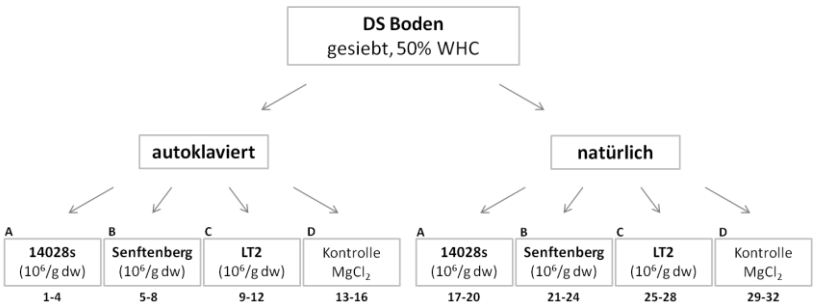


Abbildung 1: **Versuchsaufbau - Einfluss der bakteriellen Gemeinschaft auf das Überleben von *Salmonella enterica* in Lehmsand (WHC = Wasserhaltekapazität, dw = Trockenmasse).**

Des Weiteren wurde die Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaft im Boden zu verschiedenen Zeitpunkten analysiert. Dazu wurde die DNA aus den Bodenproben extrahiert und die 16S rRNA-Genfragmente in einer PCR amplifiziert und sequenziert. Die Sequenzdaten lassen sich mit Hilfe einer Datenbank zum Abgleich den verschiedenen OTU (operational taxonomic unit) zuordnen.

Ergebnisse und Diskussion

Die drei eingesetzten Salmonellen-Stämme sind sowohl in natürlichem als auch autoklaviertem Boden über einen Zeitraum von 160 Tagen nachzuweisen (Abb. 2). Während in nicht autoklaviertem Boden die Kolonien bildende Einheiten (CFU, colony forming units) aller drei Stämme deutlich und stetig abnimmt, ist im autoklaviertem Boden nur eine geringe Abnahme der CFU zu verzeichnen. In autoklaviertem Boden war die Gesamtanzahl aller kultivierbaren Bakterien zu Beginn wesentlich geringer im Vergleich zu natürlichem Boden. Nach einer Inkubationsdauer von 14 Tagen waren jedoch vergleichbare Bakteriendichten (10^7 CFU/g dw) gegeben. Es ist anzunehmen, dass in autoklaviertem Boden die applizierten Salmonellen-Stämme sich aufgrund des „biologischen Vakuums“ besser etablieren konnten und die nachfolgend den Boden re-besiedelnden bakteriellen Populationen mit den Salmonellen zu konkurrieren haben. Möglicherweise etablieren sich diese entsprechend in geringerer Abundanz bzw. Diversität. Die durch das Autoklavieren abgetöteten Bakterien können zudem eine Nahrungsquelle der applizierten Salmonellen darstellen. All diese Bedingungen tragen zu der Überlebensfähigkeit der Salmonellen in einer höheren CFU im autoklavierten Boden im Vergleich zum natürlichen Boden bei.

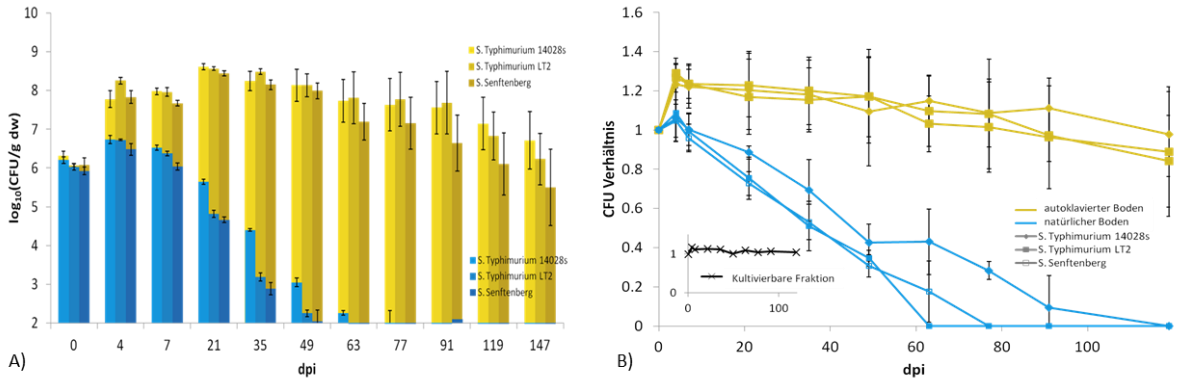


Abbildung 2: **Populationsdichte von verschiedenen *Salmonella enterica* Stämmen in autoklaviertem und natürlichem Boden (Lehmsand). A) Verlauf der gezählten Koloniebildenden Einheiten (CFU, colony forming units) und B) Verlauf der bestimmten CFU in drei biologisch unabhängigen Wiederholungen jeweils am Zeitpunkt 0 dpi abgeglichen und miteinander verrechnet.**

Die Analyse der bakteriellen Bodengemeinschaft zeigt, dass direkt nach dem Autoklavieren des Bodens (0 dpi autoclaved) die größten Unterschiede in der bakteriellen Gemeinschaft bei Vergleich der Bodenproben gegeben waren (Abb. 3). Durch die Inokulation von *Salmonella* eine Einfluss auf die Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaft im autoklavierten Boden zu verzeichnen aber nicht im natürlichen Boden. Dies weist darauf hin, dass die mikrobielle Gemeinschaft des Bodens die Etablierung von *Salmonella* beeinflusst.

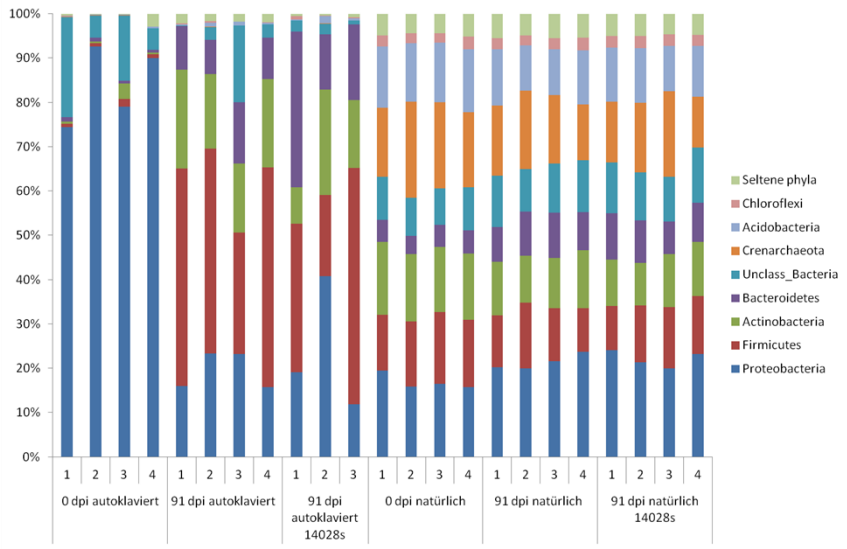


Abbildung 3: **Relative Abundanz der Phyla des Mikrobioms in autoklaviertem und natürlichem Boden mit und ohne *Salmonella* Typhimurium 14028s nach 0 und 91 Tagen Inkubation bei 20 °C.**

Zusammenfassung

In den letzten Jahren kam es vermehrt zu Salmonellose-Ausbrüchen, die sich auf Obst und Gemüse zurückverfolgen lassen. Das lässt darauf schließen, dass Frischeprodukte Vektoren für human pathogene darstellen können. Kontaminationen können in der gesamten Produktionskette, inklusive dem Feld auftreten, daher ist die Persistenz von den Salmonellen im Boden und die daraus möglicherweise folgende Kolonisierung der Pflanzen von großer Bedeutung. Über die Faktoren, welche die Persistenz von Salmonellen im Boden beeinflussen ist bislang wenig bekannt.
In unserer Studie haben wir den Einfluss von einer reduzierten mikrobiellen Diversität auf die Persistenz von *S. enterica* im Boden untersucht. In Mikrokosmos-Experimenten wurden der Stamm *Salmonella enterica* serovar Senftenberg und serovar Typhimurium Stämme 14028s und LT2 untersucht. Die Persistenz wurde dann in autoklavierten und natürlichem Boden untersucht.
Innerhalb von 14 Wochen hat sich die koloniebildende Einheit (CFU) in autoklaviertem Boden von 10^8 auf 10^7/g dw reduziert, während die CFU in natürlichem Boden unter die Bestimmungsgrenze fiel. Alle Stämme waren auch nach 21 Wochen noch nachweisbar in autoklaviertem Boden, was auf ein mögliches dauerhaftes Überleben der Salmonellen in dem Boden hinweist. Die mikrobielle Diversität im autoklavierten Boden war stark reduziert, wodurch sich möglicher Weise die Chance für die Salmonellen ergibt in diese Umgebung einzudringen und sich dauerhaft zu etablieren.

Abstract

In recent years, disease outbreaks caused by *Salmonella* were increasingly associated with raw fruits and vegetables, indicating that fresh produce could be a vector for human pathogens. Contamination of fruits and vegetables can occur along the whole production chain, including the field. The persistence of *Salmonella* in soil might therefore have a big impact on colonization of plants. Nonetheless, knowledge about factors influencing the persistence of human pathogens in soil is scarce.
In this study, we analyzed the impact of a reduced soil microbial diversity on the persistence of Salmonella enterica. Soil microcosm experiments were performed using *Salmonella enterica* serovar Senftenberg as well as the serovar Typhimurium strains 14028s and LT2. The persistence of these strains was monitored in autoclaved soil and compared to non-autoclaved soil.
Within 14 weeks, *Salmonella* colony forming unit (CFU) counts decreased from 10^8 to 10^7/g dw autoclaved soil, while CFU counts were below the quantification limit in the non-autoclaved soil. All strains were still detectable after 21 weeks in autoclaved soil, indicating a possible long-term survival of *Salmonella* in agricultural soil. The soil microbial diversity in autoclaved soil was drastically reduced which might give *Salmonella* a chance to invade and establish in this environment.

Literatur

SCHIERSTAEDT J, JECHALKE S, NESME J, NEUHAUS K, SØRENSEN SJ, GROSCH R, SMALLA K, SCHIKORA A, 2020: *Salmonella* persistence in soil depends on reciprocal interactions with indigenous microorganisms. Environ. Microbiol. 22(7):2639-2652, doi: 10.1111/1462-2920.14972
SCHIERSTAEDT J, GROSCH R, SCHIKORA A, 2019: Agricultural production systems can serve as reservoir for human pathogens. FEMS Microbiol. Lett. 366(23):fnaa016, doi: 10.1093/femsle/fnaa016
MALLON CA, VAN ELSAS JD, SALLES JF, 2015: Microbial invasions: the process, patterns, and mechanisms. Trends Microbial. 23(11):719-729, doi: 10.1016/j.tim.2015.07.013

Adressen der Autoren

[1]Leibniz Institut für Gemüse und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V., Theodor Echtermeyer Weg 1, 14979 Großbeeren

[2]Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Braunschweig, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

[3] Justus Liebig Universität Gießen, Institut für Phytopathologie, 35392 Gießen

[*] Ansprechpartner: Jasper Schierstaedt, schierstaedt@igzev.de

Das Projekt *plantinfect-2* wurde von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (grants 2819HS002, 2819HS005) unterstützt.

Anforderungen und nutzbringende Anwendungen von Drohnen in der Landwirtschaft

Requirements and beneficial applications of drones in agriculture

Lukas Schmidbauer

Einleitung

Die Digitalisierung schreitet in der Landwirtschaft mit großen Schritten voran und somit sind Fütterungs- sowie Melkroboter, automatische Lenksysteme, N-Sensoren, usw. bereits längst keine Seltenheit mehr. Doch auch der Einsatz von Drohnentechnik, hervorgerufen durch die beachtliche technologische Entwicklung in den letzten Jahren, hat sich deren Einsatz enorm erweitert. Ausgestattet mit verschiedenster Kamera-, Sensor- und Navigationstechnik sind bereits unzählige Anwendungsmöglichkeiten gegeben.
Ziel der Arbeit ist es, verschiedene Anwendungsmöglichkeiten von Drohnen zu erheben und anschließend zu analysieren und bewerten. Da es vielfältige Möglichkeiten und je nach technischem Aufwand unterschiedlichste Lösungen gibt, ist es notwendig, jene Anwendungen herauszuarbeiten, die den größten Nutzen stiften, den Bedarf am besten treffen, technisch und rechtlich machbar sind und auch wirtschaftlich umsetzbar sind.

Material und Methoden

Im Rahmen des gegenständlichen Projekts sollen Grundlagen für die Entwicklung einer breiten Verfügbarkeit von Drohnen-Dienstleistungen erforscht werden. Dazu gehören eine Erhebung und Analyse der verschiedenen Anwendungen und eine nachfolgende Bewertung. Um einen möglichst breit gefächerten Horizont möglicher Anwendungsbereiche erhalten zu können, wurden, neben umfangreichen Internetrecherchen, direkt Landwirte und Landwirtinnen aus den verschiedensten Spaten angesprochen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Rückmeldungen fielen eher überschaubar aus. Prinzipiell zeigten die Landwirte und Landwirtinnen Interesse am Gespräch, jedoch lagen die Erfahrungen Großteils nur im Freizeitbereich, wo Drohnen zur Foto- und Videografie eingesetzt werden. Als Zweifelfaktoren für neue Anwendungen wurden Kosten, Sinnhaftigkeit, Schlagkraft und bessere bestehende Möglichkeiten genannt.
Dennoch wurden einige interessante Anwendungsbereiche gefunden und in einer Übersichtsmatrix veranschaulicht. Um nun ein konkretes Ranking der Anwendungen erhalten zu können, werden die Anwendungsbereiche in den nächsten Schritten bewertet und analysiert.

<u>Drohnenkategorien</u>:
Die Drohnen lassen sich in 3 verschiedene Kategorien einteilen: Open, Specific und Certified.
Die meisten Drohnen fallen in die Kategorie „open“. Diese Kategorie ist besonders für den Privatgebrauch relevant und umfasst, anhängig vom Abfluggewicht, unterschiedliche Klassen.
Landwirtschaftsdrohnen fallen oft in die „specific“-Kategorie. Hier sind Flüge außerhalb der Sichtweite (BVLOS) erlaubt. Diese Kategorie kommt bei Kameraflügen über besiedeltem Gebiet oder Befliegung von Infrastruktur zur Anwendung. Um eine Drohne in dieser Kategorie verwenden zu können, ist eine Bewilligung durch die Austro Control notwendig. Hier wird zur Abschätzung des Risikos eine SORA-Analyse durchgeführt.
Die Kategorie „certified“ kommt bei Anwendung zu Geltung, bei welchen das Risiko vergleichbar ist mit jenem in der bemannten Luftfahrt. Hierbei sind sehr viele Zulassungen notwendig und Anwendungen wie zum Beispiel Personen- oder Gefahrenguttransporte fallen in diese Kategorie.

Auf Basis von Literaturrecherche und der Landwirt-/Landwirtinnenbefragung konnten verschiedene Kategorien von Anwendungsbereichen von Drohnen in der Landwirtschaft gefunden werden.

Inspektionsflüge: Mit einer Drohne können zum Beispiel Siloanlagen oder andere landwirtschaftliche Gebäude beflogen und so begutachtet werden. Dies könnte vor allem nach Wetterereignissen wie zum Beispiel nach einem Hagel oder Sturm sinnvoll sein, um eventuell entstandene Schäden abschätzen zu können. Natürlich kann dies auch bei Windkraftanlagen, Leitungen, Brücken, usw. durchgeführt werden. Die Drohne müsste für diesen Anwendungsbereich lediglich mit einer Kamera und einem GNSS-System ausgestattet sein. Möchte man Indoor Inspektionen mit einer Drohne, zum Beispiel für schwer zugängliche Bereiche, durchführen, muss die Drohne durch den gestörten GNSS-Empfang zusätzlich mit einem kugelförmigen Käfig und einer LED Beleuchtung ausgestattet sein.
Vermessungen: 2D/3D Vermessungen und Modellierungen von Erdoberflächen oder Baustellen, zum Beispiel zur Berechnung des Ab-/und Auftragsvolumen, können ebenfalls mit einer Drohne erfolgen. Selbiges gilt auch für die Vermessung beziehungsweise Modellierung von Objekten mittels Photogrammmetrie.
Bestandesüberwachung: Ein weiterer Anwendungsbereich von Drohnen ist die Bestandesüberwachung. Hierbei können mittels einfachen Luftbildern in gewissem Ausmaß verstärkte Unkrautbewüchse, Lagerschäden, Anbaufehler, Nährstoffunter-/Überversorgung, Wassermängel oder Wildschäden detektiert werden. Für diesen Anwendungsbereich muss die Drohne nur mit einer Kamera ausgestattet sein. Ein GNSS-System ist nicht zwingend notwendig. Um den Pflanzenzustand genauer erheben zu können, kann eine Multispektralanalyse eines Bestandes durchgeführt werden. Anforderungen an die Drohne sind hierbei automatisches Fliegen, eine Multispektralkamera und ein GNSS-System. So können Vegetationsindizes und biophysikalische Variablen berechnet werden. Solche Analysen führen zu einer effektiveren Nachbehandlung und durch die Erstellung von Applikationskarten kann zum Beispiel eine teilflächenspezifische Düngung durchgeführt werden.
Wärmebildanalysen: Ist eine Drohne mit einer Wärmebildkamera ausgestattet, so können Rehkitze vor dem Mähtod geschützt werden. Weiters können Photovoltaikanlagen überprüft werden. Dies kann vor allem bei der Erstinbetriebnahme oder bei Leistungsverlusten zur Erkennung von Zell- oder Moduleffekten interessant sein. Ein weiterer Anwendungsbereich von Wärmebildanalysen ist die Überprüfung der Abluftführung/Energieeffizienz eines Stallgebäudes. Hier können Emissions-/Immissionssituationsprobleme aufgezeigt werden und so können Heizkosteneinsparungen realisiert, und eine wirtschaftlichere, ökologischere Arbeitsweise erzielt werden.
Trichogrammaausbringung: Ein bereits verbreiteter Anwendungsbereich von Drohnen in der Landwirtschaft ist die Ausbringung von Trichogramma Schlupfwespen. Diese dienen zur Bekämpfung des Maiszünslers in Maiskulturen und ausgebracht werden Kapseln mit Eiern der Schlupfwespe. Der Ausbringzeitpunkt wird durch Experten/Prognosemodelle bestimmt und ein bis zwei Wochen nach der ersten Ausbringung erfolgt eine weitere Ausbringung. Neben einer Kamera und einem GNSS-System muss die Drohne zusätzlich mit einem Transportbehälter und einem Abwurfsystem ausgestattet. Automatisches Abfliegen des Schlages muss ebenfalls möglich sein.
Forst: In der Forstwirtschaft kann eine Drohne zur Detektion von Borkenkäferbefall eingesetzt werden. Durch eine Multispektralanalyse kann ein Befall bereits nach 3-4 Wochen ermittelt werden und somit kann durch Entnahme des befallenen Baumes eine Ausbreitung auf benachbarte Bäume verhindert werden. Weitere Anwendungsbereiche im Forst sind die Forstinventur, die allgemeine Bewertung von Forstplantagen sowie die Detektion von Waldbränden. Neben dem automatischen Abfliegen des Forstbestandes sind weitere Anforderungen an die Drohne eine Multispektralkamera, ein GNSS-System sowie eine Wärmebildkamera.
Wildschadensprävention: Wildschäden sind ein großer Kostenfaktor und eine Prävention kann durch Drohnen erfolgen. Durch eine an der Drohne montierte Wärmebildkamera können Wildtiere detektiert werden und durch die Verfolgung des Wildwechsels kann rechtzeitig gehandelt werden. Sind bereits Wildschäden vorhanden, könne diese mittels Drohne dokumentiert werden und durch georeferenzierte Orthofotos kann eine Schadflächenausmessung erfolgen.
Ausbringung der Florfliege: Ein biologischer Pflanzenschutz kann durch die Ausbringung von Larven der Florfliege realisiert werden. Diese wirken gegen Blattläuse, Spinnmilben, Thrispen und andere tierische Schädlinge. Sie können im Wein-/Obst- und Ackerbau eingesetzt werden. Neben dem Transportbehälter und einem Abwurfsystem muss die Drohne mit einer Kamera und einem GNSS-System, für automatisches Fliegen, ausgestattet sein.

Ausbringung von Pflanzenschutzmittel mittels Drohne:

Im Zuge der Literaturrecherche wird man immer wieder mit dem Thema Pflanzenschutzmittelausbringung mittels Drohne konfrontiert. Dieser Anwendungsbereich wird durch die Richtlinie 2009/128/EG Artikel 9 verboten. Da die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln mittels Drohne in Österreich auf Länderebene geregelt wird, ist in besonderen Fällen eine Ausnahmegenehmigung möglich.

Zusammenfassung

Für die Erhebung von Anwendungsmöglichkeiten von Drohnen in der Landwirtschaft wurde neben einer Literaturrecherche eine Befragung von Landwirten und Landwirtinnen durchgeführt. Dies führte zu einem breit gefächerten Horizont an Anwendungsbereichen. Zum Beispiel können Drohnen eingesetzt werden um Inspektionsflüge, Vermessungen oder Wärmebildanalysen durchzuführen. Mittels einfachen Luftbildern oder mittels Multispektralanalyse kann außerdem ein Bestand optimal überwacht und der Pflanzenzustand erhoben werden. Weiters können Schlupfwespen oder Florfliegen mit Hilfe einer Drohne zur Bekämpfung von Schädlingen ausgebracht werden.
Weitere Anwendungsbereiche, wie zum Beispiel die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln mittels Drohne werden durch den derzeitigen Rechtsrahmen verboten und sind dadurch rechtlich nicht, beziehungsweise nur in Ausnahmefällen durchführbar.

Abstract

In order to find possible applications of drones in agriculture, a survey of farmers was conducted in addition to a literature review. This survey provided a broad horizon of application areas. Drones can be used for instance to perform inspection flights, area measurements or thermal image analysis. With the help of simple aerial images or multispectral analysis, a field can furthermore be optimally monitored and the plant condition determined. In an effort to control pests, ichneumon flies or lacewings can be spread with the help of drones.
Other application areas, such as the spreading of pesticides by drones, are prohibited by the current legal framework and therefore not legally feasible, or only in exceptional cases.

Literatur

Georg Linsberger, P. R.-N.-P. (2021). *Drohnen in der Landwirtschaft.* Wieselburg: HBLFA Francisco Josephinum Wieselburg.
Hübl, D. (kein Datum). *agrarcopter.at*. Von https://www.agrarcopter.at/ abgerufen
Polly, I. S. (06. 09 2020). Drohnen in der Land- und Forstwirtschaft.
Schreiber, S. (18. 3 2021). *noe.orf.at*. Von https://noe.orf.at/stories/3095324/?fbclid=IwAR0vM-HyDUNh3-rUF-boVRoyAoPRNia7Se04tMparGBj2UHBTwyrJ3bF5p0 abgerufen

Adresse des Autors

Josephinum Research, Rottenhauser Straße 1, 3250 Wieselburg

Standortangepasste Aussaat von Mais zur Ertrags- und Qualitätsabsicherung in Trockenperioden

Site-adapted sowing of maize to ensure yield and quality in dry periods

Markus Gansberger[1*], Fabian Butzenlechner[2], Peter Prankl[1], Simon Brandeis[3], Albert Müllner[4] und Andreas Ettlinger[2]

Einleitung

Das Ertragspotential von landwirtschaftlichen Flächen ist nicht nur regional heterogen, sondern auch innerhalb von Feldgrenzen. Diese Unterschiede werden durch häufiger auftretende Wetterextreme wie bspw. lange Trockenperioden verstärkt. In der Düngung wird vermehrt auf diese Einflüsse reagiert (PAPADOPOULOS et al. 2015, UPPENKAMP 2021) und die ausgebrachten Mengen teilflächenspezifisch an die natürlichen Voraussetzungen des Bodens und die Entwicklung des Pflanzenbestands angepasst. Dasselbe Prinzip ist auch für die Aussaat anwendbar (MUNAF et al. 2020). An knapp versorgten Stellen kann mit einer geringeren Aussaatdichte die Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe reduziert und damit der Einzelpflanze eine bessere Entwicklung ermöglicht werden.
In diesem Beitrag wird das Potential der standortangepassten Aussaat von Mais in Trockenperioden untersucht. Als Grundlage dienen die erhobenen Daten von Feldversuchen an fünf Standorten im Jahr 2020 und sieben Standorten im Jahr 2021. Es werden die Trockenmasseerträge in Relation zu den Niederschlagsmengen, sowie verschiedene Qualitätsparameter (Stärke- und Proteingehalt und Biogasausbeute) untersucht.

Material und Methoden

Jahre, Pflanzenarten: Zur Analyse der teilflächenspezifischen Aussaat wurden Versuche aus den Jahren 2020 und 2021 herangezogen. Im Jahr 2020 wurde auf 5 Versuchsbetrieben Körnermais, Silomais (für Biogaserzeugung) und Bio-Grießmais angebaut. 2021 wurde auf 7 Versuchsbetrieben Körnermais und Silomais angebaut (Tabelle 1).
Standorte: siehe Tabelle 1, Tabelle 2 und Abbildung 1
Versuchsanlage: Die standortangepasste bzw. variable Aussaat wird mit der Aussaat mit fixen Körneranzahl pro Hektar verglichen. Als Maße für die Untersuchung dienen der Trockenmasseertrag und Qualitätsparameter (Protein- und Stärkegehalt, Gasausbeute bei Silomais) in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge.
Sorten: siehe Tabelle 1 und Tabelle 2

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 2 zeigt die Trockenmasseerträge bei der Aussaat mit fixer und variabler Körneranzahl pro Hektar. Bei dem Feldversuch in Waldhers handelt es sich um Silomais zur Biogasproduktion. Die Ertragszahlen sind daher mit den Trockenmasseerträgen bei Körnermais an den anderen Standorte nicht vergleichbar.
Die Standorte Guntersdorf, Hörsching und Waldhers waren in beiden Erntejahren ident. Die Erträge des Versuchsfeldes in Guntersdorf sind in beiden untersuchten Jahren sehr ähnlich und sind im Jahr 2021 im Durchschnitt um ca. 400 kg/ha höher. Durch die variable Maisaussaat, wurde der Ertrag in beiden Jahren um ca. 2,5 % gesteigert. In Hörsching ging der durchschnittliche Ertrag von 2020 auf 2021 um ca. 2.700 kg/ha zurück. Trotzdem konnte durch die variable Maisaussaat der Ertrag in beiden Jahren um ca. 1 % gesteigert werden.

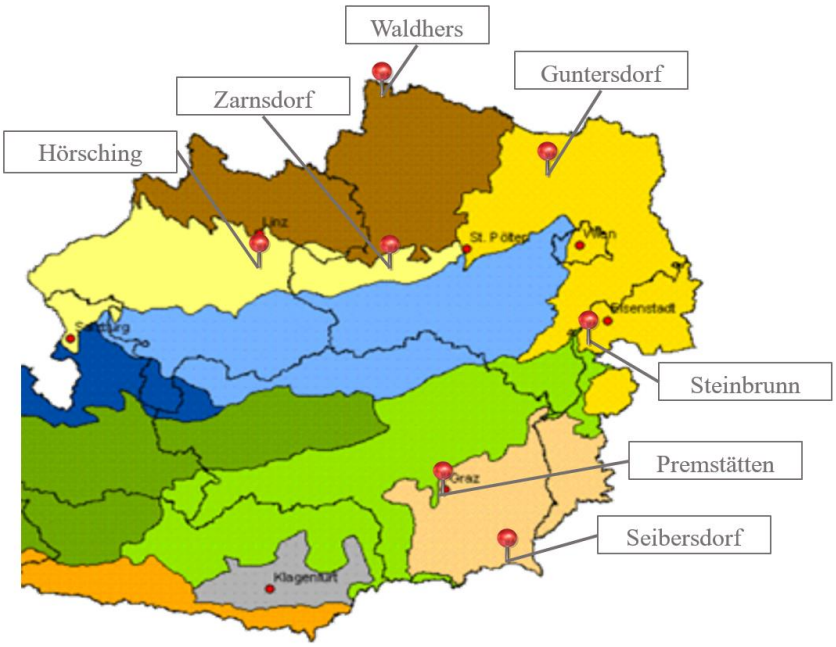


Abbildung 1: **Standorte der Feldversuche 2021**

Tabelle 1: **Überblick Feldversuch 2020**

Standort	Feldstück-größe in ha	Nutzung	Bio	Zonen	Basis-stärke in Kör-ner/ha	Spreizung in Kör-ner/ha	Reihen-abstand in cm	Sorte (Reife-zahl)
Wieselburg	3,06	Körner-mais	nein	3	85.000	75.000-95.000	75	Arno (330)
Hörsching	4,73	Körner-mais	nein	3	80.000	67.500-92.500	70	SY Calo (250)
Waldhers	7,91	Silomais	nein	5	85.000	65.000-95.000	75	Filmeno (290)
Guntersdorf	6,62	Körner-mais	nein	5	75.000	52.500-90.000	75	Arnauto (380)
Weiden	4,46	Körner-mais	ja	5	57.000	47.000-67.000	50	Danubio (270)

Tabelle 2: **Überblick Feldversuche 2021**

Standort	Feldstück-größe in ha	Nutzung	Bio	Zonen	Basis-stärke in Kör-ner/ha	Spreizung in Kör-ner/ha	Reihen-abstand in cm	Sorte (Reife-zahl)
Zarnsdorf	11,1	Körner-mais	nein	5	85.000	70.000-100.000	70	Arno (330)
Hörsching	4,73	Körner-mais	nein	3	80.000	67.500-92.500	70	SY Calo (250)
Waldhers	6,59	Silomais	nein	5	80.000	65.000-95.000	75	Filmeno (290)
Guntersdorf	8,53	Körner-mais	nein	5	70.000	55.000-80.000	75	Arnauto (390)
Steinbrunn	5,5	Körner-mais	ja	5	80.000	65.000-95.000	75	Absoluto BIO (420)
Premstätten	3,04	Körner-mais	nein	5	80.000	65.000-95.000	75	Absoluto (420)
Seibersdorf	6,1	Körner-mais	nein	5	80.000	65.000-95.000	75	Absoluto (420)

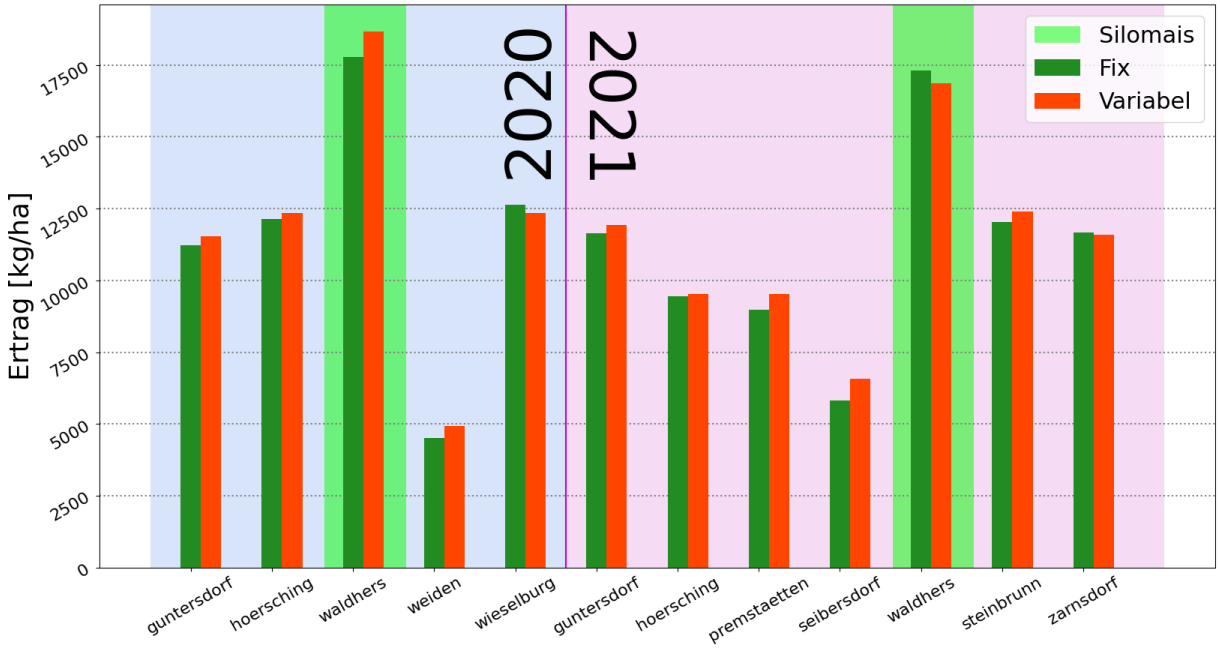


Abbildung 2: **Trockenmasseertrag in kg/ha für alle Standorte in den Jahren 2020 und 2021. Am Standort Waldhers wurde Silomais angebaut, ansonsten handelt es sich um Körnermais.**

In Waldhers wurde Silomais zur Biogaserzeugung angebaut. Der durchschnittliche Ertrag ging von 18.230 kg/ha im Jahr 2020 auf 17.086 kg/ha im Jahr 2021 zurück. Ein Grund kann die geringere Niederschlagsmenge im Jahr 2021 sein (siehe Abbildung 3). In Waldhers ist neben dem Trockenmasseertrag auch die Methanausbeute bzw. der Methanhektarertrag von Interesse. Im Jahr 2020 ist der Methanhektarertrag bei variabler Aussaat um 503 m³/ha bzw. 4,8 % höher im Vergleich zur konstanten Saatstärke.

Wieselburg und Zarnsdorf sind die Körnermaisstandorte, an denen die Trockenmasseerträge bei variabler Aussaat geringer sind als bei der mit fixer Körnerzahl. Hier treten auch die größten Niederschlagsabweichungen auf (Abbildung 3). Während an der Alpensüdseite an den beiden Versuchsstandorten in Premstätten und Seibersdorf (beide illyrische Klimazone) ein Niederschlagsdefizit von -15 % bzw. -25 % verzeichnet wurde, waren an den Standorten im Alpenvorland und in der pannonischen Klimazone die Niederschlagsmenge überdurchschnittlich (siehe Abbildung 3). Die Erträge in Premstätten und Seibersdorf sind im Durchschnitt die Geringsten im Jahr 2021. Durch die variable Aussaat konnten aber im Vergleich mit den anderen Standorten hohe Ertragssteigerungen erreicht werden (+6 % in Premstätten und +13 % in Seibersdorf).

Beim Bio-Grieß- bzw. Bio-Körnermais in Weiden und Steinbrunn waren Ertragssteigerungen durch die variable Aussaat in beiden Jahren festzustellen. 2020 war der Ertrag um 9 % höher (bei geringem durchschnittlichen Ertrag von 4.700 kg/ha) und 2021 um ca. 3 %.

Es ist eine Tendenz erkennbar, dass bei standortangepasster Aussaat, die Trockenmasseerträge leicht höher sind. Die Ertragsdaten aus Abbildung 2 sind bereits gemittelte Werte an den jeweiligen Standorten mit zum Teil sehr geringem Stichprobenumfang bzw. geringer Anzahl an Parzellen. Das macht eine statistische Analyse pro Standort schwierig. Fasst man die Ertragsunterschiede über alle Standorte hinweg als unabhängig normalverteilte Größen auf, so ergibt sich der empirische Mittelwert zu +252 kg/ha mit entsprechender Standardabweichung von 108 kg/ha. Bei Division von empirischem Mittelwert durch die Standardabweichung, ergibt sich aus der Standard-Normalverteilung ein p-Wert von 0,02. Bei einem Signifikanzniveau von 0,05, kann man auf signifikante Ertragssteigerungen durch die variable Aussaat schließen.

Abbildung 3 zeigt die Ertragsunterschiede der variablen Aussaat in Bezug auf die Niederschlagsabweichungen. Hierbei werden die Niederschlagsmengen für die Monate April bis September der Jahre 2020 und 2021 mit dem jeweiligen Mittelwert der Jahre 1981 bis 2010 verglichen. Für beide Jahre weisen die Regressionsgeraden einen signifikanten negativen Trend auf (p-Wert=1,5 e-7 für das Jahr 2020 und p-Wert=6,6 e-13 für 2021). Die Standorte Wieselburg und Zarnsdorf (welche nur wenige Kilometer

auseinanderliegen) stechen hier heraus, da bei hohen Niederschlagsmengen geringere Erträge bei variabler Aussaat auftreten. Klammert man Waldhers aus, so kann man auf Basis der vorliegenden Daten aber darauf schließen, dass die variable Maisaussaat bei geringen Niederschlagsmengen tendenziell höhere Erträge liefert.

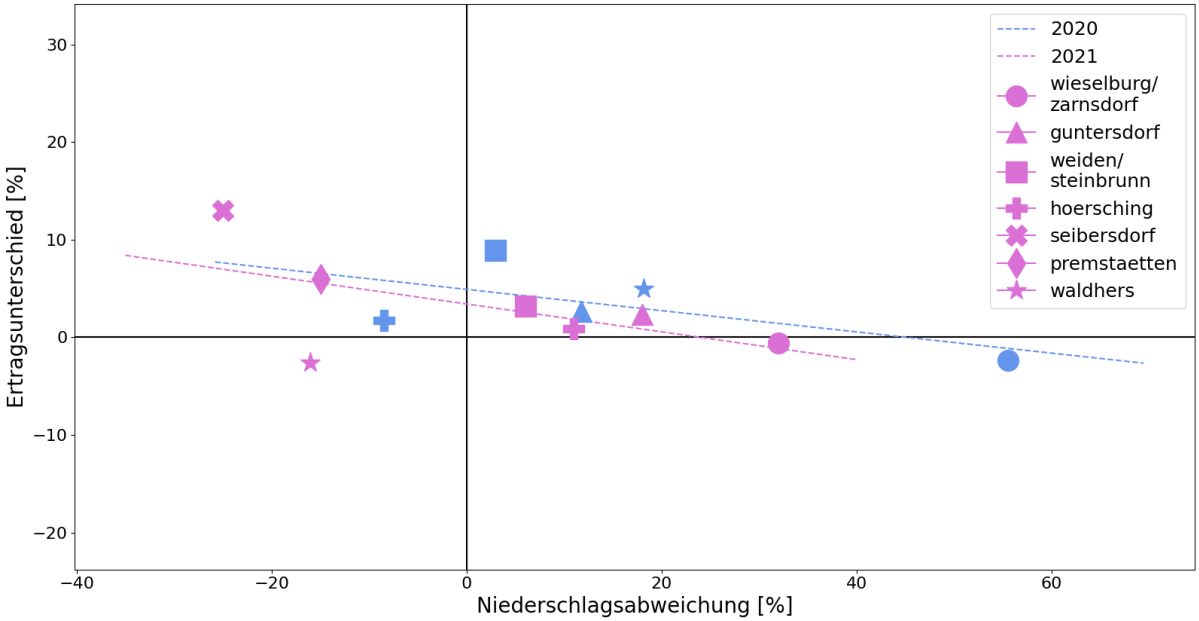


Abbildung 3: **Ertragsunterschiede bei der variablen Aussaat in Abhängigkeit von der Niederschlagsabweichung (zum langjährigen Mittel). Die strichlierten Linien sind die berechneten Regressionsgeraden für die Jahre 2020 und 2021.**

An ausgewählten Standorten wurde auch der Protein- und Stärkegehalt ermittelt. Wie in Abbildung 4 ersichtlich, sind die Unterschiede zwischen variabler Aussaat und Aussaat mit fixer Körnerzahl sehr gering. Es wurden deshalb keine weiteren Untersuchungen mit Bezug auf die Niederschlagsmengen durchgeführt.
Weitere Feldversuche im Jahr 2022 sollen den Datensatz vergrößern und somit aussagekräftigere Ergebnisse ermöglichen.

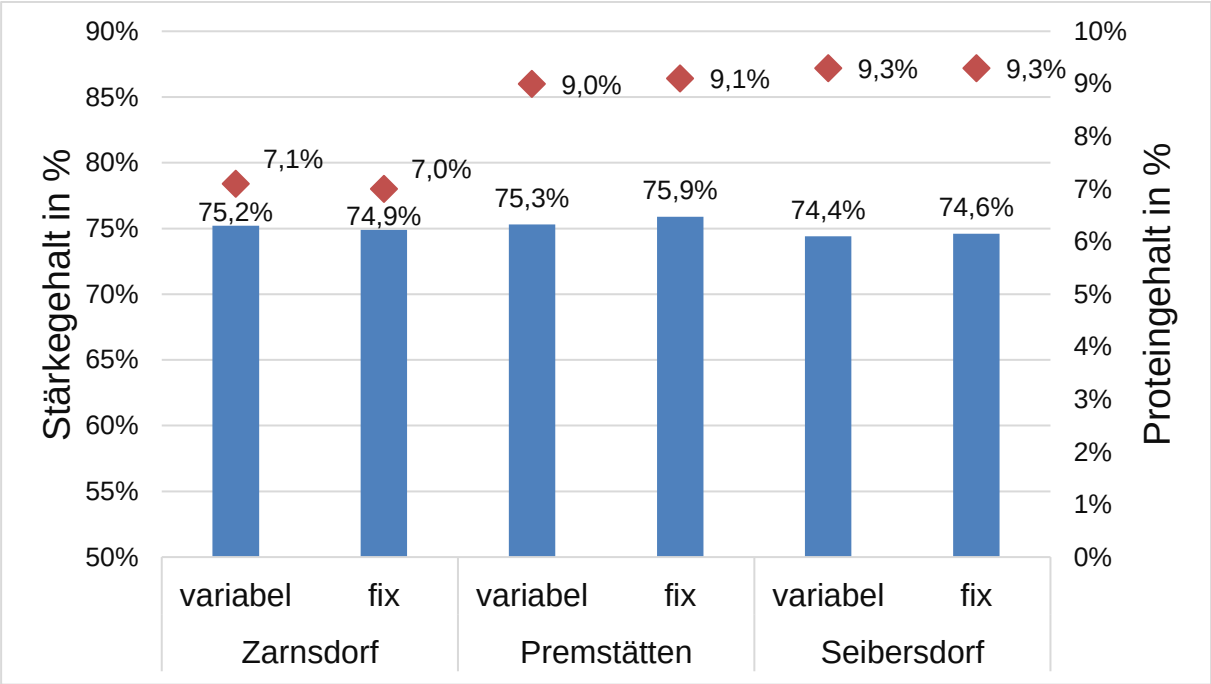


Abbildung 4: **Vergleich von Protein- und Stärkegehalt bei variabler Aussaat und Aussaat mit fixer Körnerzahl an ausgewählten Standorten.**

Zusammenfassung

Bei der variablen Maisaussaat wird versucht die Saatstärke an die unterschiedlichen Ertragszonen eines Feldes anzupassen. Im Zuge von Feldversuchen wurden 2020 und 2021 der Effekt der variablen Aussaat gegenüber der herkömmlichen einheitlichen Aussaat in unterschiedlichen Klimazonen untersucht.
In den beiden untersuchten Erntejahren, wurde bei 9 von 12 Versuchen ein tendenziell höherer Ertrag bei der variablen Aussaat gegenüber einer Aussaat mit einer einheitlichen, fixen Saatstärke erreicht. Die relative Ertragssteigerung war umso höher, je höher die Niederschlagsdefizite im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt auf den jeweiligen Standorten waren. Bei den Standorten mit ausreichend Niederschlag waren die Effekte geringer, weil die unterschiedlichen Ertragspotentiale vermutlich weitgehend über die unterschiedlichen ertragsbestimmenden Faktoren der Maispflanzen kompensiert werden konnten. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die variable Aussaat eine Möglichkeit ist, um in niederschlagsärmeren Gebieten oder bei auftretenden Trockenperioden die Erträge abzusichern und den Ertragseinbußen entgegenzuwirken. Im Jahr 2022 werden weitere Feldversuche durchgeführt.

Abstract

In site-adapted maize seeding one tries to adjust the seed density to the heterogeneous yield potential of a field. Based on field trials in 2020 and 2021, the effects of site-adapted seeding are analyzed and compared to the results of the common approach with a fixed number of kernels. On 9 out of 12 test sites (both years 2020 and 2021), a trend to higher yields in the site-adapated seeding approach can be observed. The relative increase of yield is higher, the lower the amount of precipitation is compared to the long-time mean. The difference in yield is low at sites with sufficient precipitation because the heterogeneous yield potential has been presumably compensated by other yield-decisive factors. The results from this contribution show, that the site-adapted approach is a possibility to ensure the yields in regions with low amounts of precipitation and reduce the influence of dry periods. Further field will be conducted in 2022.

Literatur

Papadopoulos A, Kalivas D, Hatzichristos T, 2015: GIS Modelling for Site-Specific Nitrogen Fertilization towards Soil Sustainability. Sustainability 2015, 7, 6684-6705.
Uppenkamp N, 2021: Mineralische Düngung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.), Jahrbuch Agrartechnik 2020, Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 1-7.
Munaf M.A, Haesaert G, Van Meirvenne M, Mouazen A.M, 2020: Site-Specific seeding using multisensor and data fusion techniques: A review. Advances in Agronomy, 161, 241-323.

Adressen der Autoren

[1] HBLFA Francisco Josephinum, Rottenhauserstrasse 1, 3250 Wieselburg

[2] Josephinum Research, Rottenhauserstrasse 1, 3250 Wieselburg

[3] Bildungswerkstatt Mold, Mold 72, 3580 Horn

[4] Saatbau Linz, Schirmerstraße 19, 4060 Leonding

[*] Ansprechpartner: Dr. Markus Gansberger, markus.gansberger@josephinum.at

Vegetationsklassifizierung, Ertrag und Qualitätsschätzung mittels Sentinel-2 Daten im Radurschltal

Vegetation classification, yield and quality estimation using Sentinel-2 data in the Radurschl Valley

Andreas Klingler[1*], Roman Burgstaller[2], Thomas Guggenberger[3] und Andreas Schaumberger[1]

Einleitung

Die zeitlich und räumlich hochaufgelösten multispektralen Daten der Sentinel-2 Satelliten eigenen sich für Vegetationsmonitoring von hochalpinen Grünlandbeständen (ROSSI et al. 2019). So können neben der Klassifizierung unterschiedlicher Landnutzungsarten auch Berechnungen von Vegetationskennwerten bis hin zu Ertrags- und Qualitätskarten erstellt werden (DRUSCH et al. 2012). In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob mit Hilfe von Sentinel-2 Satellitendaten die Weidereste nach der Sommersaison im Radurschltal für die Winterfütterung des Rotwildes ermittelt werden können. Mit dieser Methode soll mit relativ geringem Aufwand die Ertragssituation und die Futterqualität in Form von Rohprotein zu jedem Zeitpunkt abgeschätzt werden. Voraussetzung sind die Verfügbarkeit von georeferenzierten Futterproben und wolkenfreien Sentinel-2 Szenen für den Beobachtungszeitraum.

Material und Methoden

Das Radurschltal ist ein Hochplateau in den Ötztaler Alpen in Tirol welches im Süden an Südtirol grenzt. Das Tal erstreckt sich über einen Höhenbereich von 1300 bis 3500 m ü. A. und beheimatet den größten zusammenhängenden Zirbenwald der Ostalpen.

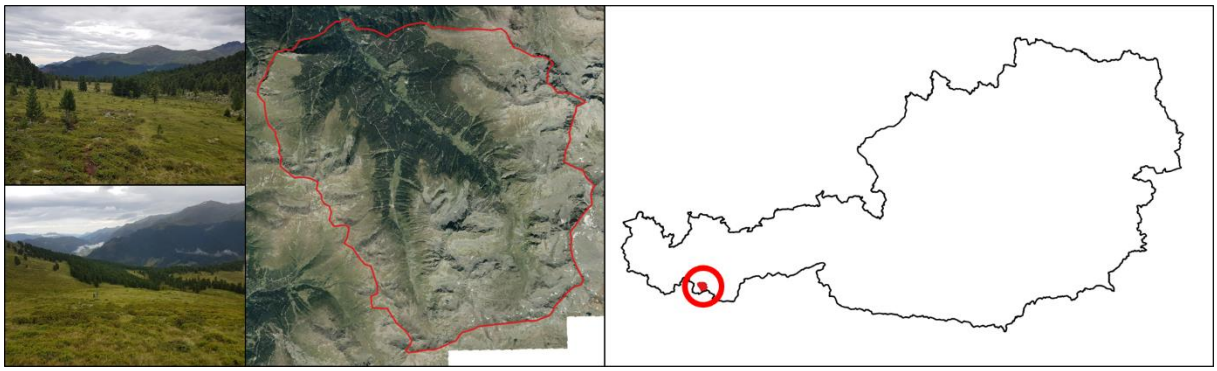


Abbildung 1: **Radurschltal in den Ötztaler Alpen**

In einem ersten Schritt wurde ein gut erreichbarer Teilbereich des Tals definiert. Innerhalb dieses Teilbereiches erfolgten mehrere Feldbegehungen und eine manuelle Klassifizierung der Klassen Wald, verstrauchte Vegetation, almwirtschaftlich nutzbare Vegetation, Gewässer und vegetationslose Flächen (Fels, Schutt und Geröll), um die Ergebnisse der unüberwachten Klassifizierung besser interpretieren zu können.

Die Klassifizierung basiert auf vier wolkenfreien Seninel-2 Szenen (26. Juni 2017, 12. Juli 2021, 14. August 2021, 15. September 2020). Die vier Zeitpunkte decken möglichst unterschiedliche Entwicklungszeitpunkte ab und liegen innerhalb der schneefreien Vegetationsperiode. Aufgrund der unterschiedlichen Vegetationsdynamik von Weiden, Wiesen, Wäldern, Sträuchern und unproduktiven Flächen kann dadurch die Qualität der Klassifizierung erhöht werden.

Die unüberwachte Klassifizierung wurde mithilfe der Funktion „kmeans: K-Means Clustering“ im Statistikpaket R durchgeführt. Die Sentinel-2 Bänder mit einer räumlichen Auflösung von 10 m (B02, B03, B04, B08) und der Blattflächenindex, berechnet nach BARET et al. (2010), bilden die Inputvariablen für den Klassifizierungsalgorithmus. Nach mehreren Klassifizierungsdurchgängen wurden in Zusammenschau mit der manuellen Vegetationsklassifizierung sechs Zentren für den Algorithmus definiert. Die anschließende Klassifizierung des gesamten Almgebietes erfolgte mithilfe einer „Predict-function“

für K-means-Algorithmen. Destruktive Erhebungen (1 x 1 m) an 77 georeferenzierten Standorten innerhalb der beweidungsrelevanten Flächen zwischen dem 29. September und dem 01. Oktober 2021 in höheren Lagen und am 26. Oktober 2021 in der Talsohle bilden die Referenz für die Ertrags- und Qualitätsmodelle (Abbildung 2).

Abbildung 2: **Erhebungsflächen und Biomasseerhebung im Radurschltal**

Aufgrund der sehr geringen oberirdischen Biomasse im Herbst und der daraus resultierenden sehr geringen Probengröße wurden nahe beieinanderliegende Einzelproben innerhalb einer geleichen Vegetationsklasse zu 26 Mischproben für die Laboranalyse zusammengefasst.
Die Reflexionswerte der 77 Beprobungspunkte wurden aus der wolkenfreien Sentinel-2-Szene vom 30. September 2021 extrahiert und in weiterer Folge identisch zu den Futterproben zu Mittelwertspektren zusammengefasst. Die Erstellung der Ertrags- und Rohproteinkarten erfolgte mithilfe eines künstliches neuronalen Netzes („avNNet: Neural Networks Using Model Averaging“). Die Modellkalibration fand mithilfe der train-Funktion im R-Paket „caret“ (KUHN, 2015) statt. Eine 10-fache Kreuzvalidierung diente zur Ermittlung der Hyperparameter und Modellperformance.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 3 zeigt die Klassifizierung des Teilgebiets und des gesamten Radurschltals.

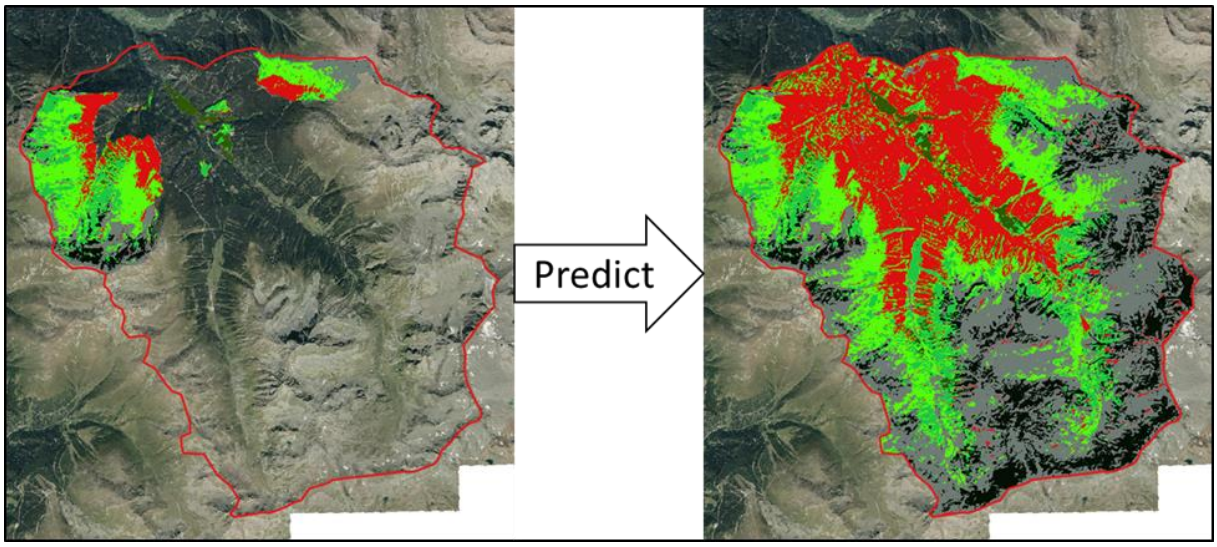


Abbildung 3: **Vegetationsklassifizierung im Radurschltal**

Grüne Bereiche kennzeichnen die für die Beweidung nutzbare Vegetation, dunkelgrüne Flächen Bergmähder mit einem Schnitt pro Jahr. Die rote Farbe repräsentiert Nadelwälder, die hauptsächlich aus

Zirben (*Pinus Cembra*) bestehen. Die grau und die schwarz eingefärbten Gebiete stehen für unproduktive Flächen, darunter Steine, Felsen, Schutt und Geröll.
Für die Modellierung des Ertrages und des Rohproteingehaltes wurden die Spektraldaten aus den zuvor als nutzbare Vegetation (grüne Flächen) klassifizierten Pixel extrahiert.
Der kleinste Root-Mean-Square-Error (RMSE) wurde verwendet, um das beste Modell zu selektieren. Die Hyperparameter und die Modellperformance des Ertrags- und Qualitätsmodells sind in Tabelle 1 ersichtlich. Die Modellperformance für den Ertrag liegt im Bereich der Untersuchung von FALLDORF et al. (2014) und unterstreicht die Unabhängigkeit des Ansatzes in Bezug auf Standort und Vegetation. Rohprotein zur qualitativen Erfassung der Vegetation liefert im Vergleich zum Ertrag eine etwas erhöhte Modellperformance.

Tabelle 1: **Hyperparameter und Modellperformance der Trockenmasse- und Rohproteinmodelle**

Modell	**Size**	**Decay**	**Bag**	**R^2**	**RMSE**
Ertrag	5	0,1	1	0,68	101
Rohprotein	4	0,001	1	0,85	15

Neben jagdlichen Fragestellungen kann die entwickelte Methode auch für agronomische und almwirtschaftliche Fragestellungen herangezogen werden. So können mithilfe von Ertragskarten etwa Beweidungskonzepte oder Almmanagementpläne besser umgesetzt werden. Die Stabilität des Modells über eine gesamte Vegetationsperiode und der etwaige Bedarf an Beprobungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten für kontinuierliche Ertrags- und Qualitätsmodellierungen muss in weiteren Versuchen abgeklärt werden.

Zusammenfassung

Aktuelle Informationen über Ertrag und Futterqualität spielen für eine nachhaltige Almbewirtschaftung eine zentrale Rolle. Mithilfe von Sentinel-2-Aufnahmen von vier unterschiedlichen Zeitpunkten und einer unüberwachten Klassifizierung konnte im Radurschltal weidetaugliche Vegetation von Schutt, Geröll und Waldflächen unterschieden werden. Innerhalb der weidetauglichen Vegetation wurden georeferenzierte Biomasseproben geerntet und anschließend im Labor hinsichtlich Trockenmassegehalt und Futterqualität untersucht. Die Schätzung des Ertrages und der Futterqualität erfolgte mithilfe eines neuronalen Netzes wobei die einzelnen Sentinel-2-Bänder als Modellprädiktoren herangezogen wurden. Eine 10-fache Kreuzvalidierung ergab ein R^2 von 0,68 und ein RMSE von 101 kg TM ha^{-1} für die Trockenmasseschätzung sowie ein R^2 von 0,85 und ein RMSE von 15 g kg^{-1} TM für die Proteinschätzung. Die erstellten Ertrags- und Qualitätskarten bilden eine zentrale Grundlage für flächenbezogene Managementpläne auf Almen unter Einbeziehung der aktuellen bzw. potentiellen Futtergrundlage.

Abstract

Near real-time yield and forage-quality information are crucial in sustainable alpine pasture management. We separated vegetation suitable for grazing from debris, scree and forest areas in the Radurschl valley using an unsupervised classification and Sentinel-2 reflectance from four different time points. Yield and forage quality were estimated using a neural network with individual Sentinel-2 bands as model predictors. 10-fold cross-validation yielded R^2 of 0.68 and RMSE of 101 kg DM ha-1 for the dry matter estimate and R^2 of 0.85 and RMSE of 15 g kg-1 DM for the protein estimate. The yield and quality maps are central for areal management plans on alpine pastures, including the current or potential forage base.

Literatur

BARET F, WEISS M, BICHERON P, BERTHELOT B, 2010: Sentinel-2 MSI Products WP1152 Algorithm Theoretical Basis Document for Product Group B, INRA-EMMAH, Avignon, France.
DRUSCH M, DEL BELLO U, CARLIER S, COLIN O, FERNANDEZ V, GASCON F, HOERSCH B, ISOLA C, LABERINTI, P, MARTIMORT P, MEYGRET A, SPOTO F, SY O, MARCHESE F, BARGELLINI P, 2012: Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment 120, 25-36.

FALLDORF T, STRAND O, PANZACCHI M, TØMMERVIK H, 2014: Estimating lichen volume and reindeer winter pasture quality from Landsat imagery. Remote Sensing of Environment 140, 573-579.
KUHN M, 2015: caret: Classification and Regression Training. Astrophysics Source Code Library. 215 S.
ROSSI M, NIEDRIST G, ASAM S, TONON G, TOMELLERI E, ZEBISCH M, 2019: A Comparison of the Signal from Diverse Optical Sensors for Monitoring Alpine Grassland Dynamics. Remote Sensing 11 (3), 296.

Adressen der Autoren

[1] HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

[2] Österreichische Bundesforste AG, Lendgasse 10a, A-6060 Hall in Tirol

[3] HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

[*] Ansprechpartner: DI Andreas KLINGLER, andreas.klingler@raumberg-gumpenstein.at

Ermittlung natürlicher Winteräsungsflächen für Rotwild auf beweideten Almen anhand von Ertrags- und Qualitätskarten

Determination of winter grazing areas for red deer on alpine pastures based on yield and quality maps

Roman Burgstaller[1*] und Andreas Klingler[2]

Einleitung

Die Überwinterung von Rotwild hat neben der Bestandesregulierung bzw. Bestandesreduzierung eine sehr zentrale Bedeutung im forstlichen und jagdlichen Alltag. Im Zuge einer fundierten sachlichen Bearbeitung dieses Themas, stellt die Auswahl eines geeigneten Standortes für die Überwinterung von Rotwild im alpinen Bereich einen zentralen Punkt dar.
Neben der Sicherheit für den Betreuer von Fütterungen im Winter und der Beurteilung der Schadensanfälligkeit des forstlichen Bewuchses, stellt vor allem die Lebensraumtauglichkeit einen wesentlichen zu beurteilenden Faktor dar (LEITNER 2021). Die Standorttauglichkeit wird zu einem großen Teil vom Vorhandensein geeigneter Naturäsung während der Fütterungszeit im Winterlebensraum beeinflusst.
Zielsetzung dieser Arbeit war die Ausweisung natürlicher Winteräsungsflächen mithilfe einer stabilen Schätzmethode anhand eines Fallbeispiels im Radurschltal im Bezirk Landeck in Tirol, um damit einen sachlichen Beitrag zur Beantwortung dieser sensiblen Frage zu leisten.

Material und Methoden

Für die Erstellung der Ertrags-und Qualitätskarten erfolgte in einem ersten Schritt eine unüberwachte Klassifizierung eines gut erreichbaren Teilbereiches der Alm und eine taxatorische Flächenklassifizierung vor Ort, um die Ergebnisse aus der Klassifizierung leichter interpretieren zu können. Nach der Klassifizierung des gesamten Almgebietes wurde in den weidetauglichen bzw. almwirtschaftlich relevanten Polygonen an insgesamt 77 Stellen eine mittels GNSS verortete Futterprobe auf einer Fläche von 1 x 1 m für die Laboranalyse gezogen. Mithilfe von Reflexions- und Blattflächenindexwerten aus Sentinel-2-Satellitendaten als Prädiktoren und einem Machine Learning Algorithmus (Neural Networks Using Model Averaging) wurden Ertrags- und Qualitätskarten für das gesamte Almgebiet erstellt. Eine detaillierte Beschreibung zur Erstellung der Ertrags- und Qualitätskarten findet sich im Beitrag V31 (KLINGLER et al. 2022).
Für die Beobachtungen bzw. Messungen im Feld und der anschließenden Analyse wurde folgendes verwendet: Sentinel-2-Satellitendaten, Software Q-GIS, Statistikpaket „R“, Orthofotos, Fotoapparat, GNSS-Gerät, Ernterahmen 1 x 1 m, Akku-Heckenschere, Gefrierbeutel mit Beschriftungsfeld, wasserfeste Stifte, Küchenwaage, Kühlkammer, Kühltasche

Ergebnisse und Diskussion

Die Modellierung des Trockenmassenertrages (TM) gibt die Verhältnisse in der Natur sehr klar wieder. Alle intensiv beweideten Flächen, wie z.B. die Tallagen, Weideflächen im Wald, Intensivweideflächen um Almhütten oder Verebnungen im Hochgebirge (dunkelblaue Flächen in Abbildung 1) weisen im Herbst nach dem Almabtrieb einen geringeren Trockenmasseertrag auf als die steileren, nicht so optimal beweidbaren Hänge (türkisgrüne bis gelbe Flächen in Abbildung 1).
Die Verifizierung der Erträge in kg pro Hektar konnte mittels Vergleich mit der sogenannten „DOMES-Tafel“ (DOMES, 1936) erfolgen. Diese Tafel enthält für alle extensiv beweideten Flächen sehr ähnliche Werte für den Ertrag je Hektar.
Der Ertrag auf den stark beweideten Flächen stellt sich gemäß DOMES (1936) als höher dar. Dieser Umstand ist der derzeitigen starken und konzentrierten Beweidung und Abnutzung auf den stark frequentierten Weideflächen geschuldet. Das bedeutet nur mehr sehr geringe Verfügbarkeit von Naturäsung auf diesen Flächen ab Herbst und im Winter.

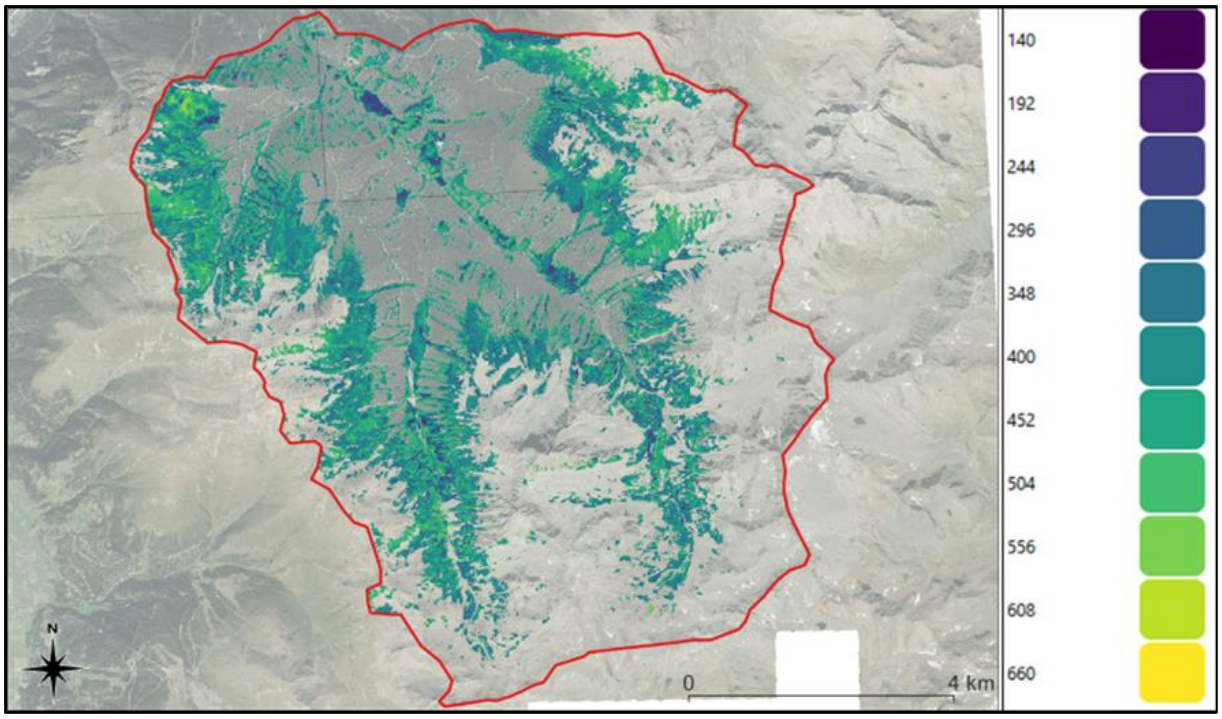


Abbildung 1: Karte des Trockenmasseertrags in kg ha^{-1} im Radurschltal

Die Modellierung des Rohproteins als ein mögliches qualitatives Merkmal bestätigt, dass alle intensiv genutzten Weideflächen einen höheren Rohproteingehalt aufweisen als die extensiven oder nicht genutzten Flächen. In der Karte ist somit der höhere Rohproteingehalt der jungen Herbstaufwüchse, bedingt durch die intensivere Bestoßung während der Sommermonate, ersichtlich (helle, gelbe Flächen in Abbildung 2).

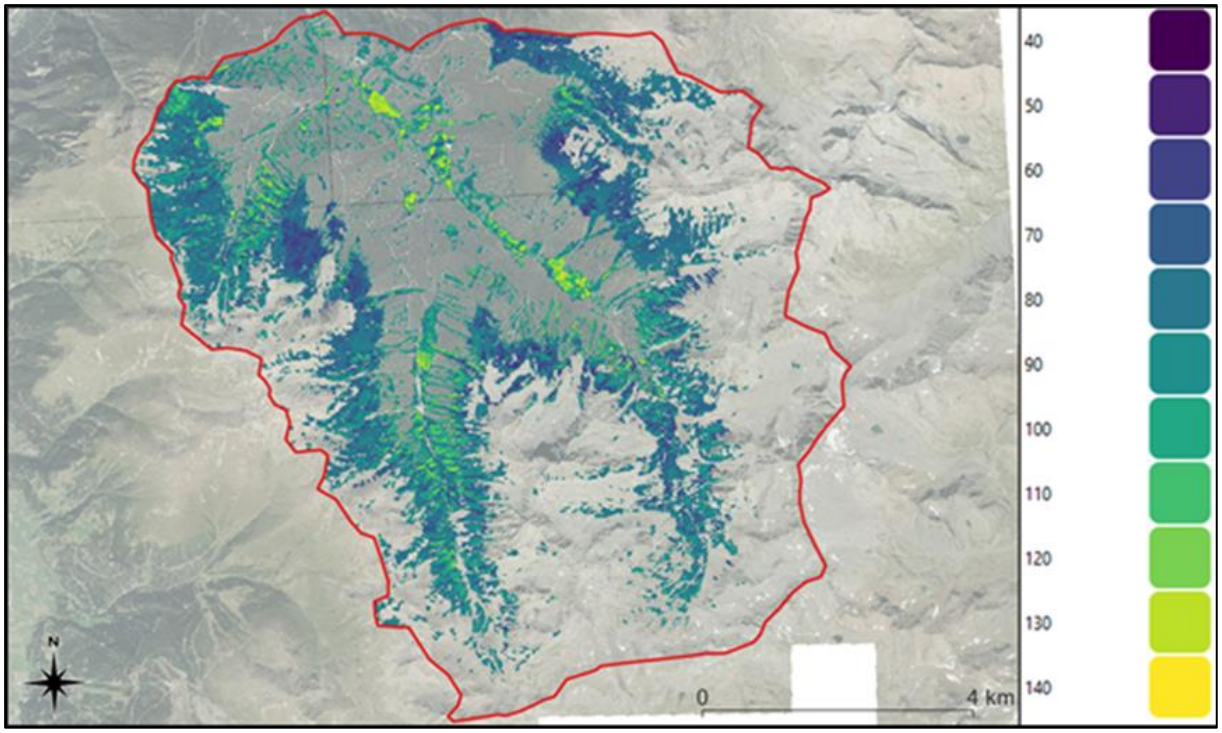


Abbildung 2: Rohproteingehalt in g kg^{-1} TM

Eine Abnahme des Rohproteingehaltes mit zunehmender Seehöhe und stärkerer Hangneigung ist deutlich zu erkennen (dunkelblaue bis dunkelgrüne Flächen in Abbildung 2). Selbst kleinräumige Bewirtschaftungsunterschiede wie ausgezäunte Flächen im Talboden lassen sich mit der entwickelten Methode eindeutig identifizieren.
Der Wertebereich der modellierten Rohproteinwerte in g kg^{1-} TM liegt Großteils unter dem in der Literatur (RESCH et al. 2011, DEUTZ et al. 2009) angegebenen Niveaus. Da sich die Autoren aber in der Regel auf Werte von Heu in Tallagen beziehen, liegen die Berechnungen aufgrund der standörtlichen Gegebenheiten in einem plausiblen Bereich. Die Qualität der Naturäsung entspricht laut RESCH et al. (2011) minderwertigem Heu am unteren Rand der Soll-Werte. Diese Naturäsung reicht bei absoluter Ruhe aus, um den Grundumsatz von Rotwild zu decken.
Die hier vorgestellte Methode eignet sich gut, Weidereste im Herbst und deren Qualität (Rohprotein) rasch und effizient zu definieren und somit die potentiellen Standorte für Winterfütterungen für Rotwild zu verorten.
Um Rotwildfütterungsstandorte für die Winterperiode in der Nähe von größeren Weideresten mit entsprechender Qualität zu identifizieren, muss die tatsächliche Verfügbarkeit der Flächen im Winter mit Hilfe von Schneebedeckungsmodellen berücksichtigt werden. Eine darauf aufbauende Evaluierung der Naturäsung ist ein wichtiger Beitrag zur Wildschadensvermeidung, zu der unter anderem auch topografische Informationen wie Exposition, Neigung oder Seehöhe miteinbezogen werden.

Zusammenfassung

Die Überwinterung von Rotwild hat neben der Bestandesregulierung bzw. Bestandesreduzierung eine zentrale Bedeutung im jagdlichen Alltag. Im Zuge einer fundierten sachlichen Bearbeitung dieses Themas stellt die Auswahl eines geeigneten Standortes für die Überwinterung von Rotwild im alpinen Bereich einen zentralen Punkt dar. Diese Entscheidung wird wesentlich vom Vorhandensein geeigneter Naturäsung während der Fütterungszeit im Winterlebensraum beeinflusst.
Um diesen Faktor beurteilen und dazu erstmals gute Richtwerte liefern zu können, wurde ein Modell zur qualitativen und quantitativen Schätzung der Naturäsung entwickelt. Diese Methode nutzt die Möglichkeiten von Sentinel-2-Satellitendaten und ermöglicht eine Hochrechnung für größere Gebiete wie beispielsweise ganze Täler. Die kartografische Darstellung bzw. räumliche Analyse ermöglicht eine Standortsauswahl unter Berücksichtigung der Qualität und Quantität der Naturäsung. Diese Methode ist nicht nur auf jagdliche Fragen begrenzt anwendbar, sondern kann auch für land- bzw. almwirtschaftliche Fragen bzw. zur generellen Beurteilung eines hochalpinen Lebensraumes eingesetzt werden.

Abstract

The wintering of red deer is of central importance in the daily hunting routine besides population regulation or population reduction. In the course of a well-founded factual treatment of this topic, selecting a suitable location for the wintering of red deer in the alpine area represents a central point. The grazing availability during the feeding period in the winter habitat significantly influences the decision. To assess this factor and, for the first time, provide good indicative values for it, we developed a model for the qualitative and quantitative estimation of grazing. This method uses the technical capabilities of existing Sentinel-2 satellite data and allows extrapolation for a larger area such as a valley. The map allows for site selection, considering the quality and quantity of grazing. We can apply this method to hunting-related questions and agricultural questions or the general assessment of high alpine habitats.

Literatur

DEUTZ A, GASTEINER J, BUCHGRABER K, 2009: Fütterung von Reh- und Rotwild; Ein Praxisratgeber. 3. Auflage, Leopold Stocker Verlag, 144 S.
DOMES N, 1936: Die klimatisch bedingte Abnahme des Ertrages von Wald und Weide im Gebirge, Gerold Verlag Wien, Leipzig, 256 S.
KLINGLER A, BURGSTALLER R, GUGGENBERGER T, SCHAUMBEGRER A, 2022: Vegetationsklassifizierung, Ertrag und Qualitätsschätzung mittels Sentinel-2 Daten im Radurschltal. 76. ALVA Jahrestagung, Graz, Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel, Veterinär- und Agrarwesen
LEITNER H, PFANDL-ALBEL B, JANTSCH W, KLÜCK P, WALCHER S, LEISSING D, KROISLEITNER H, 2021: Rotwild-Überwinterung Terra Raetica. Studie im Rahmen eines CLLD Interreg-Kleinprojektes. Klagenfurt, 155 S.

RESCH R, PÖTSCH EM, KLANSEK E, GAHR F, LEITNER A, ROTHMANN G, STEIN M, BUCHGRABER K, 2011: Beste Heu- und Silagequalitäten für Reh- und Rotwild. Der fortschrittliche Landwirt ÖAG-Sonderbeilage Info 2/2011, 64-71.

Adressen der Autoren

[1] Österreichische Bundesforste AG, Büro für Einforstungsfragen, Lendgasse 10a, A-6060 Hall in Tirol

[2] HBLFA Raumberg-Gumpentein, Raumberg 38, A-8952 Irding/Donnersbaxchtal

[*] Ansprechpartner: DI Roman BURGSTALLER, roman.burgstaller@bundesforste.at

Optimierung des Schwammstadtsubstrats für Stadtbäume zur Erfüllung hydrologischer und gesellschaftlicher Potenziale

Optimisation of structural substrate for urban trees to fulfill hydrological and societal potentials

Anna Zeiser[1*], Thomas Weninger[1], Erwin Murer[2], Stefan Schmidt[3], Thomas Roth[3], Rainer Weisgram[4] und Peter Strauss[1]

Einleitung

Im von zahlreichen Nutzungsinteressen hart umkämpften Siedlungsraum basiert eine begründbare Flächeninanspruchnahme im besten Fall auf einer guten Abwägung ökonomischer und ökologischer Argumente. Während Stadtbäume von den einen als Platzverschwendung empfunden werden, werden sie von anderen als nachhaltige Notwendigkeit forciert. Die Etablierung des in der Herstellung zeit- und kostenintensiven Schwammstadtsubstrats als Wurzelraum für Stadtbäume rückt die Kosten-Nutzen-Abwägung weiter in den Vordergrund. Die Pflanzung eines Stadtbaumes im Schwammstadtsystem verspricht grundsätzlich verbesserte Leistungserbringung des Baumes für die Gesellschaft auf Grund von langfristiger Vitalität und Wachstum, sowie wesentliche Potenziale für den städtischen Wasserkreislauf (KRUSE 2015; RODRÍGUEZ-ESPINOSA et al. 2021). Der Erfüllungsgrad dieser Potenziale hängt vor allem von der Eignung des Baumstandorts ab, die zielgerichtete Optimierung des Schwammstadtsubstrats ist in diesem Zusammenhang ein wirkungsvoller Hebel.

Das Schwammstadtsubstrat für Stadtbäume ist eine überbaubare Substratkombination, deren Grundgerüst aus groben Steinen in der Größe von 10-15 cm besteht. Dieses Gerüstkorn wird im Zuge eines Umbaus oder Aushubs neben Fahrbahnflächen im Verkehrsraum bis in eine Tiefe von rund 1-1,5 m eingebaut. In diese Grobstruktur wird Feinsubstrat mit Wasser und Druck eingeschlämmt, sodass dieses in den Hohlräumen der Steine dauerhaft unverdichtet vorliegt (EMBRÉM et al. 2009; GRIMM et al. 2019). Das ermöglicht den Wurzeln eines Baumes auch unter versiegelten und kompaktierten urbanen Oberflächen, wie beispielsweise Gehwegen, Radwegen, Parkplätzen, etc. zu wachsen und Wasser, Nährstoffe, sowie Bodenluft vorzufinden. Neben dem erhofften langfristigen und vitalen Wachstum der gepflanzten Bäume, bedeutet der Einsatz eines solchen Substrats in der Regel auch einen Schritt in Richtung Rückkehr zum natürlichen Wasserkreislauf in der Stadt. Schwammstadt für Stadtbäume ist als Blau-Grüne-Infrastrukturmaßnahme einzuordnen und gekoppelt mit einer Einleitung und Verteilung von Niederschlagswasser auszuführen (BLUEGREENSTREETS 2020). Dadurch ergibt sich neben dem temporären Rückhalt des Niederschlagswassers für die pflanzliche Verdunstung und somit Kühlungswirkung auch der Vorteil der Retention von Starkregenereignissen (BAUMÜLLER und AHMADI 2016). Die Zusammensetzung des Schwammstadtsubstrates bietet Gestaltungsspielraum, wodurch sich auch unterschiedliche Eigenschaften hinsichtlich der pflanzlichen und hydrologischen Potenziale ergeben können.

Die Untersuchung und Optimierung des Schwammstadtsubstrats je nach Zielvorgaben und Rahmenbedingungen ist ein maßgebliches Ziel der Arbeit mit Stadtbaumsubstraten am Bundesamt für Wasserwirtschaft. In der Lysimeteranlage für Stadtbäume und Stadtbaumsubstrate in der Jägerhausgasse in Wien werden seit einigen Jahren verschiedene Substrat- und Konstruktionsvarianten im Reallabormaßstab erprobt. Hierbei wird das Ziel verfolgt, durch eine Kombination diverser Messmethoden die Eignung dieser Substrataufbauten hinsichtlich Baumwachstum und hydrologischer Funktionen zu erheben.

Material und Methoden

Das Kernelement der Forschungsaktivitäten in diesem Bereich ist die Lysimeteranlage in Wien gekoppelt mit Substratversuchen im Labormaßstab. Im Jahr 2019 wurden in der Außenstelle Jägerhausgasse der HBLFA Schönbrunn drei Lysimeter mit Schwammstadtsystem und drei unterschiedlichen Substraten zur näheren Untersuchung der Funktionsweise, der Vorteile und Möglichkeiten errichtet (Abb.1; ZEISER et al. 2022). Die drei Schwammstadt-Lysimeter in der Größe von 6 x 3 x 1,30 m wurden mit

allen im Straßensetting notwendigen Schichten aufgebaut, haben eine gepflasterte Oberfläche und sind mit jeweils einer *Celtis australis* bepflanzt.

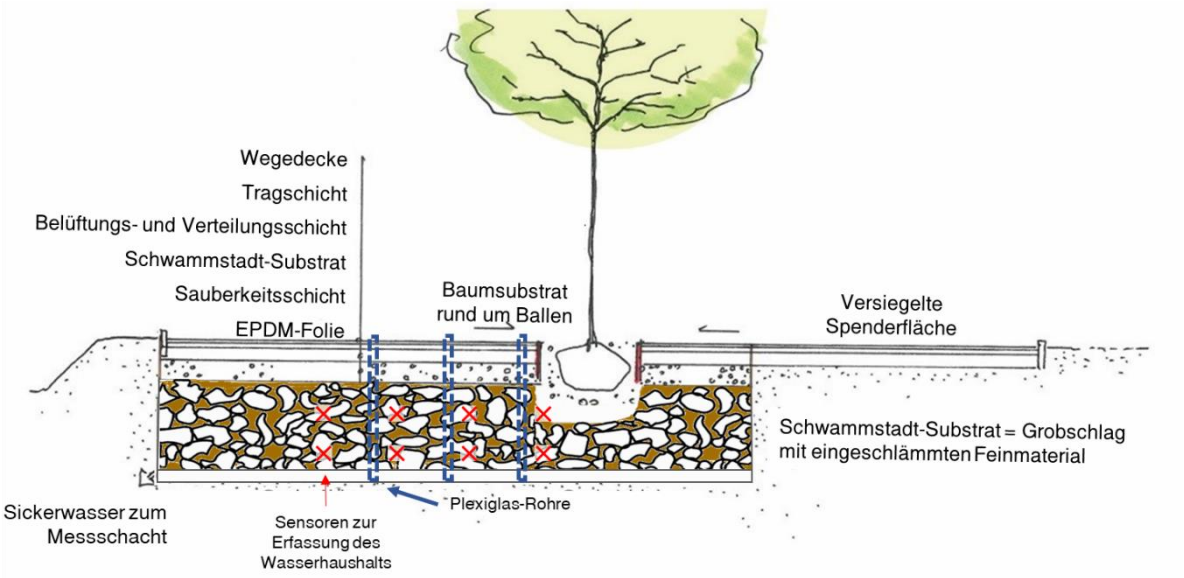


Abbildung 1: **Schematischer Schnitt der Schwammstadtlysimeter (Bild: HBLFA/Schmidt und BAW/Zeiser)**

Das Hauptaugenmerk liegt auf der Erfassung des Bodenwasserhaushaltes mittels Sensoren zur Messung der Wassergehalte und der Potentialverhältnisse in den Substraten. Durch die Aufzeichnung der Sickerwassermengen, des Niederschlags und des Saftstroms der Bäume wird die Basis für eine Bilanzierung des Wasserhaushalts geschaffen. Zusätzlich finden qualitative Untersuchungen des Boden- und Sickerwassers auf eine Hand voll chemischer Parameter statt. Dendrometer, die eine kontinuierliche Messung des Baumumfangs ermöglichen, die Messung der stomatären Leitfähigkeit (SC-1, METER) zu ausgewählten Zeitpunkten, Infrarotaufnahmen der Baumkronen (FLIR C5), sowie die visuelle Erkundung des Wurzelwachstums in eingebauten Plexiglasrohren mittels einer endoskopischen Kamera und eine fachmännische Bonitierung und Erfassung des Triebzuwachses runden das Messkonzept ab.

Die Kombination von Messwerten verschiedener Art ermöglicht es, belastbarere Schlüsse zum Verhalten des Gesamtsystems in Phasen der Trockenheit sowie im Starkregenfall zu ziehen. Für die Schwammstadtlysimeter liegen Messwerte zu den beschriebenen Kenngrößen aus den Jahren 2020 und 2021 vor. Zusätzlich zum natürlichen Wassereintrag durch Niederschläge wurden die Bäume auch bewässert, insbesondere im ersten Standjahr für die Anwuchspflege. Die Bewässerungsdaten wurden aufgezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Grundlage für die Erfüllung der Funktionen eines Baums ist dessen Möglichkeit das Substrat zu durchwurzeln und aus diesem Wasser und Nährstoffe zu beziehen, sowie ausreichend Bodenluft zur Verfügung zu haben. Eine stark voranschreitende Durchwurzelung der Lysimeter war mittels der visuellen Beobachtungen in den Plexiglasrohren und der Verläufe der Potenzialverhältnisse an verschiedenen Positionen in den Lysimetern in allen drei Lysimetervarianten zu beobachten. Während die Wurzeln im Frühjahr 2021 maximal bis 1,50 m Entfernung von der Stammachse vorgedrungen waren, weitete sich diese bis in eine Entfernung von über 2,20 m im Sommer 2021 aus. Ein besonderer Schub an Wurzelwachstum schien während der Trockenphase im Juni und Juli 2021 passiert zu sein (Abbildung 2). Die Beurteilung der Wurzelmenge zu den jeweiligen Zeitpunkten in den bestimmten Tiefen erfolgte durch eine manuelle Ansprache der Fotos. Es folgte eine Einordnung in die Kategorien „wenig“, „mittel“ und „viel“.

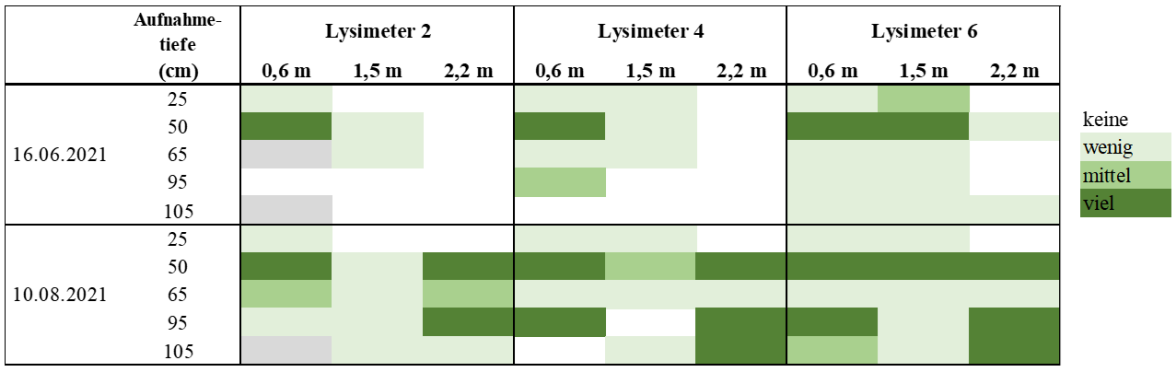


Abbildung 2: **Beobachtung der voranschreitenden Wurzelausbreitung über eine visuelle Erkundung der Plexiglasrohre im Sommer 2021**

Während im ersten Standjahr 2020 auf Grund der regelmäßigen Bewässerung im Zuge der Anwuchspflege kein Wassermangel im Wurzelraum der Bäume herrschte und sich Niederschläge in der Regel auch im Sickerwasseranfall widerspiegelten, herrschte im Jahr 2021 in den Monaten Juni und Juli Trockenstress. Dies äußerte sich in reduziertem Saftstrom, den Verläufen der Potenzialsensoren im Substrat, Einbußen im Stammwachstum und reduzierter stomatärer Leitfähigkeit. Auch zeigten kleinere Bewässerungsgaben und Niederschläge in diesem Zeitraum keine Antwort im aufgezeichneten Sickerwasser, was bedeutet, dass diese gänzlich zur Auffüllung des Bodenwasserspeichers dienten.

Die Auswirkung der Trockenperiode 2021 auf die stomatäre Leitfähigkeit ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Lysimeter 2, Lysimeter 4 und Lysimeter 6 sind die Bezeichnungen der Schwammstadtlysimeter. Zusätzlich sind die Messungen an den Bäumen in den Baumsubstratlysimetern angeführt. Diese sind ebenfalls mit *Celtis australis* bepflanzt, wurden 2014/15 errichtet und weisen auch in Zeiträumen mit guter Durchfeuchtung, aber vor allem in trockeneren Phasen vergleichsweise geringere stomatäre Leitfähigkeiten auf. Daraus lässt sich auf grundsätzlich bessere Wuchsbedingungen im Schwammstadtsubstrat schließen, auch wenn der Unterschied im Alter der Bäume und folglich deren Kronenvolumen eine Unschärfe in dieser Aussage hervorrufen.

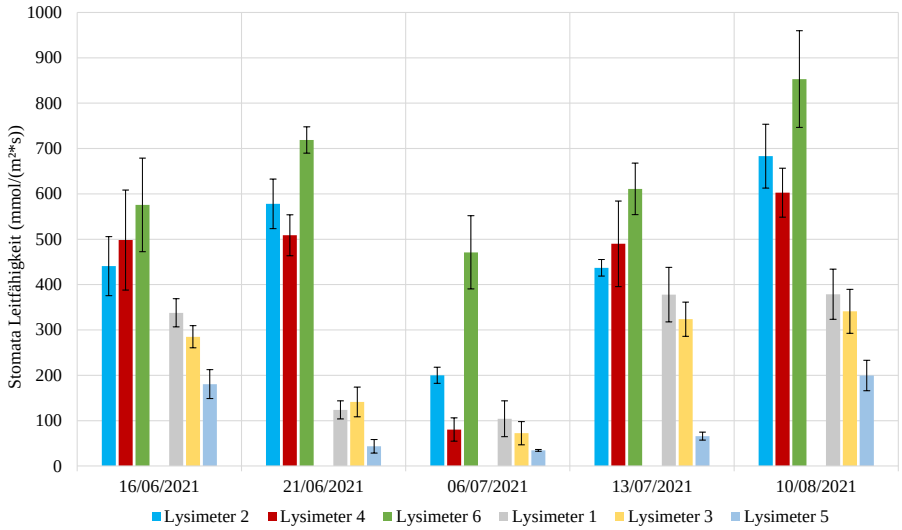


Abbildung 3: **Gemessene stomatäre Leitfähigkeiten im Sommer 2021 an den Bäumen der Schwammstadt- und Baumsubstratlysimeter**

In diesem Zusammenhang zeigten sich auch erstmals erkennbare Unterschiede zwischen den drei Lysimetern, wobei einer der Bäume (Lysimeter 6) wesentlich geringere Einbußen aufwies, was den Schluss des geringeren Trockenstresses zulässt. Das Schwammstadtsubstrat, in dem dieser Baum wächst, unterscheidet sich von den anderen beiden Lysimetern zum einen durch die Einbauvariante (vorgemischt statt eingeschlämmt), vor allem aber durch die Zusammensetzung des Feinsubstrats. Dieses besteht vorwiegend aus einer Mischung aus Pflanzenkohle und Kompost, was zumindest in den ersten Standjahren und

im geschützten Raum der Lysimeter zu einer besseren Wachstumsgrundlage des darin gepflanzten Baumes führt. Neben geringeren Anzeichen des Trockenstresses weist dieser Baum auch einen stärkeren Zuwachs am Stamm und den Trieblängen, sowie auch den Wurzeln auf. Vermutet wird, dass dies mit den großen Nährstoffmengen des Feinsubstrats zusammenhängt. Die anderen beiden Lysimeter sind im Vergleich dazu mit sandigem Feinsubstrat, das kleine Beimengungen an Pflanzenkohle und Kompost enthält, ausgestattet. Auf Grund dieser hohen Konzentration an Kompostkohle im Feinsubstrat zeigt das Lysimeter 6 aber auch vergleichsweise hohe Austräge an Chlorid und Nitrat im Sickerwasser.

Für eine bessere Beurteilung des Einflusses der Substrate auf die Baumphysiologie und den Bodenwasserhaushalt sind weitere Messperioden und Versuche abzuwarten. Die Idee vorgemischtes Schwammstadtsubstrat statt der Einschlämmvariante zu verwenden mag zwar verlockend einfach klingen, wird aber wegen der im Realbaustellensetting angewandten starken Verdichtung und des damit einhergehenden Risikos der Herstellung von für die Durchwurzelung ungeeigneten Bedingungen als Unterbau von befahrenen Flächen vorerst nicht empfohlen. Dieses Risiko besteht bei der Einschlämmvariante nicht.

Zusammenfassung

Die Lysimeteranlage in der Außenstelle der HBLFA Schönbrunn in der Jägerhausgasse in Wien bildet gemeinsam mit Laboruntersuchungen die Basis der Forschungsaktivitäten des Bundesamts für Wasserwirtschaft zum Thema Substratoptimierung für Stadtbäume. Im Jahr 2021 war in allen drei Schwammstadtlysimetern eine stark voranschreitende Durchwurzelung der Substrate erkennbar, was die Grundvoraussetzung für das Erfüllen der gesellschaftlich relevanten Potenziale durch die Bäume ist. Im Zuge der Trockenperiode im Juni und Juli 2021 zeigten sich auch erstmals Unterschiede zwischen den drei eingebrachten Substratmischungen und den darin gepflanzten Bäumen. Der Baum mit dem größten organischen Anteil in Form von Pflanzenkohle und Kompost im Schwammstadtsubstrat zeigte hierbei die geringsten Einbußen und nur geringe Anzeichen von Trockenstress. Während mäßig bis sehr trockenen Phasen ließ die stomatäre Leitfähigkeit als Vitalitätsindikator auf höhere Resilienz gegenüber Trockenheit im Schwammstadtsubstrat schließen. Die Bäume befinden sich nun am Ende der Anwuchsphase, die kommenden Jahre werden tiefergehende Erkenntnisse zum mittelfristigen Zusammenspiel von Substrat und Baum im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems liefern.

Abstract

The lysimeter facility at the HBLFA Schönbrunn field office in Jägerhausgasse in Vienna, together with laboratory tests, forms the basis of the research activities of the Federal Office of Water Management on the subject of substrate optimization for urban trees. In 2021, a strongly progressing rooting of the substrates was recognizable in all three sponge city lysimeters, which is the basic prerequisite for the fulfillment of the socially relevant potentials by the trees. In the course of the dry period in June and July 2021, differences between the three introduced substrate mixtures and the trees planted in them also became apparent for the first time. The tree with the largest organic content in the form of plant charcoal and compost in the sponge city substrate showed the least losses here and only minor signs of drought stress. During moderately to very dry periods, stomatal conductance as a vitality indicator suggested higher resilience to drought in the sponge stage substrate. The trees are now at the end of the establishment phase, and the coming years will provide deeper insights into the medium-term interaction of substrate and tree in terms of overall system performance.

Literatur

BAUMÜLLER J, AHMADI Y, 2016: Beitrag von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und freiraumplanerischen Gestaltungselementen zur Verbesserung des Stadtklimas. Bericht zum Forschungsprojekt SAMUWA – Stadt als hydrologisches System im Wandel. Schritte zu einem anpassungfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts. Universität Stuttgart, Eigenverlag.

BLUEGREENSTREETS (Hrsg.), 2020: BlueGreenStreets als multicodierte Strategie zur Klimafolgenanpassung – Wissenstand 2020, April 2020, Hamburg. Statusbericht im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z).

EMBRÉM B, ALVEM B-M, STÅHL Ö, ORVESTEN A, 2009: Pflanzgruben in der Stadt Stockholm – Ein Handbuch. Stadt Stockholm, Eigenverlag.
GRIMM K, MURER E, SCHMIDT S, ZIMMERMANN D, 2019: Das „Schwammstadtprinzip“ und der Arbeitskreis Schwammstadt. ZOLL+ 34, 38-41.
KRUSE E, 2015: Integriertes Regenwassermanagement für den wassersensiblen Umbau von Städten. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
RODRÍGUEZ-ESPINOSA T, NAVARRO-PEDREÑO J, GÓMEZ-LUCAS I, JORDÁN-VIDAL MM, BECH-BORRAS, ZORPAS AA, 2021: Urban areas, human health and technosols for the green deal. Environ Geochem Health 43, 5065-5086.
ZEISER, A, WENINGER, T, MURER, E, SCHMIDT, S, WEISGRAM, R, STRAUSS, P 2021: Die Schwammstadt als Substrat für Stadtbäume. 75. ALVA-Tagung, LFZ Franzisco Josephineum, Wieselburg. Tagungsbericht 2021, 60-62.

Adressen der Autoren

[1]Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, A-3252 Petzenkirchen

[2]Verein Land schafft Wasser, Pollnbergstraße 1, A-3252 Petzenkirchen

[3]Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau und Österreichische Bundesgärten, Grünbergstraße 24, A-1130 Wien

[4]Wiener Stadtgärten, Johannesgasse 35, A-1030 Wien

[*] Ansprechpartnerin: DI Anna ZEISER, anna.zeiser@baw.at

Winderosion im Marchfeld – Erkenntnisse aus kontinuierlichen Messungen von Verfrachtungsraten

Soil wind erosion in the Marchfeld – Insights from continuous measurements of sediment rates

Thomas Weninger[1*], Peter Strauß[1], Simon Scheper[2], Karl Gartner[3], Barbara Kitzler[3], Sebastian Riedel[3] und Kerstin Michel[3]

Einleitung

Winderosion wird im Osten Österreichs regelmäßig beobachtet, Messdaten zur Beurteilung der Relevanz dieses Phänomens für die Bodenfruchtbarkeit und die landwirtschaftliche Produktion fehlen jedoch weitgehend. In einer europaweiten Modellierung wurden für das Marchfeld und die Parndorfer Platte die österreichweit höchsten potenziellen Winderosionsraten mit 0,5 – 1,5 t ha^{-1} a^{-1} errechnet (BORELLI et al., 2017). Dazu wurde die Revised Wind Erosion Equation (RWEQ) verwendet, die für solche Anwendungen weit verbreitet ist (FRYREAR et al., 1998). Basierend auf derselben Gleichung wurden in einer hoch aufgelösten Modellierungsstudie für einen Teil Niederösterreichs, östlich von Wien, durchschnittliche Erosionsraten von 3,7 t ha^{-1} errechnet (SCHEPER et al., 2021). Mit der Vorgängervariante der RWEQ wurde für das Marchfeld eine Studie durchgeführt, die Erosionsraten bis zu 5 t ha^{-1} a^{-1}, im Durchschnitt 2,4 t ha^{-1} a^{-1}, ergab (KLIK, 2004). Diese Ergebnisse liegen im unteren Bereich von Erosionsraten, wie sie aus der wesentlich besser erforschten Bodenerosion durch Wasser bekannt sind. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, diese modellierten Werte anhand von detaillierten Messungen zu überprüfen und erste Zeitreihen für Winderosionsraten im Osten Österreichs zu analysieren.

Material und Methoden

Standorte: Es wurden zwei Standorte im Marchfeld ausgewählt, die in Bodentyp, Lage und Bewirtschaftung repräsentativ für das Gebiet sind. Beide Versuchsflächen wurden angrenzend an Bodenschutzanlagen (BSA) mit vorgelagertem Blühstreifen installiert, die in ihrer Struktur und mäßigen Vitalität einem großen Teil der BSA in der Umgebung entsprechen. Dies folgte einerseits der Notwendigkeit, einen definierten Feldrand, also einen räumlich definierten Beginn des Winderosionsgeschehens, sicherzustellen, andererseits sollte so auch der Effekt der BSA quantifiziert werden. Die BSA sind SSW-NNO ausgerichtet, stehen somit in etwa rechtwinkelig zur Hauptwindrichtung, die im Marchfeld NW ist, eine nähere Beschreibung der BSA findet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: **Eigenschaften der Bodenschutzanlagen an den beiden Messstandorten.**

	Standort 1	**Standort 2**
Standort	Raasdorf	Rutzendorf
Koordinaten (GK M34)	19080 Ost 343660 Nord	21270 Ost 341440 Nord
Alter	Etwa 25 Jahre	Etwa 25 Jahre
Ausrichtung (zu Nordrichtung)	18°	19°
Durchschnittliche Höhe	7,5 m	8 m
Breite und Struktur	4 m Baumschicht, 3 m Strauchschicht, 4 m Blühstreifen	5 m Baumschicht, 2 m Strauchschicht, 4 m Blühstreifen
Dominante Arten	Baumschicht: Vogelkirsche, Bergahorn, Winterlinde; Strauchschicht: Schlehdorn, Liguster	Baumschicht: Robinie, Esche, Steinweichsel; Strauchschicht: Flieder, Roter Hartriegel

Die Versuchsfelder wurden mit 50 Metern Breite (parallel zur BSA gemessen) und einer Höhe, die dem Zehnfachen der Höhe der BSA entsprach (10 x H) angelegt. Am Standort 1 wurde der Boden über den Messzeitraum regelmäßig gemulcht und gegrubbert, um die Oberfläche frei zu halten. Am Standort 2 fanden die Messungen in der geplanten Fruchtfolge statt. Für den Messzeitraum von März 2020 bis

Februar 2022 beinhaltete diese Winterweizen – Zwischenfrucht – Körnermais – Schwarzbrache (aufgrund sehr später Maisernte kein Anbau von Begrünung mehr möglich).
Messungen: Der Fokus der Studie lag auf der Messung von Bodenerosionsraten durch Wind. Dazu wurden Sedimentsammler des Typs BEST (Basaran & Erpul Sediment Trap; BASARAN et al., 2011, Abb. 1a) verwendet. Die Aufstellung erfolgte angelehnt an das Design des US Wind Erosion Monitoring Network: Das Versuchsfeld wurde in gleichmäßige Parzellen aufgeteilt, in denen jeweils drei Sedimentsammler zufällig angeordnet wurden (Abb. 1b, WEBB et al., 2015). Die Sedimentsammler wurden an L-Profilen aus Stahl (Seitenlänge 15 mm) in den Höhen 8, 20, 40 und 80 cm montiert. Dabei wurden die Einströmöffnungen der Sedimentsammler rechtwinkelig zur BSA und somit annähernd entgegen die Hauptwindrichtung ausgerichtet. Die Sammler wurden im Abstand von drei Wochen geleert und die aufgefangene Bodenmasse wurde nach 48-stündiger Trocknung bei 40°C gewogen.

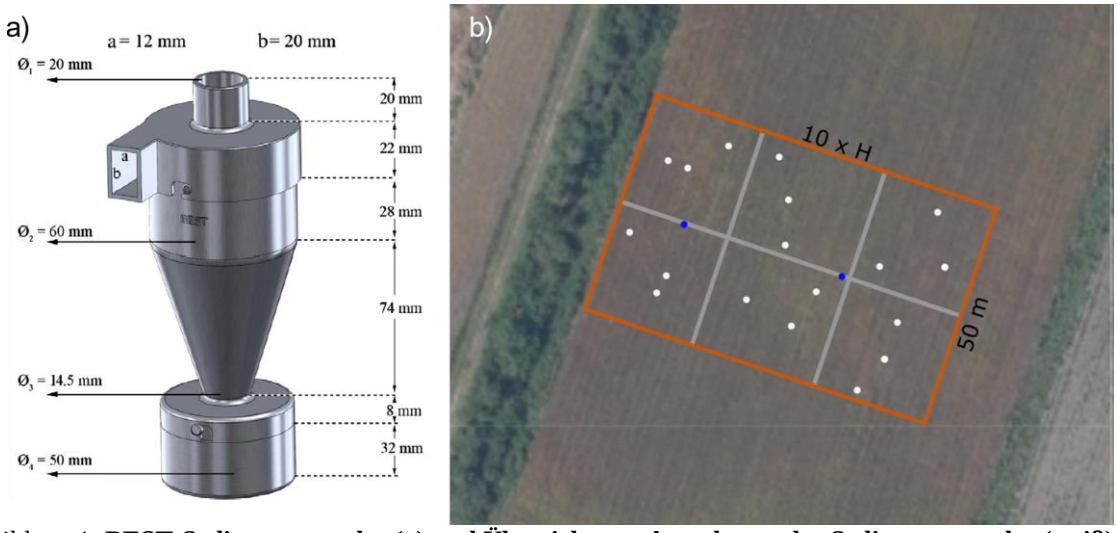


Abbildung 1: **BEST-Sedimentsammler (a) und Übersicht zur Anordnung der Sedimentsammler (weiß) und Windgeschwindigkeitsmessungen (blau); H steht für die Höhe der Bodenschutzanlage (b).**

Datenverarbeitung: Die Sedimentsammler liefern eine Punktmessung im dreidimensionalen Luftraum über dem betrachteten Feld. Um daraus eine Erosionsrate in üblichen und interpretierbaren Einheiten (z.B. t ha^{-1} a^{-1}) abzuleiten, ist ein mehrstufiges Berechnungsverfahren anzuwenden. Die aufgefangene Sedimentmasse m_S wird ersten Schritt durch die Öffnungsfläche A (bei BEST-Samplern: 0,02 m x 0,01 m) und die Dauer der Messperiode d_P dividiert, um eine flächen- und zeitunabhängige horizontale Massenflussdichte q (g m^{-2} d^{-1}) zu erhalten (Gl. 1).

$$q = \frac{m_S}{A\, d_P} \qquad (1)$$

Diese Massenflussdichte ist im Normalfall bodennah am höchsten, die vertikale Verteilung folgt oft einer Exponentialfunktion (FUNK et al., 2004; MENDEZ et al., 2011). Die gewonnenen Messdaten aus dieser Studie folgten dieser Verteilung nur bedingt, Sediment war oft nur in einzelnen Höhenstufen vorzufinden, in den beiden Messhöhen 40 cm und 60 cm nur in äußerst seltenen Einzelfällen. Deshalb wurde eine stufenweise Integration der Punktergebnisse auf die Messhöhe gewählt, das heißt, die Werte für q wurden mit einer für die jeweilige Höhenstufe angesetzten repräsentativen Höhe multipliziert (Abb. 2), um den horizontalen Massenfluss Q (g m^{-2} d^{-1}) zu errechnen. Dieser gilt für eine virtuell durchströmte, vertikale Fläche von 1 m² (Abb. 2).

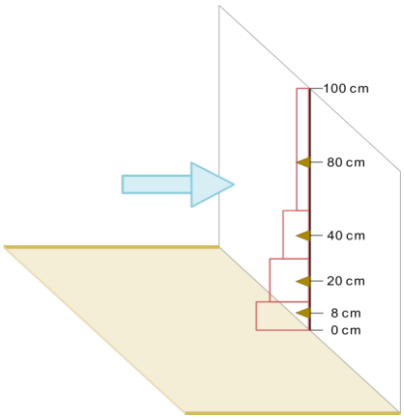


Abbildung 2: **Schematische Darstellung der Sedimentsammler (braune Dreiecke), der stufenweisen Integration über die Messhöhe (rote Rechtecke) und der repräsentativen, durchströmten Vertikalfläche (grauer Umriss, 1 m²).**

Für die hier präsentierten Analysen wurden Messwerte von den Sedimentsammlern im am weitesten entfernten Drittel herangezogen, die am ehesten der Freifläche entsprechen. Um den Bodenabtrag aus den Messungen abzuleiten, wurde angenommen, dass der horizontale Massenfluss aus einem Einzugsgebiet stammt, das der Feldlänge bis zum Messpunkt entspricht. Dies ist eine Vereinfachung und die Ergebnisse sollen in einem zukünftigen Schritt mittels räumlicher Interpolation verbessert werden. Die absoluten Zahlen des Bodenabtrags sind somit noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Das Hauptaugenmerk im momentanen Stand der Datenverarbeitung liegt auf dem zeitlichen Verlauf und dem Vergleich zwischen den Standorten.

Ergebnisse und Diskussion

Die zeitlichen Verläufe der Sedimentfrachten auf den beiden Messstandorten zeigen einige deutliche Muster (Abb. 3). Der Boden am Standort 1 (Raasdorf) wurde mittels regelmäßigen Mulchens und Grubberns weitgehend von Vegetation freigehalten und wies über den Großteil der Zeit höhere Erosionsraten auf als Standort 2 (Rutzendorf), an dem die Messfläche mit der geplanten Fruchtfolge bewirtschaftet wurde. Nur während der ersten Hälfte der Maisanbauphase am Standort 2 waren die gemessenen Raten etwa gleich hoch, was aufgrund der geringen Bodenbedeckung zu erwarten war. Die Knickstellen, die an beiden Standorten in den Phasen der höchsten Erosionstätigkeit auftraten, wurden durch feuchte Wetterlagen bedingt. Die Vegetation auf Standort 1 konnte zu den Zeiten des stärksten Wachstums in den Frühjahren nicht komplett unterdrückt werden, so dass zwischen den Bodenbearbeitungen teilweise eine Bodenbedeckung von etwa 50-60% erreicht wurde. In diesen Zeiträumen wären demnach noch größere Erosionsraten zu erwarten gewesen, als gemessen wurden.

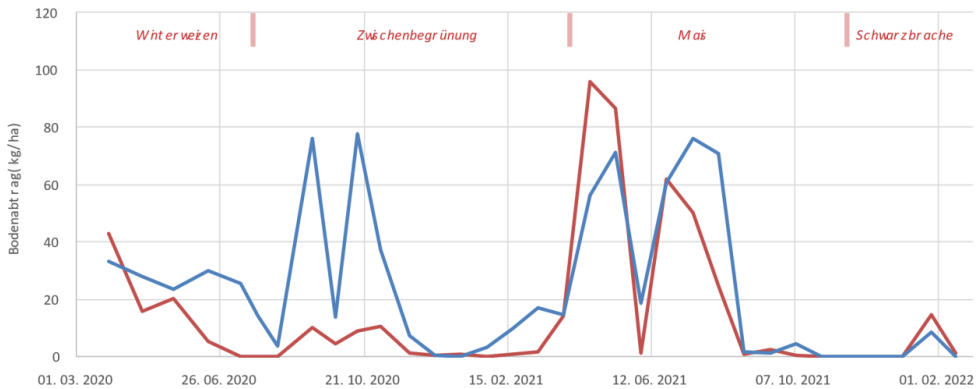


Abbildung 3: **Verläufe des Bodenabtrages abgeleitet aus Sedimentfrachten über zwei Jahre an den Standorten 1 (Raasdorf, blau, Boden weitgehend vegetationsfrei gehalten) und 2 (Rutzendorf, rot, Fruchtfolge wie beschrieben). Jeder Knotenpunkt steht für die Sedimentsumme über eine Messperiode von drei Wochen.**

Kumuliert man die Bodenabtragsraten über die gesamte Messdauer von zwei Jahren, ergibt sich eine Summe von 480 kg ha^{-1}, beziehungsweise 780 kg ha^{-1} (Abb. 4). Am Standort 1 trat die Erosion gleichmäßig über beide Messjahre verteilt auf, in der Vegetationsperiode waren die Erosionsraten deutlich höher als im Winter. Am Standort 2 fielen in der Phase des Maisanbaues mit 320 kg ha^{-1} zwei Drittel der Gesamtmenge an. Zu diesen Werten ist zu bemerken, dass die Messungen eine grundlegende Erosionstätigkeit abbilden (baseline). Während der Bodenbearbeitungsmaßnahmen mussten die Messeinrichtungen abgebaut werden, um die Befahrbarkeit zu gewährleisten, sodass die anzunehmenden größten Winderosionsereignisse nicht erfasst werden konnten. Bodenbearbeitung bei trockenen Bedingungen und Wind führt oft zu weithin beobachtbaren Erosionsereignissen, deren Ausmaß noch nicht bekannt ist und im Rahmen dieser Studie nicht abgeschätzt werden konnte.

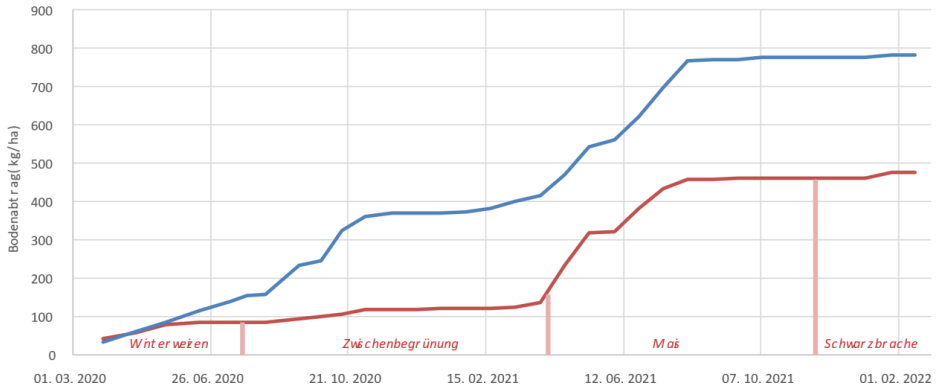


Abbildung 4: **Kumulierter Bodenabtrag abgeleitet aus Sedimentfrachten über zwei Jahre an den Standorten 1 (Raasdorf, blau, Boden weitgehend vegetationsfrei gehalten) und 2 (Rutzendorf, rot, Fruchtfolge wie beschrieben).**

Zusammenfassung

Bodenerosion durch Wind ist ein oft beobachtetes Phänomen in den österreichischen Ackerbauregionen, ihre quantitative Relevanz wurde bisher jedoch nur von Modellierungsstudien abgeschätzt. Diese ergaben durchschnittliche Bodenerosionsraten im Bereich von 0,5 – 3,7 t ha^{-1}. Um diese Werte zu verifizieren, wurden über zwei Jahre die Transportraten von Boden durch Wind auf zwei Standorten im Marchfeld gemessen. Ein System mit semi-randomisiert verteilten Sedimentsammlern in verschiedenen Höhen über der Bodenoberfläche wurde installiert und die darin aufgefangenen Mengen an Bodenmaterial wurden in etwa alle drei Wochen gemessen. Während Bodenbearbeitungsmaßnahmen stattfanden, mussten die Messeinrichtungen abgebaut werden, sodass die gemessenen Raten das Basiserosionsgeschehen ohne Einbeziehen des bearbeitungsbedingten Abtrags abbildeten. Bei unbewachsener Bodenoberfläche wurden über die gesamte Messperiode etwa 800 kg ha^{-1} gemessen, auf einem Feld mit geplanter Fruchtfolge etwa 500 kg ha^{-1}. In letzterem Fall fiel der Großteil der Gesamtmenge (2/3) während einer Produktionsphase von Mais an, Wintergetreide und Zwischenbegrünung schützten den Boden wesentlich besser. Weitere Analysen werden die Quantifizierung der räumlichen Verteilung der Winderosion und des Einflusses von Bodenschutzanlagen zum Ziel haben.

Abstract

Soil wind erosion is frequently observed phenomenon in Austrian arable landscapes, its quantitative relevance has been only estimated by modeling studies by the time being. Such studies yielded average soil erosion rates in the range of 0.5 – 3.7 t ha^{-1}. To validate these values, the soil transport rates were measured throughout two years on two sites in the Austrian Marchfeld. A system of semi-randomly distribute sediment traps at various heights above the soil surface was installed and the amounts of soil sediment collected therein were measured every three weeks. While tillage operations were taking place, the traps needed to be dismantled so that the determined erosion rates represented the base flow of soil erosion without considering the management-driven event erosion. On bare soil, 800 kg ha^{-1} were meas-

ured throughout the entire measurement period while on a field with crop rotation as planned, the accumulated soil wind erosion amount was 500 kg ha^{-1}. In the latter case, the major part (2/3) was eroded during a production period of corn, winter wheat and cover crops protected the soil better. Future analyses will aim at quantifying of the spatial distribution of wind erosion and of the effect of vegetated windbreaks.

Förderinformation

Diese Arbeit entstand im Zuge des Projektes EROWIN (B960199), gefördert vom Österreichischen Klima- und Energiefonds im Austrian Climate Research Programme (ACRP 11, grant nr. KR18AC0K14642).

Literatur

BASARAN M, ERPUL G, UZON O, GABRIELS D, 2011: Comparative efficiency testing for a newly designed cyclone type sediment trap for wind erosion measurements. Geomorphology 130, 343-351.
BORELLI P, LUGATO E, MONTANARELLA L, PANAGOS P, 2017: A new assessment of soil loss due to wind erosion in European agricultural soils using a quantitative spatially distributed modelling approach. Land Degradation & Development 28, 335-344.
FRYREAR DW, SALEH A, BILBRO JD, SCHOMBERG HM, STOUT JE, ZOBECK TM, 1998: Revised Wind Erosion Equation. USDA Technical Bulletin No. 1.
FUNK R, SKIDMORE EL, HAGEN LJ, 2004: Comparison of wind erosion measurements in Germany with simulated soil losses by WEPS. Environmental Modelling & Software 19, 177–183.
KLIK A, 2004: Wind Erosion Assessment in Austria Using Wind Erosion Equation and GIS. Proceedings OECD Experts Meeting, Rome.
MENDEZ MJ, FUNK R, BUSCHIAZZO DE, 2011: Field wind erosion measurements with Big Spring Number Eight (BSNE) and Modified Wilson and Cook (MWAC) samplers. Geomorphology 129, 43-48.
SCHEPER S, WENINGER T, KITZLER B, LACKÓOVÁ L, CORNELIS W, STRAUSS P, MICHEL K, 2021: Comparison of the Spatial Wind Erosion Patterns of Erosion Risk Mapping and Quantitative Modeling in Eastern Austria. Land 10, 974.

Adressen der AutorInnen

[1] Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

[2]Dr. Simon Scheper, Forschung | Beratung | Lehre, Eickhorst 3, 29413 Dähre, DE

[3]Bundesforschungszentrum für Wald BFW, Institut für Waldökologie und Boden, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien

[*] Ansprechpartner: DI Dr. Thomas WENINGER, thomas.weninger@baw.at

Begrünte Fließwege in Österreich – Erosionsschutzmaßnahme über Feldgrenzen hinweg

Grassed waterways in Austria – erosion mitigation without borders

Thomas Brunner[1,2*], Elmar Schmaltz[1] und Peter Strauss[1]

Einleitung

Für die kommende Periode des Agrarumweltprogramms ÖPUL 2023 ist die neue Fördermaßnahme „Begrünte Abflusswege auf Ackerflächen“ vorgesehen. Im vorgestellten Projekt soll eine Gebietskulisse für diese Maßnahme ausgearbeitet werden. Konkret bedeutet das, dass Bereiche, in denen die Anlage eines solchen begrünten Abflussweges aus Sicht des Erosions-, sowie Oberflächengewässerschutzes sinnvoll wäre, ausgewiesen werden. Die Verschneidung dieser Flächen mit den Schlaggrenzen eines landwirtschaftlichen Betriebes stellt die Grundlage für die Ermittlung der förderfähigen Fläche dar. Förderrechtliche Details (besonders Kombinierbarkeit mit anderen Maßnahmen) sind derzeit noch in Abstimmung.

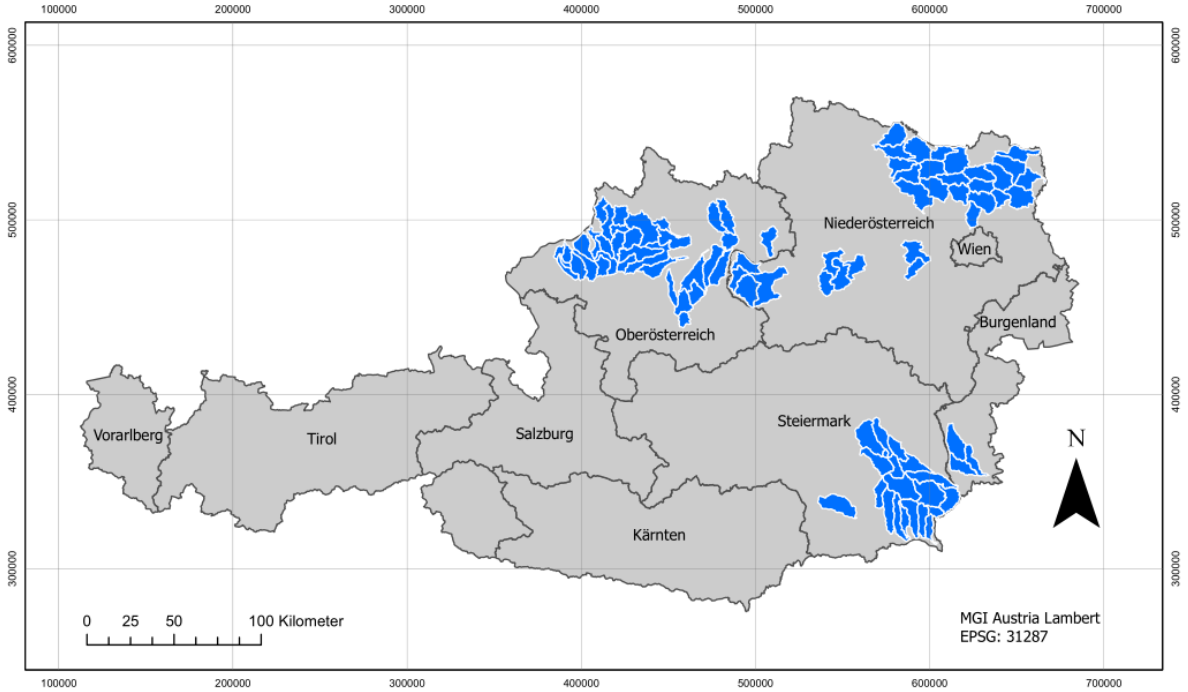


Abb 1: **Gebietskulisse für die Maßnahme (88 phosphorbelastete Einzugsgebiete in NÖ, OÖ, STMK, BGLD)**

Dass die Anlage solcher begrünten Abflusswege zu einer maßgeblichen Reduktion von Bodenabträgen infolge linienhafter Erosion (Abb 2) beitragen kann, wird als gegeben angenommen, sh. FIENER & AUERSWALD (2003); MEYER (2011). Es existieren in der Literatur einige Ansätze, um deren optimale Platzierung in einem größeren Maßstab zu erreichen, z.B. bei DAGGUPATI et al. (2013); GALI et al. (2015); SHESHUKOV et al. (2018).

Material und Methoden

Um die geforderte Ausweisung von potentiellen Standorten für begrünte Abflusswege vornehmen zu können, wurden die Ergebnisse zweier Modellansätze kombiniert. Dabei kamen ein statistisches Modell („generalized additive mixed model“ – GAM), sowie ein prozessbasiertes Abfluss- und Phosphortransportmodell (PhosFate) zum Einsatz. Beide Modelle arbeiten rasterbasiert und wurden mit einer Zellengröße von 10 m angewandt. Die Ausweisung wurde beschränkt auf besonders durch Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft belastete Gewässereinzugsgebiete. Diese Gebietskulisse (Abb 1) umfasst 88 Einzugsgebiete, Niederösterreich, Oberösterreich, der Steiermark und dem Burgenland.

GAM: Das statistische Modell basiert auf der Kombination von 5 topographischen Indices, die mittels GIS-Software direkt aus dem digitalen Geländemodell (DGM) je Rasterzelle ermittelt werden können und teilweise voneinander abhängen. Dies sind Abflussakkumulation (D_{inf} – Algorithmus), stream power index (SPI), convergence index (CI), multiresolution index of valley bottom flatness (MRVBF) und multiresolution index of ridge top flatness (MRRTF). Weitere Indices wurden erprobt, diese konnten die Vorhersagequalität jedoch nicht wesentlich verbessern. Zum Zwecke der Kalibrierung wurden in zwei Testgebieten (Raum Großmugl in Niederösterreich, Raum Fernitz-Mellach in der Steiermark) linienhafte Erosionserscheinungen anhand von Satellitenbildern kartiert (Abb 3 links). Über den daraus erstellten Datensatz wurde das Modell trainiert, d.h. es wird in den Testgebieten eine sehr hohe Übereinstimmung mit der Kartierung erreicht. Eine Priorisierung von Fließwegen erfolgte anhand der vom Modell ausgewiesenen Wahrscheinlichkeit, dass ein konkreter Fließweg Erosionserscheinungen zeigt.

Abb 2: **Jeweils in Bildmitte: wiederkehrende lineare Erosion am gleichen Fließweg in den Jahren 2015, 2017-2021 (v.li.n.re.) (Quelle: Google Earth)**

PhosFate: Das ursprünglich von Kovacs et al. (2012) vorgestellte Modell wurde anhand von gemessenen Phosphorfrachten in Fließgewässern der Gebietskulisse kalibriert und validiert, da keine räumlich höher aufgelösten Daten vorliegen. Darauf basierend wurden Phosphoremissionen aus landwirtschaftlichen Flächen modelliert, einerseits bezogen auf die Pegelmessstellen, andererseits umgelegt auf die Einzugsgebietsfläche. Eine Priorisierung von Fließwegen erfolgte anhand deren Bedeutung für den Phosphoreintrag ins Gewässer, d.h. des Anteils der modellierten Phosphorfracht eines konkreten Fließweges an jener des gesamten Einzugsgebietes, in dem er sich befindet.
Die aus beiden Modellansätzen resultierenden Flächen wurden schließlich vereinigt und stellen die endgültige Gebietskulisse für die Maßnahme dar (Abb 3 rechts). Es werden dabei also eine Emissions- und eine Immissionsperspektive kombiniert. Im Rahmen von Feldbegehungen wurde die Plausibilität der kombiniert ausgewiesenen Flächen in ausgewählten Gebieten überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Die abfluss- und erosionsmindernde Wirkung, die auf Schlag- und Einzugsgebietsebene durch die Maßnahme erreicht werden kann, hängt stark von der tatsächlichen Umsetzungsrate ab. Wenn beispielsweise ein ausgewiesener Fließweg mehrere Schläge quert und die Maßnahme nur am „letzten“ Schlag entlang dieser Reihe angewendet wird, ist die Schutzwirkung tendenziell nicht mehr ausreichend. Umgekehrt können die Oberlieger entlang einer solchen Reihe durch die Maßnahme eine hohe Schutzwirkung für sämtliche Unterlieger erzielen, bekommen jedoch nur die Fläche am eigenen Schlag abgegolten. Es wäre daher höchst sinnvoll, besonders in solchen Situationen eine verbesserte Absprache von Bewirtschaftern zu erreichen, deren Schläge sich entlang des gleichen Fließweges befinden.
In vielen Fällen mögen die ausgewiesenen Flächen aus Sicht der landwirtschaftlichen Praxis als „unpraktisch“ erscheinen. Das entspricht in etwa der Frage, ob die Natur (d.h. die Lage von Abflusswegen entsprechend dem Gelände) der Festlegung von Schlägen „gehorchen“ sollte, oder umgekehrt.

Künftig sollen beide Modellansätze mit zusätzlichen Daten (Kartierungen von tatsächlichen Abflusswegen im Gelände und/oder Messdaten im Gewässer) gefüttert werden, um die Vorhersagegenauigkeit weiter zu erhöhen. Die direkte messtechnische Erfassung der Abfluss- und Abtragsreduktion durch einen begrünten Fließweg gestaltet sich schwierig, eine Evaluierung wird vermutlich nur aufgrund von Modellierungen unter Berücksichtigung der tatsächlich umgesetzten Flächen möglich sein.

Abb 3: **Fließweg 2015 digitalisiert lt. Satellitenbild (manuell); endgültige Ausweisung von Fließwegen (re) (Quelle: Google Earth)**

Zusammenfassung

Die neuartige ÖPUL-Maßnahme „Begrünte Abflusswege auf Ackerflächen“ im kommenden ÖPUL stellt eine große Chance dar, um linienhafte Bodenabträge auf landwirtschaftlichen Flächen, sowie damit verbundene Phosphoreinträge in Oberflächengewässer zu reduzieren. Unter Kombination zweier Modellansätze wurden für die Gebietskulisse der Maßnahme Flächen in NÖ, OÖ, STMK und BGLD ausgewiesen, an denen die Anlage solcher begrünten Abflusswege besonders sinnvoll erscheint.

Abstract

The new measure “grassed waterways on cropland” within the coming Austrian Agri-environmental programme ÖPUL poses an opportunity to reduce both linear soil erosion and phosphorous immissions into surface water bodies. By combining two modelling approaches, maps were produced for the defined area of interest (“Gebietskulisse”), which lies in the federal countries of Lower Austria, Upper Austria, Styria and Burgenland, that identify potentially “optimal” locations for grassed waterways.

Literatur

DAGGUPATI, P., K. R. DOUGLAS-MANKIN, AND A. Y. SHESHUKOV. 2013. “Predicting Ephemeral Gully Location and Length Using Topographic Index Models.” *Transactions of the ASABE* 56(4): 1427–40.

FIENER, P., AND K. AUERSWALD. 2003. “Effectiveness of Grassed Waterways in Reducing Runoff and Sediment Delivery from Agricultural Watersheds.” *Journal of Environmental Quality* 32(3): 927–36.

GALI, ROHITH K, MICHELLE L SOUPIR, AMY KALEITA, AND PRASAD DAGGUPATI. 2015. “Identifying Potential Locations for Grassed Waterways Using Terrain Attributes and Precision Conservation Technologies.” *Transactions of the ASABE* (November): 1231–39.

KOVACS, ADAM et al. 2012. “Identification of Phosphorus Emission Hotspots in Agricultural Catchments.” *Science of the Total Environment* 433: 74–88. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.024.

MEYER, DANIEL. 2011. “Part 650 Engineering Field Handbook Chapter 7 Grassed Waterways.” (December).

SHESHUKOV, ALEKSEY Y., LAWRENCE SEKALUVU, AND STACY L. HUTCHINSON. 2018. “Accuracy of Topographic Index Models at Identifying Ephemeral Gully Trajectories on Agricultural Fields.” *Geomorphology* 306: 224–34. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.01.026.

Adressen der Autoren

[1] Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

[2] Universität für Bodenkultur, Institut für Bodenphysik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft, Muthgasse 18, 1190 Wien

[*] Ansprechpartner: DI Thomas Brunner, thomas.brunner@baw.at

Auswirkungen einer Zwischenfruchtbegrünung und der Gülleausbringung mit unterschiedlichen Radlasten und Reifeninnendrücken auf die Bodenverdichtung

Effect of cover crop und slurry application with different loads and tire inflation pressures on soil compaction

Gerhard Moitzi*, Elisabeth Sattler und Helmut Wagentristl

Introduction

Agricultural soils have a wide diversity of ecological services (e.g., root growth, water movement, aeration) that are directly influenced by the physical properties of soils (LAMANDÉ ET AL. 2018). Farm vehicles should not impose stresses that exceed soil strength. Heavy agricultural vehicles passing on low load-bearing and soft soil (loosened, wet) can generate tire tracks in the field with potential risk of subsoil compaction. Studies by KELLER ET AL. (2019) stated that future agricultural operations must consider inherent mechanical limits of soil due to increasing average weight of farm machinery exceeding loads bearable by the ground. The risk of soil compaction can be reduced by technical measurements with increased contact area between the soil and tire (e.g. controlling tires inflation pressure, traction devices with larger footprints, rubber tracks, additional axels/wheels). Furthermore, agronomical measures (e.g., diverse crop rotation, date of machinery operation, conservation tillage) can also raise the trafficability of the soil. The positive effect of cover crops on soil functions has been well studied, but not on the mitigation of soil compaction after the passing of farm machinery. This study analyzed the effect of slurry application in spring with different loads and tire inflation pressures in a field without a cover crop and in a field with cover crop on track depth and soil penetration resistance. Further results according this study (e.g. crop yield) are published in MOITZI ET AL. (2021).

Materials and Methods

The experiment was carried out on farm fields in the northern part of the Austrian province of Burgenland in Krensdorf. The mean annual precipitation in 2018 was 637 mm with a maximum rainfall of 79 mm in June and a minimum of 31 mm in January. The mean annual temperature was 9.7 °C. The soil of the field sites is classified as chernozem with an A-horizon depth between 37 cm and 46 cm. The soil (0–30 cm) with 34% clay, 49% silt, and 17% sand is described as a loam with a soil organic carbon of 18.6 g kg^{-1}. The experiment with three slurry tanker filling levels and two tire inflation pressures of the tanker wheels (Table 1) was carried out on two adjacent fields (à 3 ha).

Table 1. **Characteristics of the experimental design with technical parameters.**

Tanker Filling Level	Wheel	Wheel Load [4] (kN)	Tire-Soil Contact Area [5] (cm^2)		Mean Ground Pressure (kPa)	
			Low Inflation Pressure [6]	High Inflation Pressure [7]	Low Inflation Pressure [6]	High Inflation Pressure [7]
Filled	Tractor front [1]	11	1904		57	
	Tractor rear [2]	46	4840		96	
	Tanker 1st axle [3]	57	7445	4152	76	136
	Tanker 2nd axle [3]	56	7727	4526	72	123
Half-filled	Tractor front	10	1926		54	
	Tractor rear	41	4335		95	
	Tanker 1st axle	39	5112	3713	76	105
	Tanker 2nd axle	37	5584	4029	66	91
Empty	Tractor front	13	2348		57	
	Tractor back	31	3691		83	
	Tanker 1st axle	18	4060	3652	45	50
	Tanker 2nd axle	18	4335	3607	43	51

[1] 540/65 R30, [2] 650/65 R42, [3] 750/60 R30.5, [4] Measured on farm's electronic weighbridge, [5] Tire print was chalked and photometrically evaluated, [6] 100 kPa, [7] 300 kPa.

After the pre-crop of winter wheat, a freeze-killed cover crop mixture (3 kg ha^{-1} phacelia, 1 kg ha^{-1} white mustard, 4 kg ha^{-1} oil radish, 14.5 kg ha^{-1} buckwheat) was sown in one field (+cover crop) on 30 September 2017. The second field was without a cover crop (−cover crop) and was bare during the winter period. After passing the plots in the spring 2018 with the tractor–slurry tanker combination, tire track depth and soil penetration resistance were measured. Track depth was measured five times for each tanker filling level × tire inflation pressure combination. Before measuring, the ridge on the sides of the track was levelled down to the general ground surface. Then, the vertical distance between the middle tire print and the horizontal rigid slat was measured with a ruler. Soil penetration resistance was measured with a cone penetrometer (Eijkelkamp, Netherland) (60° cone and 1 cm^2) to a depth of 40 cm. For each plot, five cone penetrations were recorded. In total, 360 cone penetrations were conducted during the experiment: 3 tanker filling levels (filled, half-filled, empty) × 2 tire inflation pressures (high, low) × 2 ground covering (+cover crop, −cover crop) × 2 traffic sets (un-wheeled: out-side of the track area in the undisturbed soil, wheeled: within tracks) × 3 replicates × 5 cone penetration. The cone penetrations in the wheeled plots were taken from the center of the tire print. ANOVA tests were carried out for track depth and soil penetration resistance to detect the effects of tanker filling levels, tire inflation pressure, and ground covering. Statistically significant differences between means were analyzed with the Student–Newman–Keuls procedure ($p < 0.05$).

Results and discussion

The three-factorial ANOVA showed significant effects of tire inflation pressure and ground covering on the measured parameter (Table 2).

Table 2. **ANOVA results of tire track depth, soil penetration resistance (averaged for each depth), and grain of maize yield.**

Parameter	Unit	ANOVA					
		TFL [a]	TIP [b]	GC [c]	TFL × TIP	TFL × GC	TIP × GC
Tire track depth	(cm)	n.s.	***	*	n.s.	n.s.	n.s.
Penetration resistance (0–20 cm)	(MPa)	n.s.	***	**	n.s.	n.s.	n.s.
Penetration resistance (21–40 cm)	MPa)	n.s.	***	n.s	n.s.	n.s.	n.s.
Grain of maize yield	(kg ha^{-1})	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

[a] Tanker filling level, [b] Tire inflation pressure, [c] Ground cover; Significant effects: $p < 0.05$ (*); $p < 0.01$ (**), and $p < 0.001$ (***), n. s. = not significant.

Regarding all treatments, tire track depth tended to be deeper in the filled and half-filled slurry tanker setting than in the empty one (Table 3). Average tire track depth was deeper in the field with a cover crop than in the field without a cover crop (6.88 cm vs. 5.83 cm, $p = 0.014$). Additionally, high tire inflation pressure of the slurry tanker showed significantly deeper tire tracks in the field than with low inflation pressure (6.68 cm vs. 6.03 cm, $p = 0.000$).

Table 3. **Tire track depth (cm) affected by tire inflation pressure, filling level of slurry tanker (filled, half-filled and empty), and ground covering (+cover crop, −cover crop).**

Tire Inflation Pressure	Filled Tanker			Half-Filled Tanker			Empty Tanker		
	+Cover Crop	−Cover Crop	Mean	+Cover Crop	−Cover Crop	Mean	+Cover Crop	−Cover Crop	Mean
Low	6.20	5.80	6.00 [a]	6.86	5.83	6.35 [a]	6.61	4.89	5.75 [a]
High	7.49	7.11	7.30 [b]	7.23	5.93	6.58 [b]	6.88	5.41	6.15 [b]
Mean	6.85 [B]	6.46 [A]	6.65	7.05 [B]	5.88 [A]	6.47	6.75 [B]	5.15 [A]	5.95

Statistically significant differences ($p < 0.05$) are shown for the cover crop effect with capital letters and for the tire inflation pressure effect with small letters.

Soil penetration resistance was not significantly affected by the filling level of the slurry tanker (Table 4) rather that the filled tanker tended to result in higher top soil penetration resistance than the half-filled and empty tanker. Average soil penetration resistance (0–20 cm) was significantly differentiated by the treatment: un-wheeled plot at 0.76 MPa, low inflation pressure at 1.17 MPa, high inflation pressure at 1.31 MPa ($p = 0.000$). At a soil depth of 21–40 cm, average soil penetration resistance was significantly lower ($p = 0.007$) in the un-wheeled plot (2.06 MPa) than in the low inflation pressure (2.24 MPa) and high inflation pressure plots (2.26 MPa). The effect of ground cover was significant at a soil depth of 0–

20 cm (+cover crop: 1.01 MPa vs. −cover crop: 1.14 MPa, p = 0.008), but not at a soil depth of 21–40 cm (+cover crop: 2.15 MPa vs. −cover crop: 2.20 MPa, n.s.). Compared to the un-wheeled, the increase in soil penetration resistance (0–20 cm) was lower with low tire inflation pressure than with high tire inflation pressure: 72% vs. 108% (total filled), 54% vs. 64% (half-filled), and 50% vs. 62% (empty). In the subsoil (21–40 cm), the effect of tire inflation pressure was much lower: 7% vs. 12% (total filled), 15% vs. 15% (half-filled), and 7% vs. 6%).

Table 4. **Soil penetration resistance (MPa), averaged for the depths (0–20 cm and 21–41 cm) affected by the treatment (un-wheeled, low and high inflation pressure), filling level of slurry tanker (filled, half-filled, empty), and ground covering (+cover crop, −cover crop).**

Soil Depth (cm)	Treatment	Filled Tanker			Half-Filled Tanker			Empty Tanker		
		+Cover Crop	−Cover Crop	Mean	+Cover Crop	−Cover Crop	Mean	+Cover Crop	−Cover Crop	Mean
0–20	Un-wheeled	0.74	0.67	0.71 [a]	0.70	0.82	0.76 [a]	0.72	0.81	0.76 [a]
	Low	1.17	1.27	1.22 [b]	1.11	1.23	1.17 [b]	1.06	1.21	1.14 [b]
	High	1.30	1.66	1.48 [c]	1.18	1.32	1.25 [c]	1.16	1.24	1.23 [c]
Mean		**1.07 [A]**	**1.20 [B]**	**1.14**	**1.00 [A]**	**1.12 [B]**	**1.06**	**0.98 [A]**	**1.09 [B]**	**1.03**
21–40	Un-wheeled	2.09	2.06	2.08 [a]	1.88	1.99	1.94 [a]	1.95	2.24	2.10 [a]
	Low	2.25	2.21	2.23 [b]	2.21	2.24	2.23 [b]	2.15	2.34	2.25 [b]
	High	2.33	2.32	2.33 [b]	2.20	2.25	2.23 [b]	2.30	2.15	2.23 [b]
Mean		**2.22**	**2.20**	**2.21**	**2.10**	**2.16**	**2.13**	**2.14**	**2.24**	**2.19**

Statistically significant differences ($p < 0.05$) are shown for the cover crop effect with capital letters and for the inflation pressure effect with small letters.

Abstract:

A three-factorial research design was carried out in a field experiment to test the effect of slurry tanker filling level (filled, half-filled, empty), tire inflation pressure of the slurry tanker (high: 300 kPa, low: 100 kPa), and ground covering (+cover crop, −cover crop) on tire track and soil penetration resistance (averaged, 0–20 cm, 21–40 cm) after application on the fields in spring. The total weight of the tractor slurry tanker combination was 16,470 kg (empty), 25,940 kg (half-filled), and 34,620 kg (filled). The low tire inflation pressure of the slurry tanker increased the mean tire–soil contact area by 75% (filled), 38% (half-filled), and 16% (empty tanker). The results obtained show a significant effect of tire inflation pressure and ground covering on the measured parameters. With increasing wheel load, the effect of reduced tire inflation pressure on soil penetration resistance (0–20 cm) increased. In the subsoil (21–40 cm), the effect of tire inflation pressure was much lower, indicating that a reduction of tire inflation pressure preserves the upper layers rather than the lower ones. Furthermore, cover crops are linked to a higher degree of soil deformation after traffic with the tractor–slurry combination due to their loosening effect on the topsoil. Tire tracks were 15.0% deeper in the cover crop field than in the field without a cover crop.

Zusammenfassung:

Der Effekt einer Begrünungsmischung, des Beladungszustandes im Gülletankwagen (leer, halbvoll, voll) und des Reifeneinnendrucks (300 kPa, 100 kPa) auf die Spurtiefe und Eindringwiderstand (Penetrologger) nach der Überfahrt im Frühjahr wurde untersucht. Das Gesamtgewicht des Traktor-Güllewagengespans betug 16.470 kg (leer), 25.940 (halbvoll) und 34.620 kg (voll). Der geringe Reifeninnendruck führte zu einer Erhöhung der Reifen/Bodenkontaktfläche zwischen 16% (leer) und 75% (voll). Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Effekt des Reifeninnendrucks und der Begrünung auf die untersuchten Parameter. Mit steigender Radlast nimmt der Effekt des verringerten Reifeninnendrucks im Oberboden auf den Eindringwiderstand zu. Im Unterboden (21-40 cm) war dieser Effekt geringer ausgeprägt. Augrund der Lockerungswirkung der Begrünung waren die Spurtiefen nach der Überfahrt um 15% größer als ohne Begrünung.

References:

LAMANDÉ, M.; GREVE, M.H.; SCHJØNNING, P. (2018): Risk assessment of soil compaction in Europe – Rubber tracks or wheels on machinery. CATENA 167, 353–362.

KELLER, T.; SANDIN, M.; COLOMBI, T.; HORN, R.; OR, D. (2019): Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. Soil & Tillage Res. 194, 104293.
MOITZI, G., SATTLER, E., WAGENTRISTL, H. (2021): Effect of Cover Crop, Slurry Application with Different Loads and Tire Inflation Pressures on Tire Track Depth, Soil Penetration Resistance and Maize Yield. Agriculture 2021, 11, 641.

Adresse der Autoren

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Schloßhofer Straße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

[*] Ansprechpartner: Dr. Gerhard MOITZI, gerhard.moitzi@boku.ac.at

Digitale Technologien in der österreichischen Landwirtschaft – Zahlen zu Nutzung, Motivationsfaktoren & Wissenstransfer

Digital technologies in Austrian agriculture - survey results on uptake, barriers and attitude of farmers

Martin Hirt*

Einleitung

Der vermehrte Einsatz neuer, digitaler Technologien stellt viele Akteure aus dem Bereich der Land- und Forstwirtschaft vor neue Herausforderungen: Technikanbieter in der Weiterentwicklung ihrer Produkte und Dienstleistungen, Bildungs- und Beratungsanbieter in der Gestaltung von adäquaten Angeboten, Verwaltungseinrichtungen in der Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen und vor allem auch landwirtschaftliche BetriebsführerInnen in der Anwendung dieser vielseitigen Technologien. Obwohl die Debatte über die „Landwirtschaft 4.0“ in den vergangenen Jahren auch in Österreich sehr an Fahrt aufgenommen hatte, fehlten hierzulande lange verlässliche Zahlen zur tatsächlichen Nutzung, Nutzungsabsicht und Einstellung der BetriebsführerInnen.
Ziel dieser Studie war daher die Schaffung einer repräsentativen und validen Datenbasis zur Digitalisierung in der Landwirtschaft (im Sinne digitaler Anwendungen) in Österreich.

Material und Methoden

Methode: Die Interviews wurden telefonisch anhand der CATI-Methode (Computer Assisted Telephone Interview) durch das Marktforschungsinstitut KeyQUEST GmbH auf Grundlage eines standardisierten Fragebogens durchgeführt.
Fragebogen: Der Fragebogen wurde in seiner Erstversion vom LFI Österreich vorbereitet, anschließend wurden Ergänzungen und Adaptierungen weiterer agrarischer Verbände sowie von Forschungs- und Verwaltungseinrichtungen eingearbeitet.
Der Fragebogen gliederte sich in folgende Kapitel: Nutzung (aktuell/beabsichtigt) digitaler Technologien, Vor- und Nachteile aus Sicht der BetriebsführerInnen, Informationsquellen zu neuen Technologien, Weiterbildung & Beratung sowie allgemeine Einstellung gegenüber der zunehmenden Digitalisierung.
Zielgruppe: Die Stichprobenziehung (n=1.010 Betriebe) erfolgte in einem kombinierten Quota-/Randomverfahren, wobei auf Repräsentativität bezüglich der Betriebsgröße, der Bewirtschaftungsform (bio/konventionell) und der regionalen Verteilung geachtet wurde.
Zeitraum der Datenerhebung: Die Befragung wurde vom 12. Mai bis 11. Juni 2021 durchgeführt.
Struktur der Stichprobe: Das Durchschnittsalter der befragten BetriebsführerInnen lag bei 44,9 Jahren, die durchschnittliche bewirtschaftete landwirtschaftliche Nutzfläche bei 35,4 ha.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 25 Technologien bezüglich Bekanntheit, Nutzung und beabsichtigter Nutzung abgefragt. Unterschieden wurde dabei zwischen Technologien, die dem Bereich der „Betriebsführung“ zugeordnet werden können, und solchen aus dem Bereich der „(Ur-)Produktion“. Vor allem bei Letzteren wurde darauf geachtet, dass die einzelnen Items =angefragte Technologien) nur jenen BetriebsführerInnen vorgelegt wurden, zu deren Betrieb die jeweilige Technologie passt (z.B. Melkroboter bei Milchproduktionsbetrieben). Im Schnitt wurde jeder Betrieb zu 17 Items befragt.
Bekanntheit: Es geht eindeutig hervor, dass die Technologien der „Landwirtschaft 4.0“ für österreichische LandwirtInnen keine Fremdwörter mehr sind: Im Schnitt erreichen die abgefragten Technologien 94%ige Bekanntheit in der relevanten Zielgruppe.
Nutzung: Wenig überraschend überragen die Nutzungsraten aus dem Bereich „Betriebsführung“ jene aus der „Produktion“. Dabei weisen „Digitale Lösungen zur Dokumentation ggü. der AMA“ (70%), „Messenger-Dienste zum beruflichen Austausch“ und „Pflanzenschutz-Warndienste/Agrarwetter“

(beide 65%) die höchsten Werte auf (Abb. 1). Am Ende des Rankings stehen Technologien aus dem High-Tech-Bereich wie „Autonome Roboter zur Unkrautbekämpfung“ (>1%). Die durchschnittliche Nutzungsrate über alle Technologien und Betriebe liegt bei 23% (Basis: alle Betriebe; 3,95 Technologien im Durchschnitt je Betrieb). Betrachtet man die Nutzungsraten nach den Variablen Betriebsgröße und Alter der BetriebsführerInnen, so sind bei beiden Faktoren eindeutige Zusammenhänge erkennbar: Je größer die bewirtschaftete Fläche, desto höher die Nutzungsrate (Ausnahme: Technologien im Bereich Vermarktung). Je älter die BetriebsführerInnen, desto geringer die Nutzungsrate.

Geplante Nutzung: Die durchschnittliche geplante Nutzungsrate – wieder über alle Technologien und Betriebe – liegt bei 19%. Damit liegt das Marktpotenzial (aktuelle Verwender + geplante Verwendung) im Schnitt bei 42%. Stellt man diesem Potenzial die aktuelle Nutzung gegenüber, so beträgt das noch nicht ausgeschöpfte Marktpotenzial 52%.

	Technologie	Basis	Bekannt-heit*	Verwendung derzeit*	Geplante Verwend.*	Markt-potenzial*	nicht gen. Potenzial**
Betriebsführung	Digi. Lösungen Dokumentation für AMA	(Alle Betriebe. n=1010)	98	70	14	85	17
	Farm-Management-Systeme inkl. BH-Systeme	(Alle Betriebe. n=1010)	88	21	18	40	46
	Messenger-Dienst zum beruflichen Austausch	(Alle Betriebe. n=1010)	99	70	10	80	13
	Nutzung spez. Agrar-Apps am Smartphone	(Alle Betriebe. n=1010)	95	44	23	67	34
	Pflanzenschutz-Warndienst / Agrarwetter	(Alle Betriebe. n=1010)	97	65	13	77	16
Ver-marktung	Internetseite des eigenen Betriebs	(Alle Betriebe. n=1010)	98	22	17	39	44
	Präsentation des Betriebs auf Social Media	(Alle Betriebe. n=1010)	97	20	16	35	44
	Online-Shop / Buchungsplattform für Betrieb	(Nur DV & UaB Betriebe. n=277)	99	30	20	50	40
Prod. Allg.	Digitale Wetterstation	(Alle Betriebe. n=1010)	95	24	24	48	51
	Drohnen	(Alle Betriebe. n=1010)	100	7	22	29	76
Produktion Acker	Automatische-Lenk- bzw. Spurführungssysteme	(Nur Acker- u. Gemüsebau. n=668)	95	24	27	51	53
	Automatische Hacksteuerung (z.B.: Kamerasysteme)	(Nur Acker- u. Gemüsebau. n=668)	77	7	17	24	70
	Autom. Teilbreiten/Einzeldüsenschaltung Pfl.Schutz	(Nur Acker- u. Gemüsebau. n=668)	93	26	20	46	43
	Teilfl. Aussaat/Düngung mit Applikationskarten	(Nur Acker- u. Gemüsebau. n=668)	86	6	26	32	81
	Bodenfeuchtesensoren zur Bewässerungssteuerung	(Nur Gemüse- u. Obstbau. n=47)	94	10	15	25	60
	Georeferenzierte Bodenproben	(Alle Betriebe. n=1010)	84	17	20	37	54
	Lenkassistenten	(Nur Wein- und Obstbau. n=99)	93	11	24	34	69
	Autonome Roboter zur Unkrautbekämpfung	(Nur Gemüsebau. n=21)	88	0	23	23	100
Produktion Tierhaltung	Ausmist- bzw. Spaltenreinigungsroboter	(Nur Tierhalter. n=743)	96	6	14	19	71
	Computergesteuerte Belüftungsanlage	(Nur Tierhalter. n=743)	96	16	16	32	49
	Fütterungsroboter / autom. Fütterungssysteme	(Nur Tierhalter. n=743)	99	23	12	35	35
	Sensoren zur Überwachung der Tiergesundheit	(Nur Tierhalter. n=743)	92	11	25	37	69
	Stallkamera	(Nur Tierhalter. n=743)	100	29	35	63	55
	Melkroboter	(Nur Milchproduzenten. n=312)	100	8	17	25	67
	Digitale Steuerung Sprühkühlung/Fußbodenheizung	(Nur Geflügelhalter. n=119)	91	12	13	25	52
Ø	Durchschnitt über alle Technologien	Ø 695 Betriebe je Technologie	94	23	19	42	52

Abbildung 1: **Nutzung und Marktpotenzial digitaler Technologien in Österreichs Landwirtschaft. * Angaben in % der Befragten; ** in % des Marktpotenzials**

Nutzungsmotive: Interessant zu sehen ist das eindeutige Bild, das die Frage nach den Motivationsfaktoren für die Nutzung neuer Technologien zeigt: Während Qualitäts- und Ertragssteigerung oder auch höhere Rentabilität im unteren Tabellenbereich (Abb. 2) rangieren, stehen mit der erleichterten Dokumentation und Datenaufzeichnung, der (physischen) Arbeitserleichterung sowie zusätzlicher Flexibilität und Zeitersparnis drei Gründe an der Spitze, die unter dem Sammelbegriff „Arbeitswirtschaftliche Erleichterungen“ subsummiert werden können.

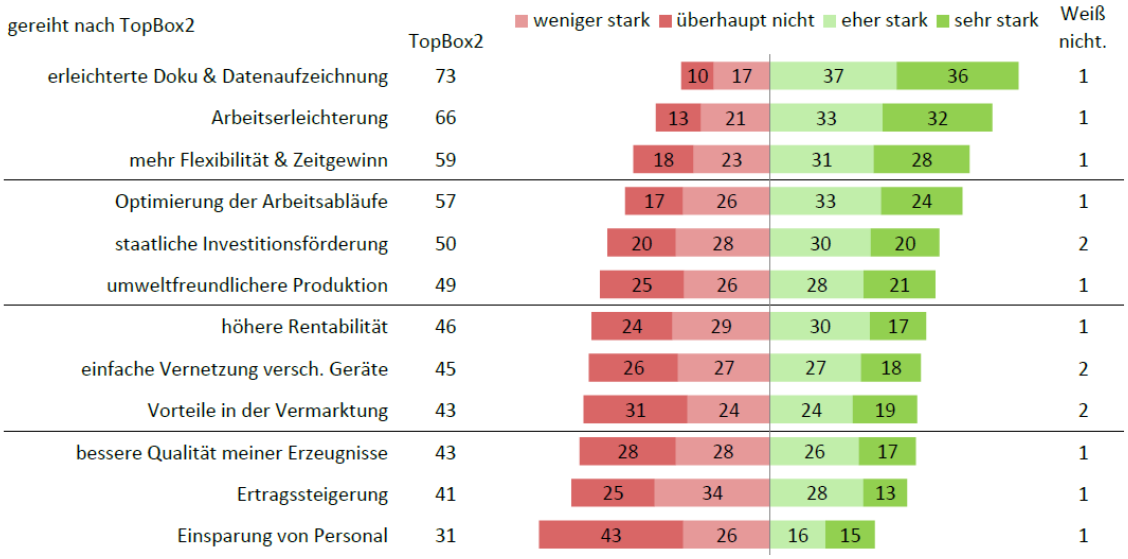


Abbildung 2: **Vorteile der Nutzung digitaler Technologien am Betrieb**

Dies ist insofern spannend, da in der öffentlichen Diskussion über „Landwirtschaft 4.0“ oftmals andere Faktoren wie die ökologischere Produktion oder die Reduktion variabler Kosten durch Betriebsmittel im Vordergrund stehen (PUMHÖSL 2020). Ein möglicher Ansatzpunkt zur Erklärung ist die Tatsache, dass österreichische Betriebe zum überwiegenden Teil auf Familienarbeitskräfte angewiesen sind und zeitliche Ressourcen der BetriebsführerInnen knapp sind (BMLRT 2021). Dennoch sollte bedacht werden, dass seit der Befragung Kosten für Betriebsmittel, aber auch Preise für erzeugte Agrarrohstoffe stark angestiegen sind. Dies könnte aus heutiger Sicht womöglich zu einer stärkeren Gewichtung der Items „höhere Rentabilität“ und „Ertragssteigerung“ führen.

Nutzungsbarrieren: Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Frage nach den Hürden für die Nutzung digitaler Technologien am landwirtschaftlichen Betrieb. Dabei werden an erster Stelle vorwiegend Kostenargumente angeführt: Laufende Kosten, Investitionskosten und deren Verhältnis zum durch den Einsatz dieser Technologien generierten Nutzen weisen in dieser Reihenfolge aufsteigend die höchsten Zustimmungsraten auf. Da die abgefragten Technologien aus dem Bereich der Betriebsführung überwiegend „low-cost“-Lösungen sind, dürfte diese Frage überwiegend mit Produktionstechnologien assoziiert worden sein. Interessanterweise sehen die Befragten die Komplexität der Anwendungen oder auch fehlende Beratung und Weiterbildungsmöglichkeiten als eher kleines Problem.

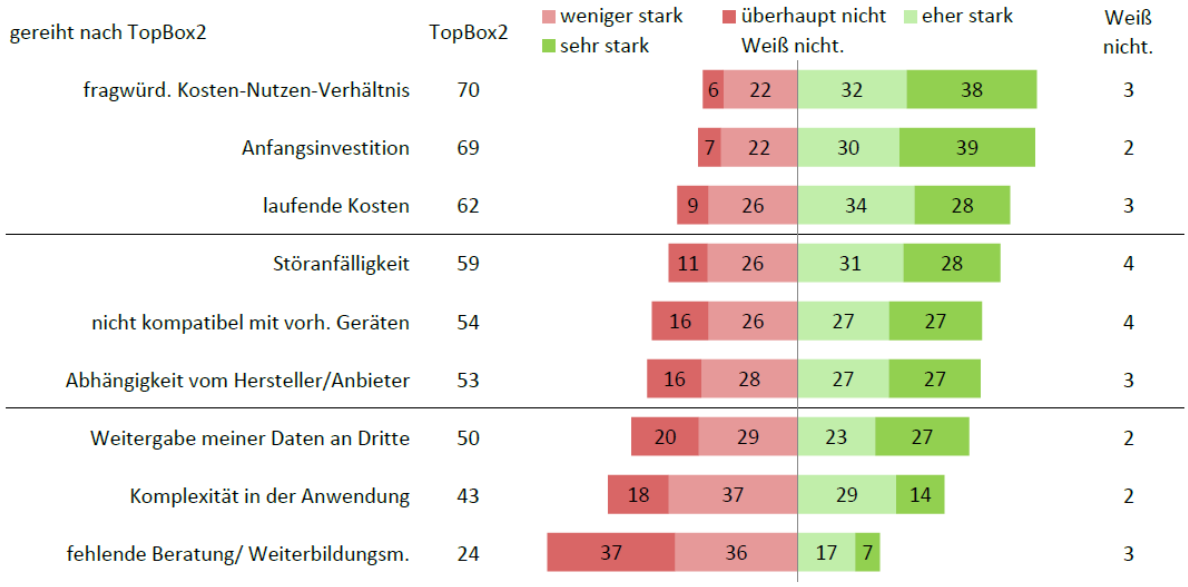


Abbildung 3: **Hürden für die Nutzung digitaler Technologien am Betrieb**

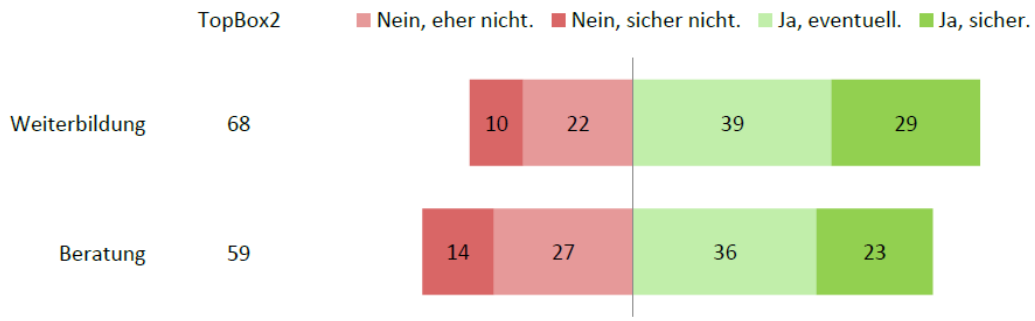


Abbildung 4: **Interesse an Weiterbildung und Beratung**

Weiterbildung und Beratung: Auch wenn für die Mehrheit der Befragten fehlende (digitale) Kompetenzen nicht ausschlaggebend für die (Nicht-)Nutzung sind, so ist es doch überraschend, dass sich 59% bzw. 68% zumindest vorstellen können, Beratungs- bzw. Weiterbildungsangebote zu neuen Technologien in Anspruch zu nehmen. Diese hohen Zustimmungsraten (Abb. 4) lassen auf zwei mögliche Phänomene schließen: Einerseits ist das grundsätzliche Interesse an technischen Lösungen im Betrieb

vielerorts gegeben. Andererseits wird bei unverbindlichen Fragen nach zusätzlichen Angeboten tendenziell eher zugestimmt, da für die Befragten kaum Grund besteht, reine Angebote von vornherein abzulehnen.

Einstellung gegenüber neuen Technologien: Am Ende des Fragebogens, also nach den Blöcken Bekanntheit/Nutzung/Nutzungsabsicht, Motive, Barrieren und Bildung/Beratung wurden die BetriebsführerInnen nach ihrer generellen Einstellung zur zunehmenden Digitalisierung und Technologisierung in der Landwirtschaft befragt (Abb. 5). Dabei zeigen sich die österreichischen LandwirtInnen „positiv-pragmatisch" gegenüber der „Landwirtschaft 4.0": 9 von 10 Befragten geben an, die zunehmende Digitalisierung entweder „neutral" oder „(eher) positiv" zu sehen, während nur 11% „eher negativ" oder „negativ" angeben.

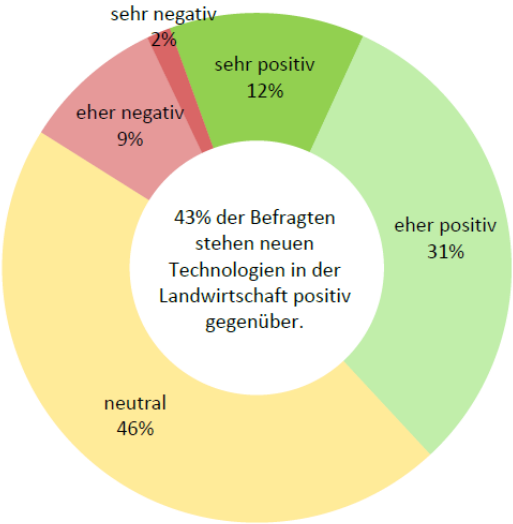


Abbildung 5: **Einstellung gegenüber digitalen Technologien**

Dieses Ergebnis kann auch frei nach dem Motto: „Wenn es funktioniert, die Arbeit erleichtert und leistbar ist, dann nutze ich diese neuen Technologien gerne." vereinfacht werden (KEYQUEST und LFI ÖSTERREICH 2021).

Zusammenfassung

Die Digitalisierung ist auch in der österreichischen Landwirtschaft angekommen. Die Bekanntheitsrate der abgefragten Technologien unter bundesweit repräsentativ ausgewählten BetriebsführerInnen liegt fast durchgängig bei über 90%. Dagegen unterscheidet sich die Nutzung sehr stark je nach Technologie, wobei auch Zusammenhänge mit dem Alter der BetriebsführerInnen sowie der Betriebsgröße signifikant sind. Als Faktoren, die für eine Nutzung sprechen, werden vorwiegend arbeitsökonomische Gründe genannt, während die Nutzungsbarrieren auf der Kostenseite zu finden sind. Dagegen werden weder fehlende Weiterbildungsangebote noch ein Mangel an digitalen Kompetenzen als Hauptgründe für die Nichtnutzung angegeben, während jedoch das (unverbindliche) Interesse an Weiterbildung und Beratung hoch zu sein scheint. Generell ist der überwiegende Teil der LandwirtInnen positiv oder neutral gegenüber der zunehmenden Digitalisierung eingestellt: Nur 11% zeigen sich „(eher) negativ".

Abstract

Digitization has already arrived in Austrian agricultural sector. Degree of awareness and familiarity of queried technologies under a representative sample of Austrian farmers lays beyond 90%. In the meanwhile actual usage of these technologies vary strongly depending on the specific tool or machine, while on the same time it also depends on farmers age and utilized farm size. When asking about reasons for using new technologies, farmers called for advantages in work efficiency first. On the other hand, investment as well as running costs seem to be main barriers. Lack of digital competences and a shortage

of supply in further education are not seen as main obstacles for farmers. Nevertheless, they state as being open for new offers. General attitude of farmers can be described as “pragmatic-positive” since ~90% indicate to see digitization (rather) positive or neutral.

Danksagung

Die Studie, auf die in diesem Beitrag vorwiegend Bezug genommen wird, wurde mit Unterstützung von Bund, Ländern, und Europäischer Union im Rahmen des Österreichischen Programmes für Ländliche Entwicklung 2014-20 erstellt. Dafür gebührt Dank.
Ebenso gedankt wird dem Marktforschungsunternehmen KeyQUEST GmbH für die gute Zusammenarbeit im Zuge der Erstellung der Studie sowie dem LFI Österreich für die Initiative und Umsetzung.

Literatur

BMLRT 2021. Agrarstrukturen und Beschäftigte: Arbeitskräfte. In: Grüner Bericht 2021, 70.
KeyQUEST und LFI Österreich, 2021. Technologisierung & Digitalisierung in der Landwirtschaft. Ergebnisse der Landwirte-Befragung. Erstellt von KeyQUEST Marktforschung GmbH exklusiv für LFI Österreich.
PUMHÖSL A, 2020: Digitale Landwirtschaft - Pushmeldung aus dem Stall, Update aus dem Kuhmagen. In: Der Standard, 14. Juli 2020. Abzurufen unter: https://www.derstandard.at/story/2000118684478/pushmeldung-aus-dem-stall-update-aus-dem-kuhmagen

Adressen der Autoren

Landwirtschaftskammer/Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich, Schauflergasse 6, A-1015 Wien

[*] Ansprechpartner: DI Martin HIRT, BEd, m.hirt@lk-oe.at

Statistische Analyse von Feldversuchen – Erfahrungen aus dem Projekt DiLaAg

Statistical analysis of field experiments – experience from the project DiLaAg

Lukas Koppensteiner[1*], Reinhard Neugschwandtner[1], Hans-Peter Piepho[2], Helmut Wagentristl[3], Andreas Gronauer[4] und Hans-Peter Kaul[1]

Einleitung

Die richtige Verwendung der angemessenen statistischen Methoden bildet die Grundlage für eine zuverlässige statistische Analyse von Feldversuchen (Piepho and Edmondson, 2018). Ziel dieser Arbeit war es, die statistische Analyse von Feldversuchen, die im Rahmen des Projekts DiLaAg durchgeführt wurden, am Beispiel Kornertrag zu diskutieren.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt. Fakultativer Weizen (cv. Lennox) wurde mit einer Saatstärke von 300 keimfähigen Körnern m^{-2} gesät. Die Versuchsfaktoren waren Saattermin (engl. sowing date, SD) mit den zwei Stufen Herbstsaat (Winterweizen, W_W) und Frühjahrssaat (Sommerweizen, W_S) sowie Stickstoffdüngung (engl. nitrogen fertilization, NF) bestehend aus fünf Stufen (0, 5, 10, 15 und 20 g N m^{-2}). Die Feldversuche wurden im Split-Plot Design mit drei Wiederholungen aufgebaut. Der Großparzellenfaktor SD wurde in vollständigen Blöcken (BLOCK) angelegt. Der Kleinparzellenfaktor NF wurde in Kleinparzellen (SUB) innerhalb der Großparzellen (MAIN) vollständig randomisiert angelegt. Die Feldversuche wurden in den Saisonen 2019/20 und 2020/21 durchgeführt (engl. environment, ENV).
Zur Ernte wurden destruktive Pflanzenprobenahmen auf 1.2 m^2 pro Parzelle durchgeführt, gedroschen und anschließend bei 105°C für 24 h getrocknet, um die Kornerträge (g m^{-2}) zu bestimmen.
Die statistische Analyse basiert auf der Varianzanalyse von gemischten Modellen und nachfolgenden t-Tests für die post hoc Analyse in SAS 9.4 (PROC MIXED und GLIMMIX). Quadratsummen Typ 3 wurde verwendet. Die Kornerträge wurden gemäß dem natürlichen Logarithmus transformiert, um die Varianzhomogenität zu gewährleisten.

Ergebnisse und Diskussion

Das gemischte Modell für die statistische Analyse der Kornerträge wurde gemäß Piepho et al. (2003) erstellt. Dazu wurde zunächst zwischen fixen und zufälligen Faktoren unterschieden. Ein Faktor ist zufällig, wenn die Faktorstufen zufällig aus einer Population gezogen werden. Weiters sind Faktoren zufällig, wenn sie eine Randomisierungseinheit darstellen, z. B. BLOCK, MAIN und SUB. Ansonsten sind Faktoren üblicherweise fix, z. B. SD und NF. Wenn Vergleiche zwischen den Stufen eines Faktors durchgeführt werden, dann ist dieser Faktor fix. Die Stufen des Faktors ENV wurden zufällig aus einer Population gezogen, jedoch wurden Vergleiche zwischen den Faktorstufen durchgeführt, daher war der Faktor ENV fix.
Im nächsten Schritt wurde zwischen Block- und Behandlungsfaktoren unterschieden. Zu Blockfaktoren zählen die Randomisierungseinheiten BLOCK, MAIN und SUB, sowie ENV als Blockeinheit, die nicht zur Randomisierung gehört. Ein Behandlungsfaktor wird vom Versuchsansteller gewählt und dient der Beantwortung einer Forschungsfrage, hier waren das SD und NF.
Die Modelle für Behandlungsfaktoren und Blockfaktoren wurden zunächst getrennt voneinander definiert. Die zuvor erwähnten Behandlungsfaktoren waren SD und NF. Daraus ergab sich folgendes Behandlungsmodell:

$$SD + NF + SD.NF \quad (1)$$

Interaktionen in statistischen Modellen werden mit einem Punkt dargestellt.
Im Blockmodell wird jede Randomisierungseinheit als zufälliger Faktor dargestellt, also BLOCK, MAIN und SUB. Gekreuzte Randomisierungen treten auf, wenn sich eine Randomisierungseinheit über

eine andere Randomisierungseinheit erstreckt. Weiters beinhaltet das Blockmodell den fixen Blockfaktor ENV. Das Blockmodell war:

ENV : ENV.BLOCK + ENV.BLOCK.MAIN + <u>ENV.BLOCK.MAIN.SUB</u> (2)

Bei der Definition von Modellen werden fixe und zufällige Effekte mit einem Doppelpunkt getrennt und der Restfehler wird unterstrichen.
Im nächsten Schritt wurde überprüft, ob Interaktionen zwischen Behandlungs- und Blockfaktoren notwendig waren. Da die Unterschiede zwischen den Stufen des Blockfaktors ENV (Saison 2019/20 und Saison 2020/21) relevant waren, wurden die Interaktionen zwischen Behandlungsfaktoren und dem Blockfaktor ENV berücksichtigt. Daraus ergab sich das vollständige Modell:

SD + NF + SD.NF + ENV + SD.ENV + NF.ENV + SD.NF.ENV : (3)
ENV.BLOCK + ENV.BLOCK.MAIN + <u>ENV.BLOCK.MAIN.SUB</u>

Weiters wurde zwischen qualitativen und quantitativen Faktoren unterschieden. Qualitative Faktoren erlauben keine Ordnung der Faktorstufen, z. B. SD und ENV. Stufen von quantitativen Faktoren aber zeigen messbare Unterschiede und können daher geordnet werden, z. B. NF. Quantitative Faktoren können beispielsweise mit polynomialen Regressionen analysiert werden. Im statistischen Modell für Kornertrag wurde NF wegen der bekannten Optimumsbeziehung als Polynom zweiter Ordnung berücksichtigt. Das statistische Modell dazu war:

SD + NF + ENV + SD.NF + SD.ENV + NF.ENV + SD.NF.ENV + (4)
NF.NF + SD.NF.NF + NF.NF.ENV + SD.NF.NF.ENV :
ENV.BLOCK + ENV.BLOCK.MAIN + <u>ENV.BLOCK.MAIN.SUB</u>

Die Regressionskoeffizienten Achsenabstände, lineare und quadratische Koeffizienten zum Polynom zweiter Ordnung für NF wurden berechnet. Weiters wurden t-Tests durchgeführt, um die signifikanten Unterschiede zwischen Achsenabständen, linearen und quadratischen Koeffizienten zu testen (Tabelle 1).

Tabelle 1: **Achsenabstände, lineare und quadratische Koeffizienten der Polynome zu Stickstoffdüngungseffekten für Kornertrag (g m^{-2}) von Winterweizen (W_W) und Sommerweizen (W_S) sowie Weizen in den Saisonen 2019/20 (E_1) und 2020/21 (E_2).**

	Achsenabstand		Linear		Quadratisch
Kornertrag (g m^{-2}, ln^A)					
W_W	5.93	a	0.0556	a	-0.001827
W_S	5.79	b	0.0169	b	-0.000550
E_1	5.88		0.0417		-0.00134
E_2	5.85		0.0307		-0.00104

Koeffizienten mit verschiedenen nachfolgenden Buchstaben sind signifikant unterschiedlich via t-Test (5 % Signifikanzniveau).
A: Kornertrag wurde gemäß dem natürlichen Logarithmus (ln) transformiert.

Achsenabstände zeigen hier die Kornerträge bei 0 g N m^{-2}. Die Unterschiede zwischen den Achsenabständen der Saattermine waren signifikant. Der Kornertrag bei 0 g N m^{-2} war höher für W_W (5.93) als für W_S (5.79). Lineare Koeffizienten zeigen die lineare Veränderung des Kornertrages mit zusätzlicher Stickstoffdüngung. Die linearen Koeffizienten für Kornertrag waren positiv und signifikant unterschiedlich zwischen den Saatterminen. Der Kornertrag stieg daher linear mit zusätzlicher Stickstoffdüngung, wobei dieser lineare Anstieg für W_W (0.0556) höher war als für W_S (0.0169). Die quadratischen Koeffizienten zeigen die quadratische Änderung des Kornertrages mit zusätzlicher Stickstoffdüngung. Die negativen quadratischen Koeffizienten für Kornertrag führen zu einer Sättigung des zuvor erwähnten Anstieges mit zusätzlicher Stickstoffdüngung.
Zur Berechnung des Kornertrags bei verschiedenen Stickstoffdüngungsstufen wurden die Koeffizienten in Tabelle 1 in die Formel des Polynoms zweiter Ordnung eingesetzt:

$$y = ax^2 + bx + c \quad (5)$$

Y ist der Zielparameter, hier z. B. der Kornertrag von W_W, x ist die Stickstoffdüngungsmenge in g m^{-2}, a ist der quadratische Koeffizient (-0.001827), b ist der lineare Koeffizient (0.0556) und c ist der Achsenabstand (5.93). Die Kornerträge wurden gemäß dem natürlichen Logarithmus transformiert bevor die Koeffizienten berechnet wurden, um die Varianzhomogenität zu gewährleisten. Das Ergebnis aus

der Formel (5) auf Basis der Koeffizienten für Kornertrag wurde daher gemäß der natürlichen Exponentialfunktion (e) rücktransformiert. Die rücktransformierte Kurve zeigt Schätzwerte für den Median des Zielparameters (Piepho, 2009). Bei einer beispielhaften Stickstoffdüngungsmenge von 10 g m^{-2} ergab sich ein Kornertrag für W_W von 546 g m^{-2} auf Basis der Formel (5), der jeweiligen Koeffizienten in Tabelle 1 und der Rücktransformation via Exponentialfunktion. Abbildung 1 zeigt die Kornerträge für W_W und W_S (A) sowie E_1 und E_2 (B) für Stickstoffdüngungsmengen von 0 bis 20 g m^{-2}. Aufgrund der zuvor erwähnten negativen quadratischen Koeffizienten stagnierte der Kornertrag bei Stickstoffdüngungsmengen > 15 g m^{-2}. Kornerträge zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen verschiedenen Umwelten.

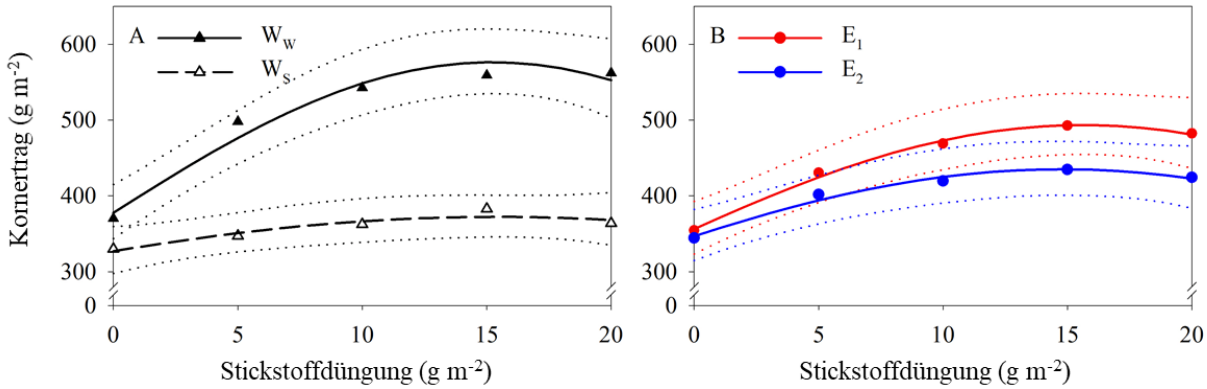


Abbildung 1: **Kornertrag (g m^{-2}) von (A) Winter- (W_W) und Sommerweizen (W_S) sowie von (B) Weizen in den Saisonen 2019/20 (E_1) und 2020/21 (E_2) in fünf Stickstoffdüngungsstufen (0, 5, 10, 15 und 20 g N m^{-2}). Punkte sind Messwerte. Durchgezogene und strichlierte Linien sind Polynome. Punktierte Linien sind 95 % Konfidenzintervalle.**

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die statistische Analyse von Feldversuchen, die im Rahmen des Projektes DiLaAg durchgeführt wurden, diskutiert. Dazu gehören die schrittweise Erstellung eines gemischten Modells, die Berücksichtigung eines quantitativen Faktors mittels Regressionsanalyse und die Interpretation der Ergebnisse. Die Feldversuche mit den Faktoren Saattermin (Herbst- and Frühjahrssaat) sowie Stickstoffdüngung (0, 5, 10, 15 und 20 g m^{-2}) wurden an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf der Universität für Bodenkultur Wien in den Saisonen 2019/20 und 2020/21 durchgeführt, um die Effekte von Saattermin und Stickstoffdüngung auf den Kornertrag von fakultativem Weizen zu untersuchen. Kornerträge von Winterweizen waren generell höher als jene von Sommerweizen. Zusätzliche Stickstoffdüngung resultierte in höheren Kornerträgen. Winterweizen zeigte einen höheren Anstieg des Kornertrags mit zusätzlicher Stickstoffdüngung verglichen mit Sommerweizen. Bei Stickstoffdüngungsmengen > 15 g m^{-2} kam es zu einer Sättigung der Kornerträge.

Abstract

In this study, the statistical analysis of field experiments, which were conducted in the project DiLaAg, is discussed. This includes the steps for setting up a mixed model, the analysis of a quantitative factor using polynomial regression analysis and the interpretation of the results. Field experiments with the factors sowing date (autumn- and spring-sowing) as well as nitrogen fertilization (0, 5, 10, 15 and 20 g m^{-2}) were conducted at the experimental farm Groß-Enzersdorf of the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna in the seasons 2019/20 and 2020/21 to investigate the effects of sowing date and nitrogen fertilization on grain yield of facultative wheat. Grain yield was higher for autumn-sowing than spring-sowing. Additional nitrogen fertilization resulted in increasing grain yield. Autumn-sowing resulted in a higher increase in grain yield with additional nitrogen fertilization compared to spring-sowing. At nitrogen fertilization rates > 15 g m^{-2}, grain yield saturated.

Literatur

PIEPHO H-P, BÜCHSE A, EMRICH K, 2003: A Hitchhiker‘s Guide to Mixed Models for Randomized Experiments. Journal of Agronomy and Crop Science 189, 310-322.

PIEPHO H-P, 2009: Data transformation in statistical analysis of field trials with changing treatment variance. Agronomy Journal 101, 865-869.
PIEPHO H-P, EDMONDSON RN, 2018: A tutorial on the statistical analysis of factorial experiments with qualitative and quantitative treatment factor levels. Journal of Agronomy and Crop Science 204, 429-455.

Adressen der Autoren

[1] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Pflanzenbau, Konrad-Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln an der Donau

[2] Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Biostatistik, Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart

[3] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Schloßhofer Straße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

[4] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

[*] Ansprechpartner: DI Lukas Koppensteiner, lukas.koppensteiner@boku.ac.at

Arbeitswirtschaftliche Aspekte beim Einsatz eines teilautonomen Feldroboters

Aspects of labour management when using a semi-autonomous field robot

Moritz Jungwirth und Franz Handler*

Einleitung

Im biologischen Landbau stellt die mechanische Beikrautregulierung eine große Herausforderung dar. Speziell in Reihenkulturen wie der Biozuckerrübe hinterlassen normale traktorangebaute Hackgeräte systembedingt ein sogenanntes unbearbeitetes Band. Beikräuter in diesem Bereich müssen durch Handhacke entfernt werden, was hohe Personalkosten nach sich zieht. Deshalb haben verschiedene Hersteller Roboter auf den Markt gebracht, die durch die Fähigkeit zum Hacken in der Reihe zur Lösung dieses Problems beitragen. Weiters stellten verschiedene Autoren in Literaturrecherchen (MARINOUDI et al. 2019, LOWENBERG-DEBOER et al. 2020) fest, dass für eine ökonomische Bewertung von Feldrobotern Daten bezüglich ihres Arbeitszeitbedarfes und der Veränderung von Arbeitsabläufen fehlen. Im Folgenden werden deshalb der Arbeitszeitbedarf der Bedienperson und des Roboters untersucht und die Arbeitserledigungskosten des Roboters mit jenen einer herkömmlichen Traktormechanisierung für das Säen und Hacken von Biozuckerrüben verglichen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden mit einem Farmdroid FD20 durchgeführt, der in Dänemark für das Säen und Hacken von Zuckerrüben entwickelt wurde. Der dreirädrige Roboter ist elektrisch angetrieben. Vier Photovoltaikmodule bilden das „Dach“ des Roboters und versorgen ihn mit Energie. Ein Energieüberschuss, wie er an sonnigen Tagen entstehen kann, wird in zwei Lithium-Ionen-Akkus für den Betrieb nach Sonnenuntergang zwischengespeichert. Beim sechsreihigen Gerät nehmen insgesamt zwölf Werkzeugträger die Hackdrähte zur mechanischen Beikrautregulierung zwischen den Reihen auf. An jedem zweiten Werkzeugträger sind für die Aussaat die Säeinheiten und für das Hacken in der Reihe je ein von einem Servomotor bewegtes Hackschar montiert. Die Säeinheiten vereinzeln das Saatgut mittels Lochscheiben und sind für eine möglichst präzise Ablage mit einem Säventil knapp über dem Boden ausgestattet. Die Steuerung der Säventile und Hackschare erfolgt auf Basis der Position des Roboters, welche durch zwei GNSS-Empfänger und das Korrektursignal der mitgelieferten RTK-Basisstation bestimmt wird. Eine umlaufende Sicherheitsleine schützt bei Kollisionen vor Schäden. Für den Transport von Feld zu Feld wird ein Anbaurahmen für den Traktor mitgeliefert.

Abbildung 1: **FARMDROID FD 20 bei der Zuckerrübensaat**

Ausgehend von einer Ablaufanalyse aus der Sicht des Roboters und der Bedienperson wurden die zu erhebenden Arbeitsteilvorgänge der Bedienperson und des Roboters beim Säen und Hacken ermittelt.

Dabei wurde die von WINKLER und FRISCH 2014 vorgestellte Gliederung angewandt. Die Zeitmessungen wurden im Rahmen von Arbeitsbeobachtungen beim Einsatz in Biozuckerrüben durchgeführt. Unregelmäßig auftretende Störzeiten wurden auf Basis der Fehlermeldungen über das Webportal und durch Aufzeichnungen der Bedienperson erhoben. Aufbauend auf den durch die statistische Auswertung der erhobenen Daten ermittelten Arbeitszeitbedarfe für die Teilvorgänge wurden Simulationen durchgeführt, um Effekte von Einflussgrößen wie Schlaggröße und Schlagform zu untersuchen.
Der Vergleich der Kosten für das Säen und Hacken zwischen dem Roboter und der üblichen Traktormechanisierung erfolgte auf Basis der Arbeitserledigungskosten (KTBL 2020).

Ergebnisse und Diskussion

Nach dem Transport des Roboters zum Schlag muss im ersten Schritt der virtuelle Schlag angelegt werden. Dazu werden mit dem am Traktor angebauten Roboter der Reihe nach die Eckpunkte des Schlages angefahren und nach dem Positionieren der vorderen GNSS-Antenne über dem Eckpunkt dessen Koordinaten aufgenommen. Gebogene Schlaggrenzen müssen in gerade Teilstücke zerlegt werden. Beim Aufnehmen von Hindernissen, wie beispielsweise Brunnen, muss in gleicher Weise vorgegangen werden. Der Zeitbedarf für die Feldaufnahme setzt sich aus der Punktaufnahmezeit und der Fahrzeit zwischen den Punkten zusammen. Die Fahrzeit ist umfangabhängig. Der Feldumfang ergibt sich aus der Form und Größe des Schlages. Ein rechteckiger Schlag mit einem Seitenverhältnis von 1 zu 4 hat bei 1 ha 500 m Umfang und bei 10 ha 1.581 m. Bei einem rechtwinkeligen Dreieck mit gleichem Kathetenverhältnis reicht der Umfang von 645 m bei 1 ha bis 2.040 m bei 10 ha. Bezogen auf die Schlaggröße ergeben sich so bei rechteckigen Schlägen 33,50 AKmin (Arbeitskraftminuten)/ha bei 1 ha und 3,67 AKmin/ha bei 10 ha Schlaggröße. Bei Dreiecksflächen ergeben sich Zeitbedarfe von 25,94 AKmin/ha beim 1-ha-Schlag und 3,01 AKmin/ha beim 10-ha-Schlag. Bei gebogenen Schlaggrenzen erhöht sich die Anzahl der Punkte und somit auch der Zeitbedarf (siehe Abbildung 2).

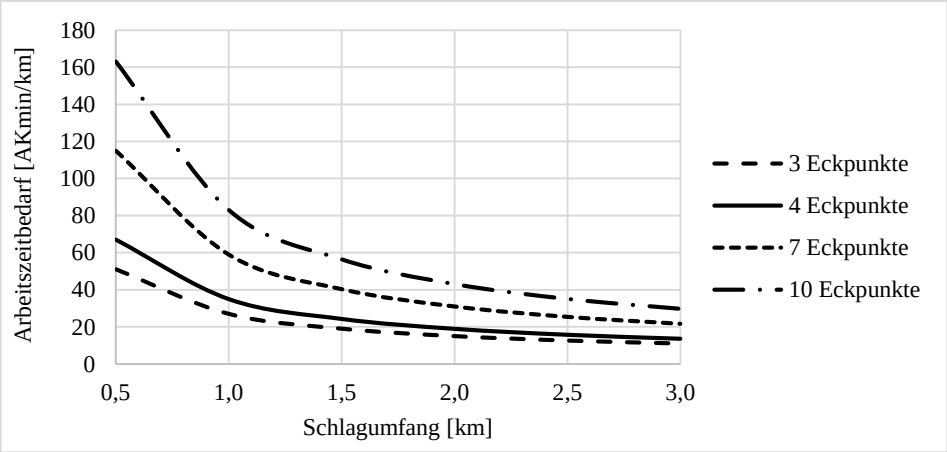


Abbildung 2: **Arbeitszeitbedarf für die Erstellung des virtuellen Schlages**

Nach dem Anlegen der Eckpunkte und Hindernisse sowie dem Festlegen der Referenzlinie müssen weitere Einstellungen am System vorgenommen werden. Für das Wenden ist mindestens eine Vorgewendespur erforderlich. Nach diesen Einstellungen wird im System das Muster für die Aussaat errechnet, auf dessen Basis das Saatgut abgelegt wird.
Wie bei herkömmlicher Sätechnik, muss nach Beginn der Aussaat die Ablage kontrolliert und gegebenenfalls angepasst werden. Dazu können diverse mechanische und elektronische Einstellparameter verändert werden. Im Mittel ist dafür rund eine Arbeitskraftsunde (AKh) pro Schlag erforderlich. Bei der Aussaat wurde eine Geschwindigkeit von 720 m/h erreicht, für das Anfahren des Endpunktes nach Fertigstellung der Aussaat sind maximal 950 m/h möglich.

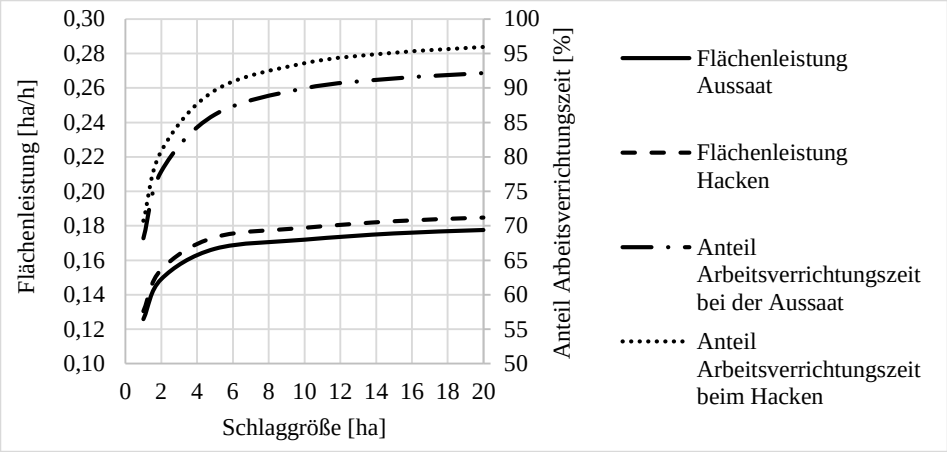


Abbildung 3: **Flächenleistung und Anteil der Arbeitsverrichtungszeit an der Gesamtzeit bei der Aussaat und beim Hacken**

Die Ergebnisse in Abbildung 3 beziehen sich auf rechteckige Schläge mit einem Seitenverhältnis von 1 zu 4. Die Flächenleistung des Roboters ist auf die Gesamtarbeitszeit bezogen. Sie umfasst die Arbeitsteilvorgänge von der Abfahrt am Hof bis zur Rückkehr am Hof nach Beendigung der Arbeit. Die Arbeitsverrichtungszeit ist die reine Saat- bzw. Hackzeit. Die Fahrgeschwindigkeit ist beim Säen und Hacken gleich. Der Anteil der Arbeitsverrichtungszeit an der Gesamtzeit und damit die Flächenleistung des Roboters ist auf Grund des Nachfüllens des Saatgutes und höherer Störzeiten beim Säen geringer als beim Hacken.
Nach Beendigung der Aussaat muss der Roboter für den Hackeinsatz umgerüstet werden. Dafür sind 0,75 bis 0,95 AKh erforderlich. Der Arbeitszeitbedarf für das Umrüsten von Hacken auf Säen liegt im gleichen Bereich.
Die auf RTK-GNSS basierende Arbeitsweise des Farmdroid FD20 erfordert bei jedem Hackeinsatz eine Kontrolle der im System hinterlegten Pflanzenpositionen. Aufgrund der begrenzten absoluten Genauigkeit kann es sein, dass die tatsächlichen Pflanzenpositionen wenige Zentimeter Versatz zur virtuellen Position aufweisen. Dieser Versatz muss vor Arbeitsbeginn im System des Roboters korrigiert werden. Um die unbearbeitete Fläche um die Kulturpflanzen und gleichzeitig die Kulturpflanzenverluste gering zu halten, sind bei jedem Hackeinsatz die Werkzeugeinstellungen zu kontrollieren. In Summe erfordern diese Tätigkeit im Mittel etwa eine AKh pro Schlag.

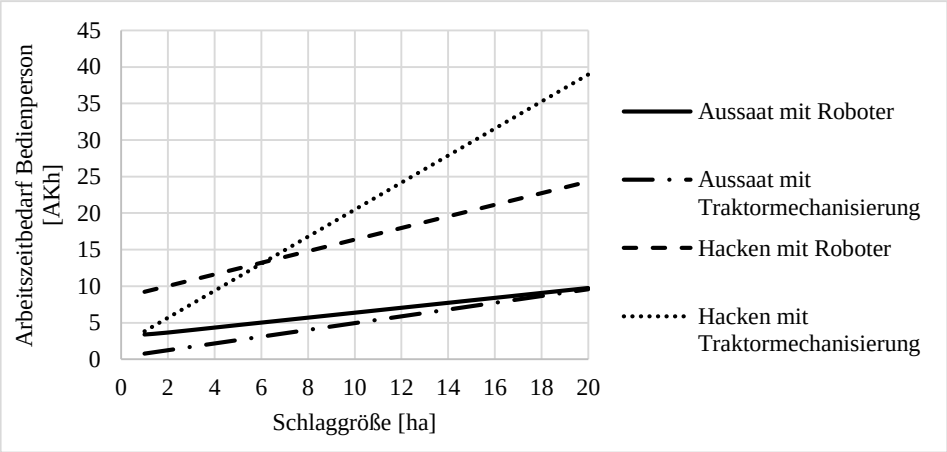


Abbildung 4: **Arbeitszeitbedarf pro Schlag der Bedienpersonen von Roboter und Traktormechanisierung für Aussaat und maschinelles Hacken**

Abbildung 4 vergleicht den Arbeitszeitbedarf der Bedienperson des Roboters mit jenem der Bedienperson des Traktors mit einer zwölfreihigen Einzelkornsämaschine bzw. einem ungesteuerten zwölfreihigen Hackgerät bei vier Hackdurchgängen. Der Arbeitszeitbedarf für die Traktormechanisierung ist dem

KTBL-Feldarbeitsrechner (KTBL 2021) entnommen. Der angeführte Arbeitszeitbedarf umfasst alle Arbeiten am Schlag inklusive der Wegzeiten zwischen Feld und Hof. Auf Grund der anfallenden Neben- und Störzeiten ist der Arbeitszeitbedarf der Bedienperson des Roboters beim Säen auch bei sehr großen Schlägen höher als bei der Traktormechanisierung. Beim viermaligen Hacken hat die Bedienperson des Roboters, unter den unterstellten Rahmenbedingungen, ab einer Schlaggröße von 6 ha einen geringeren Arbeitszeitbedarf als die Bedienperson am Traktor.
Einstellungsabhängig werden etwa 85 % der Fläche des Schlages durch die Hackdrähte zwischen den Reihen bearbeitet. Durch das Hacken in der Reihe von nur einer Seite können weitere 5 – 6 % bearbeitet werden. Weitere 3 % der Fläche können bearbeitet werden, wenn bei jedem Hackdurchgang die Fahrtrichtung gewechselt wird. Dadurch kann ein Teil der 92 - 280 AKh/ha (AGROSCOPE 2021, REDELBERGER 2004, STAUB und BRELL 2018), die pro Saison für die Handhacke beim Einsatz von herkömmlichen traktorangebauten Hackgeräten in der Biozuckerrübe anfallen, eingespart werden.
Damit können die Arbeitserledigungskosten verringert und die erhöhten Kosten für die Aussaat und maschinelle Beikrautregulierung mittels des Roboters ausgeglichen werden. Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 5 dargestellt. Darin ist unterstellt, dass der Roboter 20 ha Biozuckerrübe verteilt auf fünf Schläge sät und viermal hackt. 20 ha ist die vom Hersteller angegebene Auslastungsgrenze. Der Kalkulation der Maschinenkosten des Roboters liegen ein Neuwert von € 80.000,- bei 10 Jahren Nutzungsdauer und 1,5 % Verzinsung zu Grunde. Die Versicherungskosten belaufen sich auf € 1.000,- pro Jahr und die mittleren Reparaturkosten betragen 37,00 € pro Hektar und Überfahrt. Die Maschinenkosten der Traktormechanisierung betragen für den Transport des Roboters 19,58 €/h, für die 12-reihige Aussaat 100,95 €/h und für das 12-reihige Hacken auf 40,89 €/h. Die Lohnkosten der Roboter- und Traktorbedienperson liegen bei 26,00 €/h und jene der Handarbeitskräfte bei 13,50 €/h. Die Fläche im Hintergrund des Diagramms repräsentiert die Kosten für die Aussaat und viermaliges maschinelles Hacken mittels zwölfreihiger Traktormechanisierung, sowie die anfallenden Kosten der Handhacke bei 200 AKh/ha und Saison. Die gestapelten Säulen im Vordergrund geben die Kosten für Aussaat und maschinelles Hacken durch den Roboter und die durch den Robotereinsatz reduzierten Kosten für die manuelle Beikrautregulierung an. Bei einer Reduktion des Handarbeitszeitbedarfs von 16 % gleichen die verringerten Personalkosten für die Handhacke die im Vergleich zur Traktormechanisierung höheren Kosten für Aussaat und maschinelles Hacken aus.

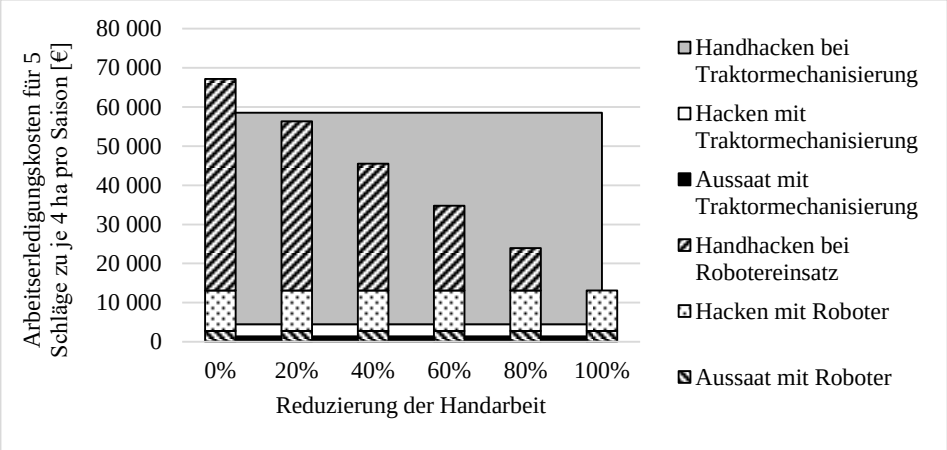


Abbildung 5: **Arbeitserledigungskosten für Aussaat und die mechanische Beikrautregulierung in Biozuckerrüben**

Danksagung

Dieser Beitrag entstand im Rahmen der Innovation Farm (www.innovationfarm.at), die von Bund, Ländern und der Europäischen Union im Rahmen des ländlichen Entwicklungsprogrammes LE 14–20 unterstützt wird.

Zusammenfassung

Die teilautonome Arbeitsweise von Feldrobotern für das Säen und Hacken von Biozuckerrüben bedingt einen deutlich geringeren Zeitbedarf der Bedienperson im Verhältnis zu jenem des Roboters. Allerdings muss für die Beseitigung möglicher Störungen immer eine Person zur Verfügung stehen. Moderne traktorgezogene Anbaugeräte zur Aussaat und mechanischen Beikrautregulierung in Biozuckerrüben sind so effizient, dass das Einsparungspotential durch Entfall der Bedienperson nicht die hohen Kosten des Roboters ausgleichen kann. Erst die Einsparung von Handarbeitskräften durch die Fähigkeit des Roboters in der Reihe zu hacken, kann zu geringeren Arbeitserledigungskosten durch den Robotereinsatz führen.

Abstract

The semi-autonomous mode of operation of field robots for sowing and hoeing organic sugar beet means that the working time required by the operator is significantly less than that of the robot. However, one person must always be available to eliminate possible faults. Modern tractor-drawn attachments for sowing and mechanical weed control in organic sugar beet are so efficient that the potential savings from eliminating the operator cannot compensate the high costs of the robot. Only the saving of manual labour through the ability of the robot to weed in the row can lead to lower labour and machinery costs using robots.

Literatur

AGROSCOPE, 2021: LabourScope – Der Arbeitsvoranschlag für Land- und Hauswirtschaft. Web-Anwendung unter www.arbeitsvoranschlag.ch abgerufen am 20.10.2021.

KTBL, 2020: Betriebsplanung Landwirtschaft 2020/21. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, Seite 31.

KTBL, 2021: Feldarbeitsrechner. Web-Anwendung unter www.ktbl.de/webanwendungen/feld-arbeitsrechner abgerufen im August 2021.

LOWENBERG-DEBOER J, HUANG I Y, GRIGORIADIS V, BLACKMORE S 2020: Economics of robots and automation in field crop production. Precision Agriculture 21: 278 – 299, doi:10.1007/s11119-019-09667-5.

MARINOUDI V, SØRENSE, C G, PEARSON S, BOCHTIS D, 2019: Robotics and labour in agriculture. A context consideration. Biosystems Engineering, Volume 184, Pages 111-121.

REDELBERGER H, 2004: Management-Handbuch für die ökologische Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, Seite 135.

STAUB S, BRELL S, 2018: Automatische Steuerungssysteme zur effizienten mechanischen Beikrautregulierung. In Tagungsband Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan, Seite 167 – 170.

WINKLER B, FRISCH J, 2014: Weiterentwicklung der Zeitgliederung für landwirtschaftliche Arbeiten. In Tagungsband 19. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 83, Potsdam-Bornim, Seite 14 – 21.

Adresse der Autoren

HBLFA Francisco Josephinum, Rottenhauser Straße 1, 3250 Wieselburg

[*] Ansprechpartner: DI Franz HANDLER, franz.handler@josephinum.at

Moderne Bildsegmentierung für praktische Anwendungen in der Biologie

Modern image segmentation for practical applications in biology

Peter M. Roth[1*], Susanne Prinz[2], Lukas Moser[3],
Pablo Rischbeck[4] und Hermann Bürstmayr[5]

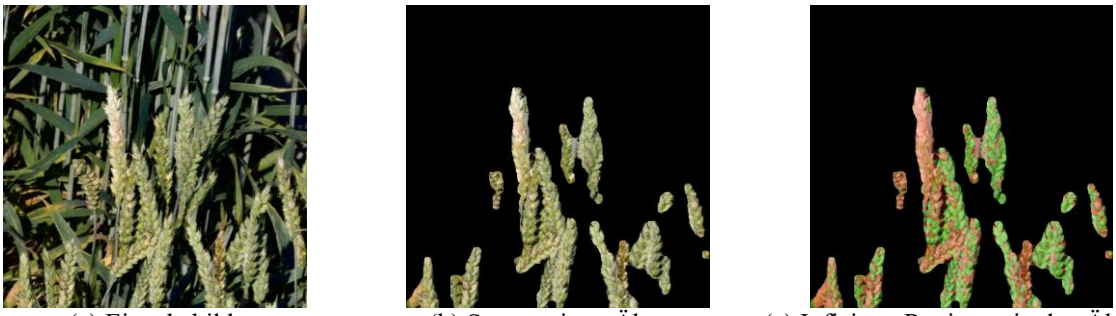
Einleitung

Digitalisierung ist eine wesentliche Entwicklung, die in den letzten Jahren viele Bereiche unseres täglichen Lebens stark beeinflusst hat. Das trifft auch auf den landwirtschaftlichen Bereich zu. Bekannte Anwendungsbeispiele sind das autonome Fahren von Fuhrwerken, das Erkennen von Beikräutern in Feldern oder das Erfassen von Parametern in Stallungen, um z. B. die Fütterung zu optimieren. Weniger bekannt, aber ebenso bedeutend sind Digitalisierungsaspekte hingegen in den Bereichen Pflanzenwissenschaften und Tiermedizin. Auch wenn diese beiden Bereiche auf den ersten Blick kaum Gemeinsamkeiten zu haben scheinen, gibt es Anwendungen in denen jeweils die gleichen Technologien zum Einsatz kommen: z. B. Pflanzenzucht und Analyse von Bildern aus bildgebenden Verfahren.

Tatsächlich besteht eine wichtige Aufgabe darin, Bilddaten aus unterschiedlichen Quellen zu analysieren, wobei Segmentierung (die Identifizierung bzw. Lokalisierung interessanter Bildbereiche) eine sehr wichtige Anwendung darstellt. Konkrete Aufgabenstellungen beinhalten z. B. die Identifizierung bzw. die Lokalisierung einzelner Individuen (Pflanzen oder Tiere) oder von Regionen mit bestimmen Eigenschaften (z. B. Pilzbefall oder Tumor). Durch die zunehmend komplexere Aufgabenstellungen sind herkömmliche Verfahren, die auf Schwellwerten von Farbwerten oder auf einfachen Farbmodellen basieren (z. B. PATRIGNANI A, OCHSNER, 2015) und unter Laborbedingungen gut funktionieren, für viele praktische Aufgaben nur eingeschränkt geeignet.

Daher kommen in solchen Fällen zunehmend moderne Verfahren (LEE et al., 2018; SINGH et al., 2018; STEWART et al., 2019; SU et al., 2021; ZHANG et al., 2019) aus dem Bereich Deep Learning (GOODFELLOW et al., 2016; LECUN et al., 2015; SCHMIDHUBER, 2015) zum Einsatz. Diese haben sich zwar in vielen Anwendungsbereichen als vorteilhaft herausgestellt, bringen auf der anderen Seite aber auch praktische Probleme mit sich. Dazu gehören neben dem sehr hohen Rechenaufwand, der oft speziellen Charakteristik von biologischen Daten, auch die große Anzahl an Trainingsbeispielen, die notwendig ist, um gut generalisierende Modelle trainieren zu können. Einerseits sind diese Daten oft nicht verfügbar, andererseits ist ein großer manueller Aufwand erforderlich, um diese entsprechend zu annotieren, wobei diese Aufgabe von Personen mit entsprechendem Fachwissen und Erfahrung durchgeführt werden muss.

Daher ist es aus praktischer Sicht von großer Bedeutung, diesen Aufwand zu reduzieren, aber dennoch die Qualität der Resultate zu garantieren. In dieser Arbeit wird dies anhand der Segmentierung von mit einem Pilz befallenen Weizen gezeigt. Die Grundidee besteht darin, (a) die komplexe Aufgabe in mehrere leichter zu lösende Teilaufgaben aufzuteilen, und (b) eine andere, eine einfachere Bildrepräsentation zu verwenden, die die in der Praxis auftauchenden Umweltbedingungen invariant abbilden kann. Dies ist in Abbildung 1 illustriert: Anstatt die befallenen Regionen in Abbildung 1(a) direkt zu bestimmen, werden in einem ersten Schritt die Ähren segmentiert (Abbildung 1(b)). Dafür wird ein Deep Learning Modell trainiert; allerdings nicht auf den originalen RGB-Daten, sondern auf Grauwertbildern. In einem zweiten Schritt wird auf diesen Regionen ein einfaches an (PATRIGNANI A, OCHSNER, 2015) angelehntes Farbmodell angewandt. Im Folgenden werden die dazu notwendigen technischen Details diskutiert sowie illustrative Ergebnisse gezeigt.



(a) Eingabebild. (b) Segmentierte Ähren. (c) Infizierte Regionen in den Ähren.

Abbildung 1: **Pipeline zum Segmentieren von Regionen, die mit einem Pilz befallen sind: (a) Eingabebild, (b) segmentierte Ähren, (c) Erkennung von infizierten Regionen innerhalb der Ähren.**

Material und Methoden

Auch wenn veröffentlichte Ansätze unterschiedliche Problemstellungen adressieren, sind die zugrundeliegenden technischen Methoden stets dieselben: *Fully Convolutional Networks (FCN)* (LONG et al. 2015), *U-Net* (RONNEBERGER et al., 2015) und *Mask-RCNN* (HEE et al., 2017). Dadurch ergeben sich auch bei allen Verfahren ähnliche Schwierigkeiten in der Praxis, insbesondere hinsichtlich einer nicht ausreichenden Menge an notwendigen Trainingsdaten. Um dies zu kompensieren, wird meist auf Datenaugmentierung zurückgegriffen. Darunter werden Ansätze zusammengefasst, die unterschiedliche Aufnahmebedingungen bzw. Ausprägungen der interessierenden Objekte (in unserem Fall Getreideähren) simulieren. Dabei werden auf vorhandenen Bildern unterschiedliche Transformationen wie z. B. Unter- und Überbelichtung, unterschiedliche Farbstiche oder Kamerarauschen angewandt, und die so gewonnenen neuen Bilder dem Trainingsset hinzugefügt. Für praktische Anwendungen hat sich jedoch gezeigt, dass es einerseits unmöglich ist, alle möglichen Bedingungen zu simulieren, andererseits aber auch die Modelle zu generisch werden und die konkrete Information nicht mehr hinreichend gut abbilden.

Daher wird in dieser Arbeit auf einen alternativen Ansatz gesetzt, bei dem die originalen Bilddaten in geeigneter Form so repräsentiert werden, dass diese invariant bezüglich der genannten Variationen ist. Ein einfaches Beispiel wird in Abbildung 2 gezeigt, wobei statt der originalen Farbbilder im RGB-Format ein Grauwertbild verwendet wird. Auch wenn die wesentlichen Eigenschaften durch Farbinformation abgebildet werden, ist ersichtlich, dass sich die Ähren nicht nur durch einen besonderen Grünton, sondern auch durch eine andere Struktur und Textur von der restlichen Pflanze abhebt. Die zu untersuchende Hypothese war somit, ob die relevante Information für die Segmentierung auch in einer anderen, invarianten Darstellung abgebildet werden kann.

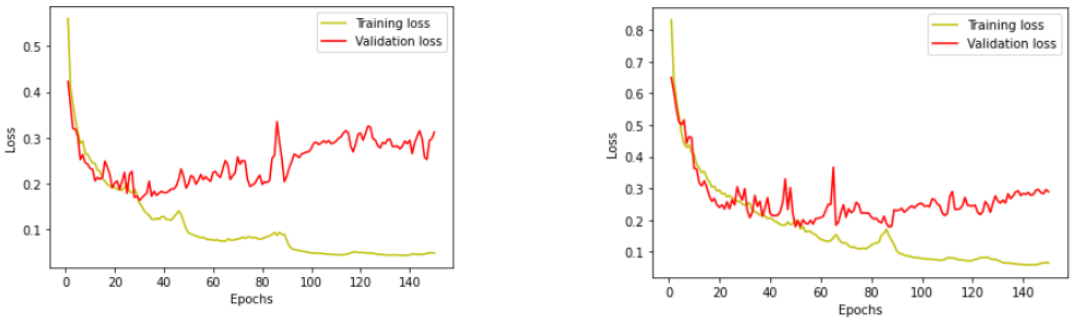
(a) Farbbild. (b) Konvertiertes Grauwertbild.

Abbildung 2: **Grauwertbilder (b) enthalten für das vorliegende Problem die notwendigen Informationen, sind aber im Vergleich zu RGB-Bildern invariant hinsichtlich unterschiedlicher Umgebungsbedingungen.**

Somit wurde statt auf den originalen RGB-Bilddaten basierend auf der *U-Net*-Architektur ein Modell ausschließlich auf Grauwertbildern trainiert und in weiterer Folge auch evaluiert. Die Modell-Architektur muss dazu nicht angepasst werden, es muss jedoch die veränderte Dimensionalität der Input-Bilder berücksichtigt werden. Somit ergibt sich im Vergleich zum zugrundeliegenden Modell keine wesentliche Veränderung in der Modellkomplexität, das Modell kann allerdings mit deutlich weniger Daten trainiert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Um die Arbeitshypothese zu überprüfen, wurden zwei Modelle – auf RGB- und Grauwertbildern – trainiert und die Ergebnisse sowohl für die Trainings- als auch Testdaten gegenübergestellt. Dazu werden zuerst in Abbildung 3 die *Verlustfunktionen* (*loss function*), die während des Trainings optimiert werden, über die Zeit gezeigt, wobei eine *Epoche* (*epoch*) jeweils einen Durchlauf über alle Trainingsdaten beschreibt. Im gezeigten Beispiel wurde das Training über 150 *Epochen* durchgeführt. In beiden Fällen ist zu sehen, dass die Verlustfunktion mit fortschreitendem Training für die Trainingsdaten immer kleinere Werte annimmt, oder – in anderen Worten – das Modell diese immer besser abbildet.

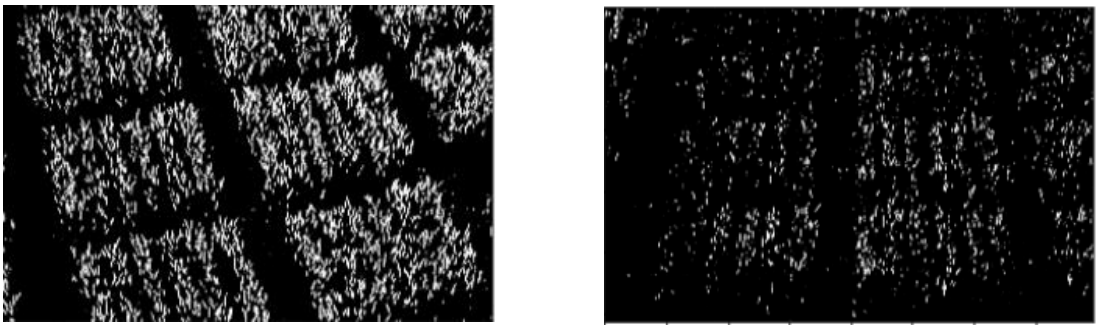


(a) Farbbilder. (b) Grauwertbilder.

Abbildung 3: **Verlustfunktionen für das Trainieren von Segmentierungsmodellen unter Verwendung von Farbbildern (a) und Grauwertbildern (b).**

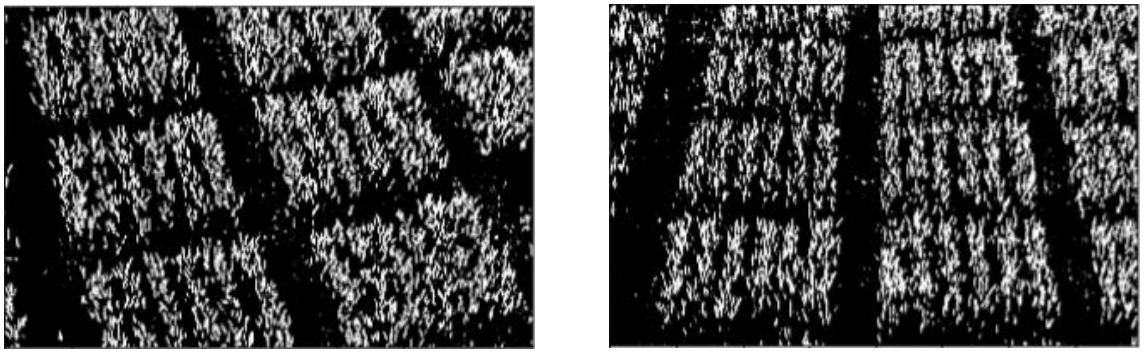
Auf der anderen Seite ist allerdings auch ersichtlich, dass die Verlustfunktion für die Validierungsdaten (Daten, die nicht für das Training benutzt wurden) am Beginn ebenfalls sinkt, aber mit zunehmender Anzahl an Epochen wieder ansteigt. Dieser Effekt ist für Farbbilder (Abbildung 3 (a)) im Gegensatz zu Grauwertbildern (Abbildung 3 (b)) jedoch stärker ausgeprägt. Praktisch bedeutet dies, dass das Modell ins *Overfitting* gerät, d. h. zwar die Trainingsdaten immer noch sehr gut abbildet, aber zunehmend schlechter generalisiert.

Dies ist insbesondere in Abbildung 4 gut zu sehen: Während das Modell für ein Beispiel aus den Trainingsdaten (Abbildung 4 (a)) sehr gute Ergebnisse liefert, ist das Ergebnis auf den Validierungsdaten (Abbildung 4 (b)) unzureichend. In der Tat werden Pixelwerte, die jenen in den Trainingsdaten ähnlich sind korrekt zurückgeliefert, leicht unterschiedliche hingegen nicht, wodurch dieser „schüttere“ Eindruck entsteht. Im Gegensatz dazu liefert das Modell, das ausschließlich auf Grauwertbildern trainiert wurde, wie in Abbildung 5 zu sehen ist, sowohl für ein Beispiel aus den Trainingsdaten als auch einem Beispiel aus den Validierungsdaten ein sehr gutes Ergebnis.



(a) Trainingsdaten. (b) Testdaten.

Abbildung 4: **Segmentierungsresultate unter Verwendung von Farbbildern.**



(a) Trainingsdaten. (b) Testdaten.

Abbildung 5: **Segmentierungsresultate unter Verwendung von Grauwertbildern.**

Auch wenn aus Abbildung 3 (b) ersichtlich ist, dass es noch weiteres Verbesserungs- bzw. Generalisierungspotential gibt, zeigt dieses Beispiel, dass für die konkrete Aufgabenstellung eine alternative Bildrepräsentation von Vorteil ist. Ähnliches gilt auch für den Bereich der medizinischen Bildverarbeitung und -interpretation: Typische bildgebende Verfahren (z. B. Röngten, CT oder MR) liefern Grauwertbilder, während vortrainierte Modelle weitgehend Farbinformation abbilden. Diese sind daher einerseits sehr komplex, bilden andererseits aber die notwendige Information nur unzureichend ab. Daher ist es auch in diesem Fall sinnvoll, die Charakteristik der Daten bei der Wahl bzw. dem Weiterentwickeln des Modells zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Die Segmentierung von interessanten Bildbereichen ist für unterschiedliche biologische Anwendungen von großer Bedeutung. Mit zunehmender Komplexität der Aufgabenstellungen sind herkömmliche Verfahren in vielen Bereichen nicht mehr ausreichend. Daher wird oft auf moderne Verfahren aus dem Bereich Deep Learning zurückgegriffen, wobei sich oft neben den speziellen Bildeigenschaften das Problem stellt, dass die verfügbare Menge an Trainingsdaten nicht ausreichend ist. In dieser Arbeit wird allerdings gezeigt, dass durch eine Reduktion der Problemkomplexität und durch die Wahl einer anderen, besser geeigneten Bildbeschreibung kompetitive Ergebnisse für eine konkrete Problemstellung aus dem Bereich Pflanzenwissenschaften erzielt werden können. Da die Grundidee sehr allgemein ist, kann diese auch für andere Bereiche, z. B. in der Tiermedizin angewandt werden.

Abstract

The segmentation of interesting image regions is of great importance for various biological applications. With the increasing complexity of the tasks, conventional methods are no longer sufficient in many areas. Therefore, modern deep-learning-based methods are often used, whereby, in addition to the special image properties, we are facing the problem that the amount of available training data is limited. In this work, however, we show that by reducing the complexity of the task and by choosing a different,

more suitable image description, competitive results can be achieved for a specific problem in the field of plant sciences. Since the basic idea is very general, we can also use it for other applications, e.g., in the field of veterinary medicine.

Literatur

BURGOS-ARTIZZU XP, RIBEIRO A, TELLAECHE A, PAJARES G, FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C, 2010: Analysis of natural images processing for the extraction of agricultural elements. Image and Vision Computing, 28(1), 138–149.
GOODFELLOW I, BENGIO Y, COURVILLE A, 2016: Deep Learning, MIT Press.
HE K, GKIOXARI G, DOLLÁR P, GIRSHICK R, 2017: Mask R-CNN, In: International Conference on Computer Vision, 2980–2988.
LECUN Y, BENGIO Y, HINTON G, 2015: Deep learning, Nature, 521(7553), 436–444.
LEE U, CHANG S, PUTRA GA, KIM H, KIM DH, 2018: An automated, high-throughput plant phenotyping system using machine learning-based plant segmentation and image analysis. PLOS ONE, 13(4), e0196615.
LONG J, SHELHAMER E, DARRELL T, 2015: Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation, In: Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
PATRIGNANI A, OCHSNER TE, 2015: Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. Agronomy Journal, 107:2312–2320.
RONNEBERGER O, FISCHER P, BROX, T, 2015: U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In: Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention.
SCHMIDHUBER J, 2015: Deep Learning in Neural Networks: An Overview. Neural Networks, 61, 85–117.
SINGH AK, GANAPATHYSUBRAMANIAN B, SARKAR S, SINGH A, 2018: Deep Learning for Plant Stress Phenotyping: Trends and Future Perspectives. Trends in Plant Science, 23(10), 883–898.
STEWART EL, WIESNER-HANKS T, KACZMAR N, DECHANT C, WU H, LIPSON H, NELSON RJ, Gore MA, 2019: Quantitative Phenotyping of Northern Leaf Blight in UAV Images Using Deep Learning. Remote Sensing, 11(19), 2209.
SU WH, ZHANG J, YANG C, PAGE R, SZINYEI T, HIRSCH CD, STEFFENSON BJ, 2021: Automatic Evaluation of Wheat Resistance to Fusarium Head Blight Using Dual Mask-RCNN Deep Learning Frameworks in Computer Vision. Remote Sensing, 13(1).
ZHANG D, WANG D, GU C, JIN N, ZHAO H, CHEN G, LIANG H, LIANG D, 2019: Using Neural Network to Identify the Severity of Wheat Fusarium Head Blight in the Field Environment. Remote Sensing, 11(20).

Adressen der Autoren

[1] Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Computational Medicine, Veterinärplatz 1, 1210 Wien, Austria

[2] Fachhochschule Wiener Neustadt, 2700 Wiener Neustadt, Austria

[3] Technische Universität Graz, Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen, 8010 Graz, Austria

[4] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Konrad Lorenz Straße 24, 3430 Tulln, Austria

[5] Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Biotechnologie in der Pflanzenproduktion, Konrad Lorenz Straße 20, 3430 Tulln, Austria

[*] Ansprechpartner: Peter M. Roth, peter.m.roth@vetmeduni.ac.at

Futter- und Gärqualität von resilierten Presskuchen aus der Bioraffinierung von verschiedenen Grassilagen

Forage and fermentation quality of re-ensiled press cakes from biorefining of different grass silages

Reinhard Resch[1*], Manuel Winter[2], Michael Mandl[3], Andreas Steinwidder[2], Joseph. B Sweeney[4] und Kevin McDonnell[4]

Einleitung

Der Bedarf an nachhaltigerer Futterproduktion und die Protein-Selbstversorgung werden wichtiger (EUROPEAN PARLIAMENT 2011), daher stößt in der Produktion von Proteinfutter auch die Fraktionierung von grüner Biomasse auf großes Interesse. Bioraffinerie ist nach KROMUS et al. (2004) ein nachhaltiges Processing von Biomasse in ein Spektrum von marktfähigen Produkten und Energie.
Im Rahmen des internationalen Forschungsprojektes **Farm4More (LIFE18CCM/IE/001195)** wurden im Arbeitspaket C.5.1 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein drei verschiedene Arten von vorgewelktem Grünlandfutter (Vorversuch 2020: 1 – grasreich; Hauptversuch 2021: 2 – Gras/Kleegemenge, 3 – Rotklee) in Rundballen einsiliert und nach der Vergärung mit einer praxiskonformen Schneckenpresse bioraffiniert. Dieser Beitrag befasst sich nicht mit dem proteinreichen Presssaft, sondern mit dem faserreichen Presskuchen, der als Rückstand der Bioraffinierung neuerlich siliert wurde und an Wiederkäuer verfüttert werden kann. Nachstehend wird geklärt, wie stark sich der Presskuchen von der ursprünglichen Grassilage unterscheidet, ob eine Resilierung möglich ist und inwieweit eine neuerliche Gärung Inhaltsstoffe und Silagequalität der Presskuchen beeinflussten.

Material und Methoden

Das verwendete Grünlandfutter stammte vom 1. Aufwuchs von Flächen der Bio-Außenstelle Lambach (Oberösterreich) der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Die nach Gumpenstein transportierten Rundballen wogen zwischen 900 bis über 1.000 kg, lagerten zumindest 6 Wochen und wurden vor der Pressung in einem Mischwagen mit Vertikalschneidwerk 30 Minuten gemischt und auf ca. 5 cm theoretische Häcksellänge zerkleinert. Von der Mischung wurde der TM-Gehalt mit der Mikrowellen-Methode nach LOSAND und WALDMANN (2003) bestimmt und die erforderliche Wassermenge zur Verdünnung auf 230 g TM/kg FM berechnet. Die erforderliche Wassermenge wurde während des Mischvorganges in die Silage eingebracht. Nach der Pressung wurden jeweils ca. 45 kg vom frischen Presskuchen in 60 Liter Weithalsfässer aus Kunststoff einsiliert. Die durchschnittliche Lagerungsdichte in den Fässern betrug 275 bis 281 kg TM/m³. Die Behälter wurden mit einem Kunststoffdeckel mit Metallspanner luftdicht abgeschlossen. Die Lagerung der befüllten Fässer erfolgte bei ca. +20 °C bis zur Siloöffnung. Die Lagerungsdauer betrug im Vorversuch (2020) 62 Tage und im Hauptversuch (2021) 52 bis 56 Tage. Die Probeziehung an den Inhalten der geöffneten WHF-Behälter erfolgte vertikal von oben nach unten mittels Edelstahl-Stechzylinder (Durchmesser 5 cm) und 2 Einstichen je Behälter. Die Mischprobe jeder Variante (4 Fässer × 2 Einstiche) wurde sofort gekühlt. Anschließend erfolgte die weitere Probenvorbereitung je nach Analysenmethode. Die chemischen Analysen wurden nach VDLUFA-Methodenbuch III (1976) durchgeführt. Die validierten Daten wurde mit Hilfe des Statistikprogrammes Statgraphics Centurion XVII (Version 17.1) varianzanalytisch verrechnet. Die Mittelwertvergleiche wurden mit der Methode Tukey- HSD auf p-Niveau 95 % angestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die TM-Gehalte der Grassilagen unterschieden sich vor der Anwässerung signifikant voneinander. Die Pressung der angewässerten Grassilagen führte zu einer einheitlichen Anhebung des TM-Gehaltes in den Presskuchen auf rund 370 g/kg FM. Die chemische Zusammensetzung der Presskuchen war gegenüber der originalen Silage signifikant verändert. Der NDF-Gehalt stieg um etwa 100 g/kg TM, ansonsten waren die Reduktion von Protein (-11 bis -24 %), Mineralstoffen (-25 bis -30 %), Zucker (-50 %) und Gärungsprodukten (-55 bis -57 %) am bedeutungsvollsten (Tabelle 1).

Tabelle 1: **Inhaltsstoffe, Mineralstoffe und Gärqualität von Grassilagen vs. resilierten Presskuchen aus der Bioraffinerie in Abhängigkeit der eingesetzten Futterart**

			Grassilage absolut (Benchmark)			resilierter Presskuchen absolut			resilierter Presskuchen relative Differenz zu Benchmark [%]		
Parameter	**Abkürzung**	**Einheit**	Gras (Vorversuch)	Gras-/Kleegemenge	Rotklee	Gras (Vorversuch)	Gras-/Kleegemenge	Rotklee	Gras (Vorversuch)	Gras-/Kleegemenge	Rotklee
Trockenmasse	TM	g/kg FM	$419{,}6^{C}$	$316{,}3^{B}$	$249{,}4^{A}$	$372{,}0^{a}$	$369{,}2^{a}$	$372{,}3^{a}$	$88{,}7^{a}$	$116{,}9^{b}$	$149{,}3^{c}$
Nährstoffe											
Rohprotein	XP	g/kg TM	$135{,}1^{A}$	$145{,}8^{A}$	$158{,}8^{B}$	$101{,}7^{a}$	$116{,}2^{b}$	$126{,}0^{c}$	$75{,}4^{a}$	$79{,}7^{a}$	$79{,}5^{a}$
Ammoniak	NH_4	g/kg TM	$1{,}8^{A}$	$2{,}3^{AB}$	$2{,}7^{B}$	$1{,}2^{a}$	$1{,}3^{a}$	$1{,}2^{a}$	$67{,}0^{b}$	$54{,}5^{ab}$	$47{,}1^{a}$
NH_4 von N_{total}		%	$8{,}3^{A}$	$9{,}8^{A}$	$10{,}3^{B}$	$7{,}3^{b}$	$6{,}7^{ab}$	$6{,}0^{a}$	$87{,}9^{b}$	$68{,}3^{a}$	$59{,}8^{a}$
Neutrale Detergenzien-Faser	NDF	g/kg TM	$496{,}3^{C}$	$390{,}2^{B}$	$342{,}8^{A}$	$634{,}5^{c}$	$492{,}5^{b}$	$440{,}0^{a}$	$127{,}9^{a}$	$126{,}2^{a}$	$128{,}5^{a}$
Säure Detergenzien-Faser	ADF	g/kg TM	$336{,}3^{C}$	$294{,}9^{A}$	$309{,}0^{AB}$	$433{,}7^{a}$	$402{,}8^{a}$	$411{,}8^{a}$	$129{,}2^{a}$	$136{,}8^{a}$	$133{,}4^{a}$
Lignin	ADL	g/kg TM	$41{,}0^{A}$	$32{,}9^{A}$	$39{,}3^{A}$	$49{,}3^{b}$	$40{,}5^{a}$	$47{,}6^{b}$	$122{,}5^{a}$	$123{,}3^{a}$	$121{,}5^{a}$
Nichtfaser-Kohlenhydrate	NFC	g/kg TM	$198{,}8^{A}$	$280{,}6^{B}$	$279{,}6^{B}$	$102{,}3^{a}$	$184{,}0^{b}$	$228{,}8^{b}$	$51{,}4^{a}$	$65{,}7^{b}$	$82{,}0^{c}$
Zucker	XZ	g/kg TM		$86{,}7^{B}$	$40{,}4^{A}$		$6{,}5^{a}$	$5{,}5^{a}$		$7{,}6^{a}$	$13{,}7^{b}$
Rohfaser	XF	g/kg TM	$292{,}3^{B}$	$236{,}1^{A}$	$229{,}8^{A}$	$374{,}2^{b}$	$300{,}4^{a}$	$288{,}6^{a}$	$128{,}4^{a}$	$127{,}3^{a}$	$125{,}9^{a}$
Rohfett	XL	g/kg TM	$21{,}6^{B}$	$17{,}5^{A}$	$22{,}3^{B}$	$22{,}0^{a}$	$28{,}1^{b}$	$27{,}1^{b}$	$101{,}7^{a}$	$160{,}5^{c}$	$121{,}6^{b}$
Rohasche	XA	g/kg TM	$87{,}1^{A}$	$106{,}7^{B}$	$110{,}7^{C}$	$63{,}0^{a}$	$81{,}2^{b}$	$884{,}4^{b}$	$72{,}4^{a}$	$76{,}2^{a}$	$76{,}2^{a}$
Mineralstoffe											
Calcium	Ca	g/kg TM	$8{,}4^{A}$	$12{,}3^{B}$	$14{,}5^{C}$	$6{,}3^{a}$	$10{,}2^{b}$	$12{,}3^{c}$	$75{,}1^{a}$	$82{,}9^{b}$	$84{,}8^{b}$
Phosphor	P	g/kg TM	$3{,}08^{A}$	$3{,}02^{A}$	$3{,}03^{A}$	$1{,}8^{a}$	$1{,}5^{a}$	$1{,}5^{a}$	$58{,}6^{a}$	$50{,}5^{a}$	$50{,}0^{a}$
Kalium	K	g/kg TM	$28{,}1^{A}$	$30{,}2^{AB}$	$31{,}7^{B}$	$13{,}4^{a}$	$17{,}2^{b}$	$18{,}1^{b}$	$48{,}6^{a}$	$58{,}2^{a}$	$58{,}8^{a}$
Eisen	Fe	mg/kg TM	900^{B}	447^{A}	519^{A}	1087^{a}	676^{a}	743^{a}	$121{,}7^{a}$	$152{,}1^{a}$	$143{,}4^{a}$
Gärqualität											
pH-Wert			$4{,}68^{A}$	$4{,}75^{A}$	$4{,}58^{A}$	$4{,}16^{b}$	$4{,}10^{a}$	$4{,}22^{c}$	$88{,}9^{ab}$	$86{,}2^{a}$	$92{,}1^{b}$
Milchsäure	Ms	g/kg TM	$35{,}8^{A}$	$36{,}5^{A}$	$56{,}9^{B}$	$57{,}1^{a}$	$75{,}3^{b}$	$71{,}3^{ab}$	$170{,}1^{a}$	$210{,}0^{a}$	$126{,}2^{a}$
Essigsäure	Es	g/kg TM	$11{,}0^{A}$	$11{,}4^{A}$	$14{,}2^{B}$	$11{,}9^{a}$	$14{,}0^{b}$	$13{,}4^{b}$	$108{,}8^{ab}$	$123{,}3^{b}$	$94{,}5^{a}$
Propionsäure	Ps	g/kg TM	$1{,}5^{AB}$	$1{,}5^{A}$	$2{,}1^{B}$	$0{,}84^{a}$	$0{,}95^{a}$	$0{,}96^{a}$	$56{,}7^{a}$	$61{,}8^{a}$	$46{,}0^{a}$
Buttersäure	Bs	g/kg TM	$2{,}2^{A}$	$3{,}5^{A}$	$6{,}0^{B}$	$1{,}6^{a}$	$2{,}9^{b}$	$3{,}9^{b}$	$70{,}9^{a}$	$81{,}6^{a}$	$65{,}4^{a}$
Ethanol	Eth	g/kg TM	$10{,}7^{A}$	$6{,}1^{A}$	$6{,}7^{A}$	$5{,}1^{a}$	$4{,}9^{a}$	$4{,}2^{a}$	$58{,}3^{a}$	$80{,}1^{a}$	$63{,}0^{a}$
Volatile organische Komponenten	VOC	g/kg TM	$61{,}2^{A}$	$59{,}1^{B}$	$85{,}9^{C}$	$76{,}5^{a}$	$93{,}7^{b}$	$98{,}0^{b}$	$134{,}4^{a}$	$167{,}5^{a}$	$109{,}4^{a}$

Statistik: Test Tukey-HSD (95%)

Indizes: Großbuchstaben zeigen absolute Differenzen in Grassilagen

Kleinbuchstaben zeigen absolute Differenzen der verschiedenen resilierten Presskuchen

Kleinbuchstaben zeigen relative Differenzen zwischen Grassilagen und resilierten Presskuchen

Die Gärungsprodukte erhöhten sich durch die neuerliche Silierung signifikant gegenüber dem frischen Presskuchen. Die Re-Silierung bewirkte eine ausgeprägte Milch- und Essigsäuregärung (Abbildung 1), welche die pH-Werte signifikant unter den kritischen pH-Wert senkte und für eine sehr gute Gärqualität sorgte. Durch die zweite Gärung wurde praktisch fast der gesamte Zucker und auch ein Teil der NFC der Presskuchen verbraucht.

Zusammenfassung

Im Rahmen des internationalen Forschungsprojektes **Farm4More (LIFE18CCM/IE/001195)** konnte nachgewiesen werden, dass die Resilierung von bioraffinierten Presskuchen aus Grassilagen mit unterschiedlichen Futterbeständen erfolgreich funktionierte, indem eine neuerliche Milchsäuregärung ausgelöst wurde, sogar wenn der frische Presskuchen mehrere Stunden der Außenluft ausgesetzt war. Der Futterwert der strukturangereicherten Presskuchen war deutlich geringer als jener von Grassilage, weil durch die Pressung viel Protein, Mineralstoffe, Zucker und Gärprodukte in den Presssaft gelangten. Die Presskuchen enthielten etwa 100 g mehr NDF/kg TM als die Grassilagen.

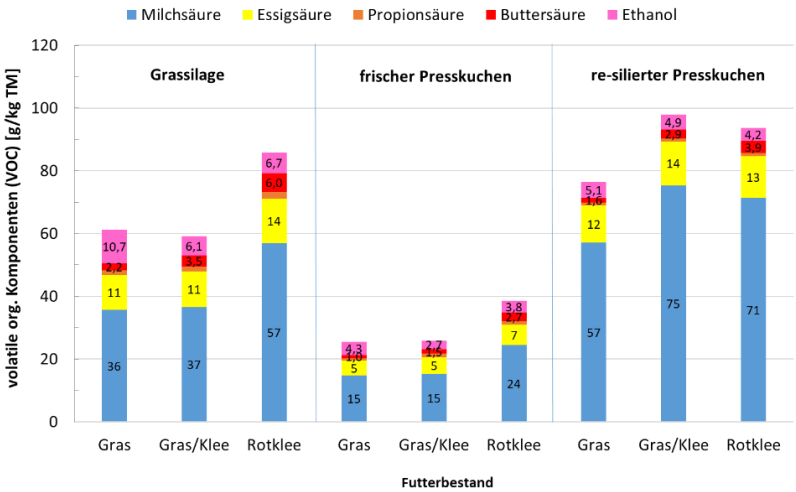


Abbildung 1: **Gärungsprodukt-Muster von Grassilagen sowie von frischem und re-siliertem Presskuchen aus der Bioraffinierung in Abhängigkeit verschiedener Futterbestände**

Abstract

In the international research project Farm4More (LIFE18CCM/IE/001195) we observed that the re-ensilation of biorefined press cakes, from grass silage of different forages, worked successfully by triggering a new lactic acid fermentation, even if the fresh press cake was exposed to air for several hours. The feed value of the press cakes was significantly lower than that of grass silage, because much protein, minerals, sugars and fermentation products were added to the press juice by the pressing process. The press cakes contained about 100 g more NDF/kg DM than the origin grass silage.

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Beteiligung der Europäischen Union zum Life-Projekt „LIFE Farm4More - Future Agricultural Management for multiple outputs on climate and rural development“ mit der Projektnummer LIFE 18 CCM /IE/001195 Farm4More.

Weitere Infos zum Projekt über www.farm4more.eu

Literatur

EUROPEAN PARLIAMENT, 2011: Report A7-0026/2011 4.2.2011. The EU protein deficit: What solution for a long-standing problem? (2010/2011(INI)) Committee on Agriculture and Rural Development, Rapporteur: Marin Häusling.

KROMUS S., WACHTER B., KOSCHUH W., MANDL M., KROTSCHEK C., NARADOSLAWSKY M., 2004. The green biorefinery Austria-development of an integrated system for green biomass utilization. Chemical and biochemical engineering quarterly, 18(1), 7-12.

LOSAND B., WALDMANN, B., 2003: Mit der Mikrowelle auf der richtigen Spur. Dlz, Tierhaltung (3) 2003, 126-128.

VDLUFA, 1976: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Adressen der Autoren

[1] HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 22451-320

[2] HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Bioinstitut, Trautenfels, Tel.: +43 (0)3682 22451-400

[3] tbw research GesmbH, Grünbergstraße 15/ Stiege 1, 5.Stock, 1120 Wien, +43 (0) 699 14445211 (Research Fellow)

[4] LIFE farm4more, School of Biosystems Engineering, University College Dublin, Dublin 4

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Ertrag und Futterqualität von verschiedenen Rohrschwingelsorten unter hoher Bewirtschaftungsintensität

Yield and forage quality of tall fescue cultivars under high utilization intensity

Reinhard Resch[1*] und Martin Hendler[2]

Einleitung

Für die meisten Grünlandregionen in Österreich wird bis zur Jahrhundertmitte eine deutliche Zunahme der Häufigkeit von Sommertrockenheit gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 prognostiziert (GOBIET 2019). Wegen seines tiefreichenden Wurzelsystems kann der Rohrschwingel (*Festuca arundinacea* Schreber) Trockenperioden überstehen (KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1982) und ist daher eine interessante Art für trockengefährdete, wechselfeuchte Grünlandstandorte. Zur Verbesserung des Futterwertes wurden in vergangenen Jahren von der Futterpflanzenzüchtung verstärkt fein(weich)blättrige Sorten gezüchtet, um die Futterakzeptanz der ursprünglich raublättrigen Rohrschwingeltypen zu verbessern (FRICK et al. 2020). Dieser Beitrag geht der Frage von Ertrag und Qualität verschiedener Sorten des Rohrschwingels aus Daten der amtlichen Sortenwertprüfung nach.

Material und Methoden

In Österreich gibt es aktuell eine zugelassene Rohrschwingelsorte, nämlich „Prosteva“, aus der nationalen Wertprüfung (AGES 2021). Die Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) untersuchte gemeinsam mit der HBLFA Raumberg-Gumpenstein seit 2017 sieben Sorten in einer mehrortigen Rohrschwingel-Wertprüfung. Der randomisierte Anbau der 7 Sorten erfolgte auf 4 Standorten (AGES: Grabenegg, Hagenberg; HBLFA Raumberg-Gumpenstein: Gumpenstein, Piber) im Jahr 2017 in Reihensaat und 4-facher Wiederholung. Die mineralische Düngung bestand aus einer jährlichen Grunddüngung von 80 kg P_2O_5/ha und 200 K_2O/ha, sowie 50 kg N/ha und Aufwuchs. Die Bestände im Sortenversuch wurden in den Prüfjahren 2018 bis 2020 viermal (HBLFA-Standorte) bis fünfmal (AGES-Standorte) pro Jahr im Stadium Siloreife geerntet. Die chemischen Analysen erfolgten nach VDLUFA (1976), die in vitro-Verdaulichkeit nach TILLEY und TERRY (1963).

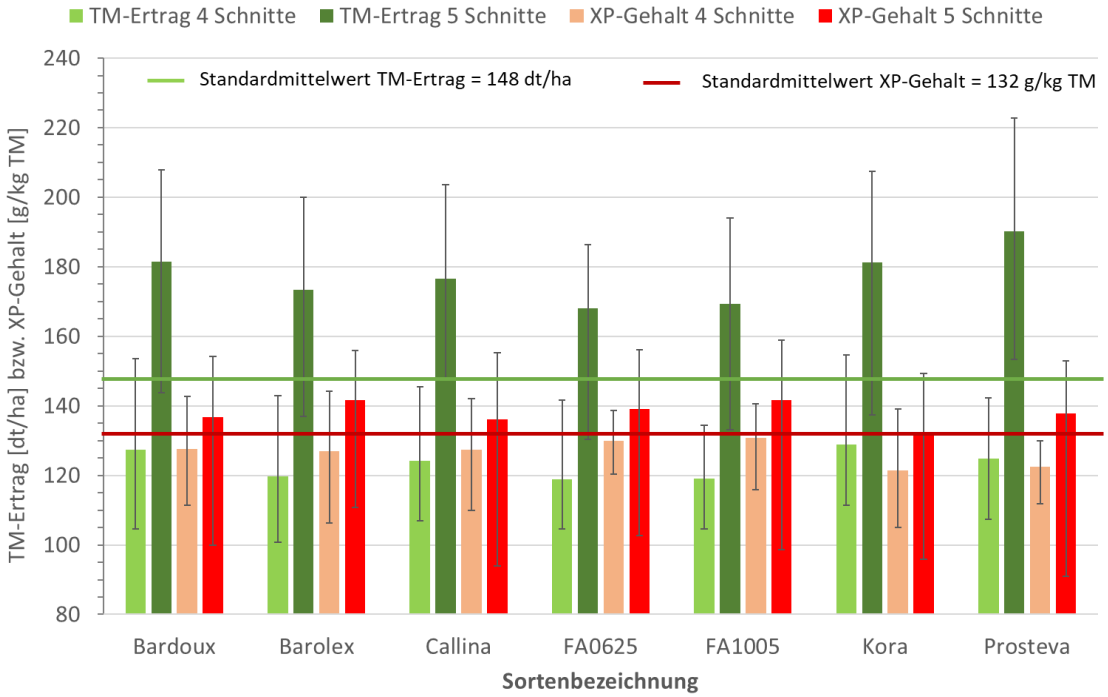


Abbildung 1: **Mittelwerte, Minima und Maxima von Trockenmasseertrag und Rohproteingehalt (XP) von Rohrschwingel in Abhängigkeit von Sorte und Nutzungsintensität, (4 Versuche von 2018 bis 2020)**

Ergebnisse und Diskussion

Die Rohrschwingelsorten konnten im Durchschnitt der ersten drei Hauptnutzungsjahre bei der intensiveren 5-Schnittnutzung mit 186 dt TM/ha um rund ein Drittel höhere TM-Bruttoerträge erzielen als bei 4-Schnittnutzung mit 123 dt TM/ha. Die Prüfsorten zeigten nach teilweise langsamer Etablierung (Jugendentwicklung) eine gute Persistenz im TM-Ertrag, der sich auch nach drei Prüfjahren auf gutem Niveau hielt und nicht abfiel. Positiv fielen im Ertrag die Sorten Prosteva, Kora und Bardoux auf, während FA1005 und FA0625 hinsichtlich TM-Ertrag nicht empfehlenswert wären. Im Proteingehalt bestach die weichblättrige Sorte FA1005, weil sie im Mittel aller Versuche um ca. 9 g mehr XP enthielt als die raublättrige Sorte Kora, die am schlechtesten abschnitt. Die Rohrschwingelsorten erreichten trotz intensiver Nutzung und Düngung nicht den von der ÖAG empfohlenen Orientierungswert für Rohprotein von mindestens 140 g/kg TM im 1. Aufwuchs bzw. mehr als 160 g/kg TM in den Folgeaufwüchsen (Abbildung 1).

Tabelle 1: **Brutto-Jahreserträge, Futterinhaltsstoffe, OM-Verdaulichkeit und Energiedichte von verschiedenen Rohrschwingelsorten bei 4-Schnittnutzung (Versuche: Gumpenstein u. Piber in 2019/2020)**

			Rohrschwingel - Sortenspektrum							
Parameter	**Einheit**	**Standard-mittel**	**Bardoux**	**Barolex**	**Callina**	**FA0625**	**FA1005**	**Kora**	**Prosteva**	**ÖAG** Empfehlung
TM-Jahresertrag	dt/ha	123,5	128,2	120,8	125,1	121,0	**119,9**	**131,0**	124,8	
	%	*100*	*103,8*	*97,8*	*101,3*	*98,0*	***97,1***	***106,1***	*101,1*	> 100
Rohprotein-Jahresertrag	kg/ha	1556	1605	**1507**	1591	1565	1555	**1622**	1526	> 1.000
		SD	*216*	*199*	*199*	*180*	*167*	*194*	*126*	
NEL-Jahresertrag*	GJ/ha	70,6	73,0	69,3	70,3	72,0	**67,8**	**74,7**	72,0	> 50
		SD	*11,0*	*10,4*	*10,5*	*10,8*	*10,2*	*11,2*	*10,8*	
Rohprotein	g/kg TM	125	125	125	127	129	**130**	**124**	122	> 140 / > 160
		SD	*17,3*	*19,6*	*16,5*	*16,8*	*14,3*	*16,4*	*16,7*	
NDF	g/kg TM	573,2	570	**577**	573	569	572	**557**	576	410-490
		SD	*29,9*	*35,8*	*36,6*	*33,2*	*30,7*	*43,4*	*34,7*	
ADF	g/kg TM	326,4	325	328	**330**	**323**	326	**323**	325	< 300
		SD	*83,2*	*72,8*	*83,4*	*92,1*	*80,6*	*87,6*	*77,8*	
ADL	g/kg TM	31,2	31	31	**32**	**30**	**32**	**32**	31	< 40 / < 50
		SD	*19,0*	*22,8*	*21,7*	*19,8*	*21,2*	*22,4*	*20,5*	
Rohasche	g/kg TM	104,3	**111**	**98**	108	103	105	103	103	< 100 / < 110
		SD	*31,6*	*13,6*	*27,4*	*13,7*	*20,0*	*18,8*	*20,3*	
Sand (HCl-unlösliche Asche)	g/kg TM	28,2	**32,4**	**24,0**	31,8	27,5	28,7	28,5	28,5	< 20
		SD	*29,1*	*10,1*	*24,1*	*12,8*	*16,2*	*16,6*	*17,3*	
OM-Verdaulichkeit*	%	69,1	69	69	**67**	**71**	68	69	70	> 70 / > 68
		SD	*4,8*	*6,0*	*5,5*	*5,8*	*5,8*	*5,9*	*4,7*	
ME*	MJ/kg TM	9,6	9,6	9,7	**9,5**	**9,8**	9,6	9,6	9,7	> 10,2 / > 9,8
		SD	*0,9*	*1,1*	*1,0*	*1,0*	*1,1*	*1,0*	*0,9*	
NEL*	MJ/kg TM	5,67	5,69	5,74	5,62	**5,85**	5,65	5,71	5,77	> 6,1 / > 5,8
		SD	*0,6*	*0,8*	*0,7*	*0,7*	*0,8*	*0,7*	*0,6*	
Blatt-Typ			*weich*	*weich*	*rau*	*weich*	*weich*	*rau*	*rau*	

*Daten nur aus Versuchsjahr 2019 **ÖAG** = Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft
Zahlenfarbe: **grün** = beste Sorte, **rot** = schlechteste Sorte **SD** = Standardabweichung

Die qualitativen Untersuchungen von sieben Rohrschwingelsorten zeigen anhand von gewogenen Jahresmittelwerten in Tabelle 1, dass die Prüfsorten bei 4-Schnittnutzung die geforderten Orientierungswerte für Rohprotein und Strukturkohlenhydrate wie NDF und ADF deutlich nicht erreichen konnten. Die Verdaulichkeit der organischen Masse und die Futterenergie waren gemessen an den hohen NDF-Gehalten verhältnismäßig gut. Grund dafür sind relativ hohe Gehalte an Nichtfaser-Kohlenhydraten (Zuckerverbindungen) im Rohrschwingel. Unsere Auswertungen bestätigen im Großen und Ganzen die

Ergebnisse von Peratoner et al. (2012). Die Gehalte an Salzsäure unlöslicher Asche (silikatischer Sandanteil) korrelierten stark mit dem Rohaschegehalt. Pflanzen mit scharfen Blatträndern wird nachgesagt, dass sie einen höheren Kieselsäurgehalt aufweisen. Aus den vorliegenden Daten konnte kein Zusammenhang von Sandgehalt mit der Blattrauheit (Blatt-Typ) der Sorten festgestellt werden.

Zusammenfassung

Die sieben Rohrschwingelsorten aus der amtlichen Sortenwertprüfung 2018 bis 2020 waren bei intensiver Bewirtschaftung in der Lage viel Masse zu bilden, aber die Qualität des Futters lag bei den Gehalten an Rohprotein und Strukturkohlenhydraten allgemein noch hinter den Erwartungen zurück. In der Schweiz wurden mittlerweile schon qualitativ deutlich höherwertige Sorten mit guten Erträgen zugelassen (FRICK et al. 2020). In wechselfeuchten Lagen wäre ein Anbau von Rohrschwingelsorten in Feldfuttermischungen aufgrund der Trockentoleranz empfehlenswert, um die Erträge im Fall von Sommertrockenheit zu sichern. Anbauempfehlungen von Rohrschwingelsorten für Dauergrünland hängen derzeit noch von den Ergebnissen aus den Ausdauerprüfungen und von Grünland-Mischungsversuchen (DaFNE Projekt „Seedmix“) ab.

Abstract

Seven tall fescue varieties from the Austrian official cultivar evaluation 2018 to 2020 were able to form a lot of mass under intensive management. The quality of the forage was generally below expectations in terms of crude protein and structural carbohydrate contents. However, varieties of significantly higher quality with good yields have been approved in Switzerland (FRICK et al. 2020). In alternating humid locations, cultivation of tall fescue cultivars in fodder mixtures could be recommended, due to their drought tolerance, to secure yields in case of summer drought. Recommendations for seeding of tall fescue cultivars in permanent grassland currently depend on the results from endurance tests and seed-mixture trials (DaFNE project "Seedmix").

Literatur

AGES (Hrsg.), 2021: Österreichische Beschreibende Sortenliste 2021 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2021, ISSN 1560-635X, Kapitel Gräser, 192-197.

GOBIET A., 2019: Szenarien zum Klimawandel im Alpenraum. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26. und 27. März 2019, 1-2.

FRICK R., SUTER D., DEREUDER E., HIRSCH H., 2020: Sortenprüfung mit Rohrschwingel: zwei neue Sorten ersetzten Dauphine. Agrarforschung Schweiz 11, 210-215

KUTSCHERA L., LICHTENEGGER E., 1982: Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Band 1: Monocotyledoneae. Stuttgart/New York, Gustav Fischer Verlag, 516 S.

PERATONER G., KLOTZ C., FIGL U., FLORIAN C., BODNER A., RESCH R., 2012: Rohrschwingel auf dem Prüfstand. Südtiroler Landwirt Nr. 5, 46-48.

TILLEY J.M.A., TERRY R.A., 1963: A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Grass and Forage Science 18 (2), 104-111.

VDLUFA, 1976: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Adressen der Autoren

[1] HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 22451-320

[2] Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191,1220 Wien, Tel.: +43 (0)5 0555-34920

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Biomassebildung, Nähr- bzw. Mineralstoffgehalte sowie Silagequalität von drei invasiven Neophyten im Verlauf einer Vegetationsperiode

Developement of biomass formation, nutrient resp. mineral contents, and silage quality of three invasive neophytic plants over the course of a growing season

Reinhard Resch* und Lukas Gaier

Einleitung

In Österreich konnten nach ESSL und RABITSCH (2002) insgesamt 1.110 neophytische Gefäßpflanzen nachgewiesen werden. Das entspricht einem Anteil an der Gesamtflora von 27 %. Für den Naturschutz sind 17 Neophyten problematisch, da sie invasiv in naturnahe Lebensräume eindringen. Unter diesen 17 Arten befinden sich auch die drei bekannten Arten: Japanischer Staudenknöterich (*Fallopia japonica*), Drüsiges Springkraut (*Impatiens glandulifera*) und Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) – siehe FISCHER et al. (2008). Teilweise dringen diese Arten auch schon in landwirtschaftlich extensiv genutzte Flächen ein. Vielfach konzentrierten sich bisherige Untersuchungen der Neophyten auf die Ausbreitung (z.B. ESSL und HAUER (2003), die Bekämpfung (z.B. JONES et al. (2018) sowie deren Wirkung auf Ökosysteme (z.B. WALTER et al. (2005). Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein führte in der Vegetationsperiode 2020 umfangreiche Beobachtungen an den drei oben angeführten Neophyten in der Nähe des Institutes durch, um erste Daten für eine mögliche Futternutzung zu gewinnen.

Material und Methoden

Im Forschungsprojekt Neophytenmanagement (Leitung Maschinenring Kärnten) führte die HBLFA Raumberg-Gumpenstein in der Vegetationsperiode 2020 in einem etwa 3-wöchigen Beprobungsintervall von Mitte Mai bis Mitte Oktober Untersuchungen zur Biomassebildung und stofflichen Zusammensetzung der gezogenen Futterproben, sowie zur Silierbarkeit der drei invasiven Neophyten durch. Nach Bestimmung des phänologischen Entwicklungsstadiums und Messung der Wuchshöhe (min. 4 Wiederholungen) wurden die Pflanzen auf 5 cm Schnitthöhe geerntet und gewogen. Die Erntefläche für die Ermittlung des Biomasse-Ertrages betrug 1 m². Aus dem Erntegut wurden ganze Pflanzen als Probenmaterial für die chemischen Untersuchungen entnommen und verarbeitet. Die chemischen Analysen erfolgten im Futtermittellabor Rosenau nach VDLUFA (1976). Die Silierung wurde an zwei Terminen durchgeführt und erfolgte in Einweckgläsern mit 1 Liter Volumen, die mit der auf 3 bis 5 cm zerkleinerten Biomasse befüllt und ca. 90 Tage bei ca. 21 °C dunkel gelagert wurden.

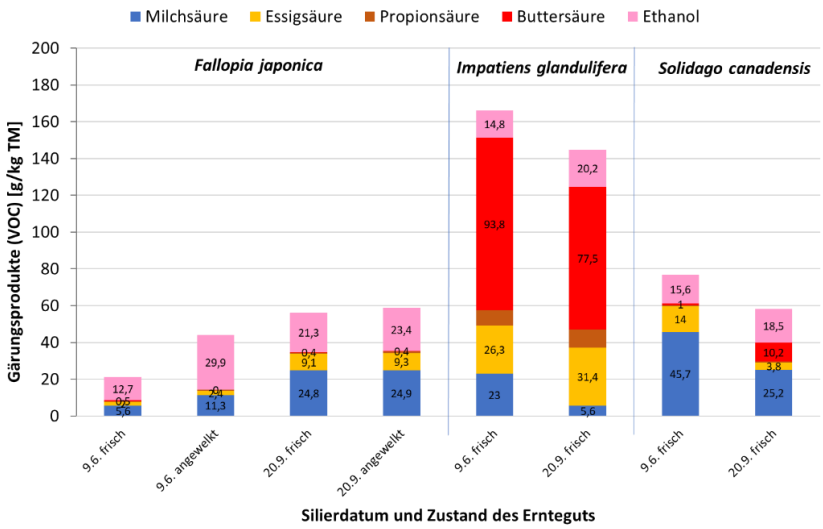


Abbildung 1: **Gärungsprodukte in silierten neophytischen Pflanzen in Abhängigkeit von Erntedatum und Anwelkgrad der einsilierten Biomasse**

Ergebnisse und Diskussion

Im jungen Zustand, etwa bis Ende Mai, besaß der Staudenknöterich, vor allem das Blattwerk, einen akzeptablen Futterwert (RESCH et al. 2017) mit einem Rohproteingehalt über 150 g/kg TM und NDF-Gehalt unter 500 g/kg TM. Mit fortschreitender Reife nahm die Futterqualität rasch ab. Ausgewachsene Pflanzen von *Fallopia* und *Impatiens* hatten aufgrund der hohen Gehalte an Strukturkohlenhydraten (NDF bis 694 g/kg TM), vor allem viel schwer verdauliches ADF (329 bis 581 g/kg TM) einen ähnlichen bzw. geringeren Futterwert wie Getreidestroh. Die Energiedichte erreichte nur 3,0 bis 4,0 MJ NEL/kg TM. Die Goldrute war im Futterwert tendenziell etwas besser, weil die Energiedichte 4,0 bis 5,0 MJ NEL/kg TM erreichte. Die Gehalte an unverdaulichem Lignin (ADL) lagen zwischen 70 bis 150 g/kg TM und damit um das 2 bis 4-fache höher als bei Grasarten im Ähren-/Rispenschieben. In den Elementgehalten waren die drei Neophyten eher reich an Calcium und arm an Phosphor, Natrium, Mangan und Zink, während Kalium, Magnesium, Eisen und Kupfer abhängig von der Pflanzenart vergleichbare Gehaltswerte wie Grünlandfutter aufwiesen.
Aufgrund der Datenvielfalt wurden in Tabelle 1 für die drei untersuchten Neophyten die Gleichungen für verschiedene Parameter dargestellt, um die Entwicklung der Werte während der Vegetation zumindest modellhaft zeigen zu können.

Tabelle 2: **Modellhafte Darstellung der Entwicklung von Biomassebildung, Nährstoffgehalten, Energiedichte und Mineralstoffgehalten von drei Neophyten ab 1. Mai**

Parameter	Kürzel	Einheit	***Fallopia japonica***		***Impatiens gladulifera***		***Solidago canadensis***	
Biomasse			Modell	R^2	Modell	R^2	Modell	R^2
Wuchshöhe		cm	$y = -0{,}0065x^2 + 1{,}6682x + 170{,}2$	74,9	$y = -0{,}0169x^2 + 4{,}6587x - 86{,}159$	96,0	$y = -0{,}0064x^2 + 1{,}7718x + 34{,}295$	77,1
Trockenmasse		kg/ha	$y = -0{,}1711x^2 + 40{,}389x - 198{,}37$	50,2	$y = 1{,}2341x + 109{,}83$	32,8	$y = 2{,}4864x + 328{,}96$	22,2
Gehaltswerte								
Trockenmasse	TM	g/kg FM	$y = -0{,}008x^2 + 2{,}2923x + 70{,}988$	72,1	$y = 0{,}4007x + 38{,}501$	89,5	$y = 1{,}4806x + 146{,}77$	80,1
Rohprotein	XP	g/kg TM	$y = 0{,}0098x^2 - 2{,}4032x + 214{,}69$	85,3	$y = -0{,}0066x^2 + 1{,}3432x + 11{,}628$	56,6	$y = -0{,}003x^2 + 0{,}6257x + 57{,}926$	16,4
Neutral Detergenzien-Faser	NDF	g/kg TM	$y = -0{,}0213x^2 + 4{,}3095x + 448{,}14$	62,7	$y = -0{,}0083x^2 + 2{,}1192x + 521{,}2$	29,9	$y = 0{,}0303x^2 - 6{,}1256x + 804{,}75$	55,6
Säure Detergenzien-Faser	ADF	g/kg TM	$y = -0{,}0148x^2 + 3{,}2119x + 350{,}44$	67,4	$y = 0{,}7001x + 467{,}1$	99,0	$y = 0{,}0215x^2 - 4{,}2126x + 600{,}8$	48,4
Lignin	ADL	g/kg TM	$y = -0{,}005x^2 + 1{,}2474x + 64{,}828$	69,8	$y = 0{,}2071x + 94{,}968$	62,2	$y = 0{,}2764x + 72{,}978$	63,2
Zucker	XZ	g/kg TM	$y = 0{,}0005x^2 - 0{,}1177x + 43{,}132$	24,5	$y = 0{,}007x^2 - 1{,}687x + 142{,}33$	88,7	$y = -0{,}2243x + 73{,}481$	86,1
Rohasche	XA	g/kg TM	$y = 0{,}0039x^2 - 0{,}5257x + 70{,}309$	82,7	$y = 0{,}0024x^2 - 0{,}535x + 106{,}1$	29,0	$y = -0{,}0046x^2 + 1{,}029x + 22{,}85$	47,5
Energie								
Nettoenergie	NEL	MJ/kg TM	$y = 0{,}0002x^2 - 0{,}0363x + 5{,}0952$	81,5	$y = -1E\text{-}05x^2 - 0{,}0016x + 3{,}8806$	70,8	$y = -0{,}0002x^2 + 0{,}0392x + 2{,}8045$	51,2
Mengenelemente								
Calcium	Ca	g/kg TM	$y = 0{,}0007x^2 - 0{,}0197x + 7{,}27$	88,3	$y = 0{,}0168x + 10{,}38$	52,1	$y = -0{,}0009x^2 + 0{,}2113x + 0{,}96$	52,6
Phosphor	P	g/kg TM	$y = 0{,}0002x^2 - 0{,}0516x + 4{,}46$	80,1	$y = -0{,}0002x^2 + 0{,}0352x + 0{,}48$	89,4	$y = -0{,}00005x^2 + 0{,}0214x + 1{,}27$	35,2
Magnesium	Mg	g/kg TM	$y = 0{,}0003x^2 - 0{,}0383x + 4{,}23$	84,5	$y = 0{,}0002x^2 - 0{,}0354x + 4{,}45$	58,8	$y = -0{,}0003x^2 + 0{,}0562x + 0{,}20$	68,8
Kalium	K	g/kg TM	$y = 0{,}001x^2 - 0{,}2305x + 23{,}04$	88,2	$y = 0{,}0009x^2 - 0{,}2541x + 37{,}24$	47,5	$y = -0{,}0007x^2 + 0{,}1256x + 12{,}43$	47,7
Natrium	Na	g/kg TM	$y = -8E\text{-}06x^2 + 0{,}0014x + 0{,}10$	32,5	$y = 5E\text{-}06x^2 - 0{,}0008x + 0{,}17$	49,3	$y = 9E\text{-}06x^2 - 0{,}0017x + 0{,}20$	65,2
Spurenelemente								
Eisen	Fe	mg/kg TM	$y = 0{,}0028x^2 - 0{,}8309x + 163{,}91$	50,6	$y = 0{,}0065x^2 - 1{,}0458x + 125{,}8$	46,5	$y = 0{,}0046x^2 - 0{,}5569x + 103{,}03$	57,6
Mangan	Mn	mg/kg TM	$y = 0{,}1827x + 34{,}402$	10,7	$y = -0{,}0018x^2 + 0{,}4463x + 16{,}83$	33,7	$y = -0{,}0016x^2 + 0{,}4835x + 5{,}8$	62,8
Zink	Zn	mg/kg TM	$y = 0{,}001x^2 - 0{,}2537x + 30{,}03$	69,3	$y = -0{,}0001x + 22{,}068$	0,2	$y = 0{,}0004x^2 - 0{,}0287x + 17{,}93$	80,2
Kupfer	Cu	mg/kg TM	$y = -0{,}0212x + 7{,}36$	73,4	$y = 0{,}0001x^2 + 0{,}0129x + 4{,}25$	73,1	$y = 0{,}0004x^2 - 0{,}0708x + 11{,}25$	74,7

x = Tage ab 1. Mai bis Mitte Oktober, d.h. eine Berechnung bis Tag 162 ist möglich

Die Silierbarkeit von Staudenknöterich war gut, weil die frischen Blätter einen hohen Säuregehalt aufwiesen (pH-Wert 4,6) und daher nur wenig Säurebildung für eine Stabilisierung nötig war. (Abbildung 1). Andererseits wiesen die drei Neophyten nur geringe Zuckergehalte von 35 bis 80 g/kg TM auf und der TM-Gehalt von *Impatiens* lag immer unter 100 g/kg FM. Das erschwerte die Silierung erheblich. Das Gärproduktemuster in Abbildung 1 zeigt für *Impatiens* eine extrem starke Buttersäuregärung, unabhängig vom Erntezeitpunkt, d.h. diese Pflanzenart ist zur Silierung nicht geeignet. Die Goldrute wäre in kurz geschnittenem Zustand silierbar, denn die Gärprodukte waren mit Grassilagen aus Dauerwiesenfutter vergleichbar.

Zusammenfassung

Die untersuchen drei invasiven neophytischen Pflanzenarten Japanischer Staudenknöterich (*Fallopia japonica*), Drüsiges Springkraut (*Impatiens glandulifera*) und Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) wiesen allgemein einen sehr geringen Futterwert auf. Dies kam am deutlichsten durch die hohen Anteile an Zellulose und Lignin zu tragen, welche die Verdaulichkeit stark reduzierten. Die Energiedichte war deswegen mit Getreidestroh oder überständigem Heu von Extensivwiesen vergleichbar. Die Proteingehalte waren nur beim jungen Staudenknöterich gut, allerdings war hier der Biomasseertrag von etwa 1.000 kg TM für eine Nutzung zu gering. Eine Futternutzung des drüsigen Springkrautes ist aufgrund des extrem hohen Wassergehaltes, des schlechten Futterwertes und der schlechten Konservierungseigenschaften (Gärsaftanfall, Fehlgärung) kategorisch abzulehnen. Die Silierung von Staudenknöterich und Goldrute funktionierte mäßig gut. Die silierte Goldrute wies einen intensiven Geruch auf. Hier wäre zu prüfen, ob bei Vorlage an Nutztiere eine reduzierte Futterakzeptanz ausgeht. Zur Verwertung des Staudenknöterichs bzw. der Goldrute über Wiederkäuer muss gesagt werden, dass diese über Silage nur sehr eingeschränkt als Beifutter in einer Mischration denkbar wäre.

Abstract

The investigated three invasive neophytic plant species Japanese knotweed (*Fallopia japonica*), Glandular knapweed (*Impatiens glandulifera*) and Canadian goldenrod (*Solidago canadensis*) generally had a very low feed value. This was most evident in the high cellulose and lignin contents, which greatly reduced digestibility. Energy was therefore comparable to that of cereal straw or supernatant hay from extensive meadows. The protein content was only good in young *Fallopia*, but the biomass yield of about 1,000 kg DM is too low for utilization. Forage utilization of *Impatiens* must be categorically rejected due to its extremely high water content, poor forage value, and poor preservation properties (leachate accumulation, faulty fermentation). Ensiling of *Fallopia* and *Solidago* worked moderately well. The ensiled *Solidago* exhibited an intense odor. Here, it would have to be examined whether a reduced feed acceptance would emanate when presented to livestock. Regarding the utilization of *Fallopia* or *Solidago* by ruminants, it must be said that it would be conceivable only to a very limited extent as a supplementary feed in a mixed ration via silage.

Literatur

ESSL F., RABITSCH W., 2002: Neobiota in Österreich (Vol. 43), Umweltbundesamt GmbH, Wien, 432S.

ESSL F., HAUSER E., 2003: Verbreitung, Lebensraumbindung und Managementkonzept ausgewählter invasiver Neophyten im Nationalpark Thayatal und Umgebung (Österreich). Biologiezentrum Linz, 75-101.

FISCHER M.A., OSWALD K., WAGNER W., 2008: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. 3., verb. Aufl. Biologiezentrum d. Oberösterr. Landesmuseen, Linz, 1392 S.

JONES D., BRUCE G., FOWLER M.S., LAW-COOPER R., GRAHAM I., ABEL A., STREET-PERROTT F.A., EASTWOOD D., 2018: Optimising physiochemical control of invasive Japanese knotweed. Biological Invasions 20: 2091–2105.

RESCH R., GUGGENBERGER T., GRUBER L., RINGDORFER F., BUCHGRABER K., WIEDNER G., KASAL A., WURM, K., 2017: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG-INFO 8/2006, Neuauflage. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irdning, 20 S.

VDLUFA, 1976: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WALTER J., ESSL F., ENGLISCH T., KIEHN M., 2005: Neophytes in Austria: habitat preferences and ecological effects. Neobiota, 6, 13-25.

Adressen der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 22451-320

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Gesteigerte Mengen an Faser in Ferkelrationen mit und ohne energetischem Ausgleich: Auswirkungen auf die Nährstoffverdaulichkeit sowie die Leistung

Increasing amounts of fiber in diets of weaning pigs with and without energetic adjustment: effects on nutrient digestibility and performance

Reinhard Puntigam, Wolfgang Preißinger und Martin Schäffler

Einleitung

Der Anteil an „Faser“ eines Einzelfutter- bzw. Alleinfuttermittels lässt sich physiologisch als jener Gehalt an Kohlenhydraten definiert, welcher von körpereigenen Verdauungsenzymen nicht hydrolysiert werden kann und teilweise im Dickdarm z.B. zu kurzkettigen Fettsäuren (SCFA) und biogenen Aminen fermentiert wird (CUMMING et al. 2009).Diese heterogene Stoffgruppe der Faser, bestehend je nach Futtermittel hauptsächlich aus Cellulose, Hemicellulose, Pektin bis hin zur resistenten Stärke unterliegt dabei unterschiedlichen Löslichkeiten und somit Fermentierbarkeiten und kann in Abhängigkeit des Alters des Tieres und damit einhergehend dem Entwicklungsstadium des Gastrointestinaltraktes unterschiedlich wirken (NOBLET AND SHI, 1993; Slama et al., 2019). Unter Berücksichtigung der chemisch-physikalischen Eigenschaften der Faser werden positive Einflüsse auf die zootechnischen Leistungen sowie die Mikrobiota als auch die verbesserte Gesundheit im hinteren Verdauungstrakt bis hin zu gesteigertem Tierwohl beschrieben (SCHEDLE et al. 2008; GERRITSEN et al. 2012; KRALER et al. 2015; PU et al., 2020; VERBEEK et al., 2021).Während in früheren Publikationen der DLG für Ferkel ab 12 kg Lebendmasse (LM) 35 g und für Ferkel ab 20 kg LM nur 30 g Rohfaser pro kg Futter empfohlen wurden (DLG, 2008), werden im Merkblatt 463 (DLG; 2021) ausschließlich Rohfasergehalte von mehr als 35 g pro kg Futter empfohlen. Demgegenüber wird durch die Anwendung der Schätzgleichung zur Berechnung des Energiegehaltes von Mischfuttermitteln (GFE, 2008) verdeutlicht, dass sich der Gehalt an Rohfaser negativ auf die Energiedichte des Alleinfuttermittels auswirkt. Darüber hinaus reduziert laut KIRCHGESSNER et al. (2014) der ansteigende Gehalt an Rohfaser die Verdaulichkeit der organischen Substanz beim Schwein (VQ org. Subst. (%) = 92,2 – 0,168 x Rohfaser (g/kg TM)) und weiterer Nährstoffe (ZHANG et al., 2013). Die Reduktion der Energiedichte durch den Einsatz gesteigert Mengen an Rohfaser machen die Supplementierung von Öl erforderlich, um einen energetischen Ausgleich zu schaffen. In vorliegender Untersuchung sollt geprüft werden, wie sich die gesteigerte Anwendung eines Fasermix mit hohem Anteil an löslicher Faser ohne energetischen Ausgleich in Ferkelrationen auf die Leistungsfähigkeit und Nährstoffverdaulichkeit der Tiere auswirkt.

Material und Methoden

Der Versuch wurde am Staatsgut Schwarzenau der Bayerischen Staatsgüter durchgeführt. Dazu wurden 96 Absetzferkel der Rasse Pi x (DL x DE) nach LM, Geschlecht und Abstammung ausgewählt und gleichmäßig auf folgende Versuchsgruppen aufgeteilt:

- A: 40 g Rohfaser pro kg Alleinfutter (Gerste und Weizen)
- B: 45 g Rohfaser pro kg Alleinfutter (mehr Gerste, weniger Weizen)
- C: 50 g Rohfaser pro kg Futter (Einsatz eines Fasermix)
- D: 50 g Rohfaser pro kg Futter (Einsatz eines Fasermix, energetischer Ausgleich mit Pflanzenöl)

Die Ferkel wurden in 8 Buchten zu je 12 Tieren auf Kunststoffspalten ohne Einstreu gehalten. Sie waren zu Beginn des Versuches im Durchschnitt 27 Tage alt und wogen bei der Aufstallung ca. 7,5 kg.
Die Futterzuteilung erfolgte über Abrufstationen mit integrierter Futterverwiegung für das Einzeltier (Compident Station CID2006 MLP-Ferkel, Schauer Agrotronic GmbH).

Die LM wurden wöchentlich am Einzeltier erfasst. Der Versuch gliederte sich in zwei Fütterungsphasen. Sowohl Phase I als auch Phase II dauerten 21 Tage wobei in der Phase 1 zusätzlich 5 Tage Adaption an die Abrufstationen erfolgten. Die Rationen (Tabelle 1) wurden mit dem Programm Zifo2 (Zielwertfutteroptimierung, LfL) kalkuliert und in der Versuchsmahl- und Mischanlage Schwarzenau hergestellt. Diese wurden in der Schraubmühle Volkach pelletiert und im Labor der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub nach Vorgaben des

VDLUFA (2012) analysiert. Die Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) wurden nach der Mischfutterformel (GfE, 2008) errechnet. Der angewendete Fasermix setzte sich laut Deklaration aus 30 % Apfeltrester, 30 % Trockenschnitzel, 24,5 % Sojabohnenschalen, 15 % Weizenkleie sowie 0,5 % Pflanzenöl zusammen.

Tabelle 1: **Versuchsmischungen und kalkulierte Nährstoffgehalte (Angaben bei 88 % TM)**

	Ferkelaufzuchtfutter I				Ferkelaufzuchtfutter II			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Weizen, %	41,5	26,5	22,5	21	44,5	29,5	25,5	24
Gerste, %	30	45	45	45	30	45	45	45
Sojaöl, %	1,5	1,5	1,5	3,0	1,5	1,5	1,5	3,0
Sojaextr.-schrot, LP, %	22	22	22	22	19	19	19	19
Fasermix, %	-	-	4,0	4,0	-	-	4,0	4,0
Fumarsäure, %	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Mineralfutter[1)], %	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
ME, MJ	13,0	12,8	12,6	13,0	13,0	12,8	12,6	13,0
Rohprotein, g	169	169	168	167	159	159	159	157
Rohfaser, g	42	45	52	52	40	43	49	50
Rohfett, g	33	34	34	48	33	33	33	48
Lysin, g	12,5	12,5	12,6	12,5	11,8	11,8	11,9	11,8
Calcium, g	7,0	7,1	7,2	7,2	7,0	7,0	7,1	7,1
Phosphor, g	4,8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,7	4,7	4,6

[1)] mit 15 % Ca, 3 % P, 11 % Lysin; 3,0 % Methionin; 4,5 % Threonin; 0,4 % Tryptophan; ME, umsetzbare Energie

Neben dem Leistungsversuch wurden für die Versuchsmischungen der FAF 2 die Nährstoffverdaulichkeit nach den Vorgaben der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GFE, 2005) in der Stoffwechselanlage in Grub durchgeführt. Dazu wurden 4 Tiere (ca. 16 kg LM) pro Versuchsfutter genutzt. Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramm SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) unter Anwendung der Prozedur GLM durchgeführt. Im Modell wurden als fixe Effekte die Behandlung, das Geschlecht und die Abstammung sowie deren Interaktionen berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der analysierten Gehalte ausgewählter Nährstoffe der FAF dargestellt. Insgesamt kann eine gute Übereinstimmung mit den kalkulierten Nährstoffgehalten nachgewiesen werden. Hinsichtlich des Gehaltes an ME traten Abweichungen von 0,1 bis 0,3 MJ zwischen den kalkulierten und analysebasierten ME-Gehalten auf. Die anvisierte Erhöhung des Rohfasergehaltes wurde wie geplant realisiert und die erhöhten Rohfasergehalte im Futter der Gruppen B und C spiegelten sich erwartungsgemäß in verminderten Gehalten an ME wider. Ein höherer Gehalt an ME in Gruppe D wurde durch die Supplementierung des Pflanzenöls, d. h. dem energetischen Ausgleich realisiert. Die Analysenwerte von Rohfaser und aNDFom lagen bei allen Versuchsrationen im Bereich der Orientierungswerte (DLG,2021). Pro kg Futter werden dabei Gehalte von ≥35 g (Rohfaser) bzw. von ≥110 g (aNDFom) gefordert. Hinsichtlich der ADFom lag nur das Ferkelaufzuchtfutter I von Gruppe C mit 73 g pro kg knapp außerhalb des Orientierungsbereichs von ≤70 g/kg Futter. Laut Analyseergebnissen wies der Fasermix 210 g Rohfaser, 398 g Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und anschließender Veraschung (aNDFom) sowie 288 g Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (ADFom) pro kg Futter (88 % TM) auf.

Tabelle 2: **Analysierte Nährstoffgehalte der Versuchsrationen (Angaben bei 88 % TM)**

	Ferkelaufzuchtfutter I				Ferkelaufzuchtfutter II			
	A	B	C	D	A	B	C	D
ME, MJ	13,2	13,0	12,7	12,9	13,2	13,1	12,7	13,1
Rohprotein, g	164	164	161	159	148	149	154	153
Rohfaser, g	39	47	53	53	40	42	51	48
Rohfett, g	36	36	36	47	36	34	37	47
Phosphor, g	4,8	4,9	4,6	4,6	4,5	4,4	4,7	4,4
aNDFom, g	111	134	136	138	115	121	145	135
ADFom, g	52	64	73	69	54	58	69	66
Lysin, g	13,3	13,6	12,9	13,1	12,2	12,3	12,4	11,8
Methionin, g	3,6	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,2	3,2
Cystin, g	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,6
Threonin, g	7,7	7,8	7,6	7,7	7,4	7,9	7,0	6,9
Tryptophan, g	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	2,0	1,9	1,9
Calcium, g	8,2	6,6	6,5	7,5	6,9	6,7	7,3	7,3
Phosphor, g	4,8	4,9	4,6	4,6	4,5	4,4	4,7	4,4

ME, umsetzbare Energie

In Tabelle 3 und 4 werden die scheinbare Gesamttraktverdaulichkeit sowie die kalkulierte und ermittelte Energiedichte (umsetzbaren (ME) und Nettoenergie (NE) der Ferkelaufzuchtfutter 2 dargestellt. Wie von KIRCHGESSNER et al. (2014) dargestellt sinkt mit zunehmendem Rohfasereinsatz die Verdaulichkeit der organischen Masse (Gruppe A vs. C, $p<0.05$), wohingegen der Ausgleich mit Öl diesen Effekt kompensiert. Dieser Umstand deckt sich ebenfalls mit der kalkulierten und ermittelten ME bzw. NE pro kg Alleinfuttermittel.

Tabelle 3: **Gesamttraktverdaulichkeit ausgewählter Nährstoffe der Versuchsfutter FAF II**

	Ferkelaufzuchtfutter II					
	A	B	C	D	SEM	p-Wert
Organische Substanz, %	88,3[a]	87,0[ab]	85,7[b]	87,3[ab]	0.03	0.039
Rohprotein, %	85,1	83,6	81,7	84,4	0.05	0.137
Rohfett, %	84,4	80,0	80,1	86,7	0.11	0.085
Rohfaser, %	38,4	35,4	39,1	42,7	0.15	0.440
N-freie Extraktstoffe, %	92,4	91,5	91,1	91,8	0.02	0.104

[1)] Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 4: **Kalkulierte und ermittelte Energiedichte der Versuchsfutter FAF II (Angaben bei 88 % TM)**

	Ferkelaufzuchtfutter II					
	A	B	C	D	SEM	p-Wert
[2]Umsetzbare Energie, MJ/kg	13,0	12,8	12,6	13,0	-	-
[3]Umsetzbare Energie, MJ/kg	13,2	13,1	12,7	13,1	-	-
[4]Umsetzbare Energie, MJ/kg	13,46[ab]	13,17[bc]	12,99[c]	13,57[a]	0,07	0,002
[5]Nettoenergie, MJ/kg	9,86[ab]	9,64[bc]	9,50[c]	9,93[a]	0,05	0,001

[1)] Irrtumswahrscheinlichkeit; [2] kalkulierte Nährstoffe (GFE, 2008); [3] analysierte Nährstoffe (GFE, 2008); [4] Daten aus Verdaulichkeitsversuch (GFE, 2008); NOBLET et al. (1994)

Aus Tabelle 5 gehen die Leistungsdaten hervor. In beiden Fütterungsphasen sowie über den gesamten Versuchsverlauf konnten keine Effekte des gesteigerten Rohfasergehaltes auf die Tageszunahmen festgestellt werden, wenngleich auch in Phase 1 unmittelbar nach dem Absetzten in den Gruppen B, C und D im Vergleich zur Gruppe A durchgehend numerisch höhere tägliche Zunahmen festgestellt werden konnten.

Hinsichtlich des Futterabrufs konnten ebenfalls keine Unterschiede, sowohl in den beiden Fütterungsphasen als auch über den gesamten Versuchszeitraum, festgestellt werden. Demgegenüber zeigten sich signifikante Unterschiede beim Futteraufwand pro kg Zuwachs in den einzelnen Fütterungsphasen.

Tabelle 5: **Leistungsdaten aus dem Ferkelfütterungsversuch**

	A	B	C	D	p-Wert
		Lebendmasse, kg			
Versuchsbeginn	7,6	7,5	7,6	7,5	0,961
Futterumstellung	16,0	16,2	17,1	16,8	0,202
Versuchsende	30,5	30,8	31,2	31,4	0,773
		Tageszunahmen, g/Tier			
Phase 1	323	338	366	357	0,099
Phase 2	726	729	704	731	0,653
gesamt	498	508	513	519	0,721
		Futterabruf, g/Tier und Tag			
Phase 1	458	450	481	471	0,556
Phase 2	1040	1040	1053	1064	0,903
gesamt	711	707	730	729	0,766
		Futteraufwand, kg/kg Zuwachs			
Phase 1	1,42[b]	1,34[a]	1,32[a]	1,31[a]	0,019
Phase 2	1,44[b]	1,42[b]	1,50[a]	1,46[ab]	0,039
gesamt	1,43	1,39	1,43	1,40	0,159
		Kalkulierte ME-Aufnahme, MJ/Tier, Tag			
Phase 1	6,1	5,8	6,1	6,1	0,798
Phase 2	13,7	13,6	13,4	13,9	0,736
gesamt	9,4	9,2	9,3	9,5	0,869
		ME-Aufwand, MJ/kg Zuwachs			
Phase 1	18,8[b]	17,4[a]	16,8[a]	16,9[a]	<0,001
Phase 2	19,0	18,6	19,1	19,1	0,478
gesamt	18,9[b]	18,1[a]	18,2[a]	18,2[a]	0,025

[1)] Irrtumswahrscheinlichkeit

So war der Futteraufwand in Phase I in den Gruppen B, C und D signifikant niedriger als in Gruppe A. Der gesteigerte Rohfasergehalt im Futter dieser Gruppen hatte scheinbar insbesondere im Zeitraum nach dem Absetzten eine positive Wirkung auf die Verdauungsvorgänge und führte zu einer verbesserten Futtereffizienz (DLG, 2021). Im weiteren Versuchsverlauf (Phase 2) zeigte sich in Gruppe C der höchste Futteraufwand, welcher sich von Gruppe A und B statistisch absichern ließ. Über den gesamten Versuchszeitraum ließ sich kein Effekt der Rohfasererhöhung auf den Futteraufwand feststellen. Betrachtet man die errechnete Aufnahme an ME, so waren trotz der niedrigeren ME-Gehalte im Futter von Gruppe C in beiden Versuchsphasen sowie über den gesamten Versuchszeitraum keine signifikanten Unterschiede zu den weiteren Versuchsgruppen zu erkennen. Der Aufwand an ME pro kg Zuwachs war in den Gruppen B, C und D signifikant niedriger als in Gruppe A und deckte sich damit sehr gut mit den Werten des Futteraufwands. Demgegenüber zeigten sich in der Phase 2 keine Effekte. Über den gesamten Versuchszeitraum war der Aufwand an ME pro kg Zuwachs in Gruppe A signifikant höher als in den Gruppen B, C und D. Zwischen den Gruppen C und D konnten bei allen berücksichtigten Parametern weder in den einzelnen Fütterungsphasen noch über den gesamten Versuch hinweg statistische Unterschiede festgestellt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass im dargestellten Versuch ein energetischer Ausgleich mit Öl bei Rohfasergehalten von 5.0% nicht erforderlich scheint. Dieser Umstand kann vielleicht darin begründet sein, dass der verwendete Fasermix einen gesteigerten Anteil an löslicher Faser aufwies (Apfeltrester und Trockenschnitzel) dessen Fementierbarkeit größere Energiemengen freisetzte.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im Versuch zeigten sich keine negativen Effekte des gesteigerten Rohfasereinsatzes auf die Tageszunahmen und den Futterabruf. Nummerisch höhere waren jedoch in der Fütterungsphase 1. nach dem Absetzten der Ferkel festzustellen. Die Rohfasererhöhung wirkte sich insbesondere bei jüngeren Ferkeln (Phase 1) positiv auf die Tageszunahmen, den Futteraufwand bzw. den Aufwand an ME pro kg Zuwachs

aus. Dies zeigte sich unabhängig von der Höhe des Einsatzes (45 bzw. 50 g/kg) oder der Anwendung des energetischen Ausgleichs mittels Öl. Die Erhöhung des Fasergehaltes ist somit vor allem in der Phase um das Absetzen empfehlenswert. Zusätzlich kann auf einen energetischen Ausgleich mit Futteröl nicht nur in Zeiten hoher Futtermittelpreise verzichtet werden.

Literatur

CUMMINGS J. H., MANN J. I., NISHIDA C., VORSTER H. H. (2009). Dietary fibre: An agreed definition. Lancet. 2009 Jan 31;373(9661):365-6.

DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2008). DLG-Information 1/2008. Empfehlungen zur Sauen und Ferkelfütterung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT 2021: DLG-Merkblatt 463 Fütterung und Tierwohl beim Schwein. Teil A: Futter, Fütterung und Faserstoffversorgung. https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/tierhaltung/futter-und-fuetterung/dlg-merkblatt-463

DLG-MERKBLATT 463 (2021): Fütterung und Tierwohl beim Schwein; Teil A: Futter, Fütterung und Faserstoffversorgung. https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/tierhaltung/futter-und-fuetterung/dlg-merkblatt-463, besucht am: 28.03.2022.

GERRITSEN, R., VAN DER AAR, P., MOLIST, F. (2012). Insoluble nonstarch polysaccharides in diets for weaned piglets. J. Anim. Sci., 90(suppl_4), 318-320.

GfE (2005). Determination of digestibility as the basis for energy evaluation of feedstuffs for pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 14, 207-213.

GfE (2008) Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pig. Poc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 199-204.

KIRCHGESSNER, M., STANGL, G., SCHWARZ, F. J., ROTH, F. X., SÜDEKUM, K.-H., EDER K. (2014). Tierernährung. 2014, 14. Auflage DLG-Verlag.

KRALER, M., SCHEDLE, K., SCHWARZ, C., DOMIG, K. J., PICHLER, M., OPPENEDER, A., KNEIFEL, W. (2015). Fermented and extruded wheat bran in piglet diets: impact on performance, intestinal morphology, microbial metabolites in chyme and blood lipid radicals. Arch. Anim. Nutr., 69(5), 378-398.

NOBLET, J. AND SHI, X. S. (1993). Comparative digestibility of energy and nutrients in growing pigs fed ad libitum and adults sows fed at maintenance. Livest. Prod. Sci., 34(1-2), 137-152.

NOBLET, J., FORTUNE, H., SHI, X. S., DUBOIS, S. (1994). Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. J. Anim. Sci., 72(2), 344-354.

PU, G., LI, P., DU, T., NIU, Q., FAN, L., WANG, H., HUANG, R. (2020). Adding appropriate fiber in diet increases diversity and metabolic capacity of distal gut microbiota without altering fiber digestibility and growth rate of finishing pig. Frontiers in microbiology, 11, 533.

SCHEDLE, K., PLITZNER, C., ETTLE, T., ZHAO, L., DOMIG, K. J., WINDISCH, W. (2008). Effects of dietary fibre differing in lignin on performance and digestibility in weanling piglets. Arch. Anim. Nutr., 62(2), 141-151.

SLAMA J., SCHEDLE K., WURZER G. K., GIERUS M. (2019). Physicochemical properties to support fibre characterization in monogastric animal nutrition. J Sci Food Agric. 99(8):3895-902.

SLAMA, J., SCHEDLE, K., WETSCHEREK, W., PEKAR, D., SCHWARZ, C., GIERUS, M. (2020). Effects of soybean hulls and lignocellulose on performance, nutrient digestibility, microbial metabolites and immune response in piglets. Arch. Anim. Nutr., 74(3), 173-188.

VERBEEK, E., KEELING, L., LANDBERG, R., LINDBERG, J. E., DICKSVED, J. (2021). The gut microbiota and microbial metabolites are associated with tail biting in pigs. Scientific reports, 11(1), 1-14.

ZHANG, W., LI, D., LIU, L., ZANG, J., DUAN, Q., YANG, W., ZHANG, L. (2013). The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. Anim. Sci. Biotechnol., 4(1), 1-7.

Adresse der Autoren

Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub und Schwarzenau, DE

Betriebliches Analyse-Tool zu Umweltwirkungen der Milcherzeugung

Farm analysis tool on environmental impacts of milk production

Stefan J. Hörtenhuber*

Einleitung

In einem EIP-Agri-Forschungsprojekt wurde der sogenannte „Effizienz-Check“, eine Web-Anwendung für Milchkühe entwickelt (STEININGER 2018). Dessen Ziel ist es, die vielen im Rinderdatenverbund RDV bereits gesammelten Daten um Auswertungen zu Effizienz und der Wirtschaftlichkeit von Einzeltieren bzw. der Herde zu erweitern. In der hierin beschriebenen Studie wurden – durch einen FFG-Innovationsscheck finanziert – ein Konzept und eine modellhafte Anwendung zur darauf aufbauenden Analyse von Umweltwirkungen für Milchkühe entwickelt. Ziele des Analyse-Tools für Umweltwirkungen waren (i) die Ausarbeitung von typischerweise verwendeten, robusten Ökobilanzkennwerten, die (ii) eine betriebsspezifische und anwenderfreundliche Analyse (u.a. zur Betriebsoptimierung) ermöglichen und (iii) sich gut mit Literaturergebnissen decken. Darüber hinaus wurde (iv) eine semi-quantitative Bewertung (Multikriterienanalyse) mit Zusatzindikatoren für Biodiversitäts-Themen (Habitatvielfalt, Artenvielfalt und Genetische Vielfalt) ausgearbeitet, nachdem das wichtige Thema Biodiversität üblicherweise nicht mit Ökobilanzierungen abgedeckt wird (u.a. EDA 2018, CURRAN et al. 2016).

Material und Methoden

Datenbasis: Die Basis bilden die Daten des Rinderdatenverbunds RDV, die bestmöglich genutzt wurden und durch wenige zusätzliche Daten (von Erhebungen) ergänzt wurden, v.a. zu Stall- und Wirtschaftsdüngersystemen sowie (optional) zu hofeigener Futtererzeugung.
Umweltwirkungs-Indikatoren und deren Impact-Methoden: Bei der Auswahl der Indikatoren und deren Methoden wurden die u.a. für Milch spezifisch beschriebenen *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR*, EDA 2018) hinsichtlich den Indikatoren-Robustheits-Scores (von 0 bis 1) nach ADEME und INRAE (2020) geprüft. Es wurde vorgeschlagen, dass die Indikatoren einer Ökobilanzmethode für Praxisbetriebe mindestens eine Robustheit von 0,5 überschreiten sollten. Zusätzlich wurden solche Indikatoren ausgewählt, bei denen nach NOTARNICOLA et al. (2017) Milch und Milchprodukte überdurchschnittlich zu den Umweltwirkungen der Ernährung beitragen.
Bezugseinheiten (*functional units*): In der Datenbank *Scopus* wurde mit den Schlagworten „dairy“, „system“, „LCA“, „assessment“ und „functional unit“ gesucht, welche Bezugseinheiten üblicherweise für Ökobilanzergebnisse von Milch und Milchprodukten verwendet werden.
Inventarmodelle/-methoden, Emissionsfaktoren, Daten, Allokation und Algorithmen: Daten aus Datenbanken und von Modellbetrieben wurden vorab analysiert, um betriebliche Parameter mit mehr als 3 % Einfluss (Variation) auf Ergebnisse je „kg Milch“ bei den ausgewählten Umweltwirkungsindikatoren zu identifizieren. Für diese Parameter wurden detaillierte Algorithmen zur betriebsindividuellen Berechnung aufgesetzt. War der Einfluss geringer als 3 % Variation des Ergebnisses, wurden Produktionssystem-typische Standardwerte recherchiert und in die Analysen aufgenommen. Ebenso wurden in der Studie Vor- und Nachteile verschiedener Allokationsverfahren bzw. einer Systemerweiterung erörtert.
Testung und Teilvalidierung der vorgeschlagenen Methode: Auf Basis von Ökobilanz-Datenbankwerten und Fachliteratur wurde eine Teilvalidierung der neu entwickelten Umweltwirkungs-Berechnungsmethode umgesetzt. Dazu wurden Ecoinvent-Datensätze mit der eigenen Methode nachgerechnet, die Ergebnisse verglichen, deren Übereinstimmungsgrad ausgewertet und potenzielle Schwächen sowie Vorteile der neuen, "aufwandsreduzierten" und vereinfachten Methode identifiziert. Als Ziel für eine erfolgreiche Validierung wurde festgelegt, dass sich die Ergebnisse der beiden Methoden soweit decken, dass sie innerhalb der Grenzen von aus eigenen Berechnungen und aus der Literatur ermittelten Unsicherheitsbereichen zu liegen kommen.
Vorschläge zur grafischen Darstellung der Ergebnisse: Es wurden Vorschläge ausgearbeitet, wie die Ergebnisse der betriebs- bzw. tierindividuellen Berechnungen dargestellt werden können, um für Betriebsleiter (oder Berater) die für den Betrieb geeigneten Verbesserungsoptionen darzustellen.

Angenommene Modellbetriebsdaten zur exemplarischen Darstellung von Ergebnissen und zu deren Teilvalidierung: Hinsichtlich tierischer Leistungen wurden zwei Intensitäten der Milcherzeugung ausgewählt, um die vorgeschlagene Methode zu testen. Erstens eine durchschnittliche Milchleistung von 20 kg energiekorrigierte Milch (ECM) über die Laktationsphase, zweitens 40 kg ECM im Durchschnitt. Die Futterrationen sowie Daten zu Haltungs- und Wirtschaftsdüngersystemen für diese beiden Milcherzeugungsvarianten wurden auf Basis von Eingaben und Modellierungen zu teilnehmenden Betrieben des Effizienz-Checks ermittelt. In Anlehnung an die Futterration wurden für beide Szenarien (20 kg ECM und 40 kg ECM Herdendurchschnitt) unterschiedliche Intensitäten der Flächenbewirtschaftung und damit unterschiedliche Eingangsparameter für die Bewertung der Biodiversitäts-Schlüsselindikatoren unterstellt, die nicht repräsentativ, sondern exemplarisch sind.

Ergebnisse und Diskussion

Das vorgeschlagene Ökobilanzierungswerkzeug – Ausgewählte Indikatoren: Aufgrund Robustheits-Score sowie überdurchschnittlicher Wirkungen von Milch/-produkten wurden folgende Ökobilanz-Indikatoren als geeignet ausgewählt (Tabelle 1):

Tabelle 1: **Ausgewählte Indikatoren für die Umweltwirkungs-Berechnungsmethode und deren Wirkungsabschätzungs-/Charakterisierungsmethoden sowie Maximum- und Minimumwerte der Ökobilanzen zur Festlegung von 0% und 100% Zielerreichungsgrad (Scaling) für das Produkt Milch (1 kg ECM)**

Indikator	**Wirkungsabschätzungs-/ Charakterisierungsmethoden**	**Scaling**	
		100 % Zielerr.	**0 % Zielerreichung**
Treibhauspotenzial (GWP) – Biogen / Fossil / Land Use & Land Use Change	IPCC 2013 (GWP_{100})	≤ 1,00 kg CO_2-eq (bei Anwendung IPCC 2013, GWP_{100})	≥ 1,50 kg CO_2-eq (bei Anwendung IPCC 2013, GWP_{100})
Versauerungspotenzial	CML-IA non-baseline v3.04 / EU25	≤ 0,02 kg SO_2-eq	≥ 0,04 kg SO_2-eq
Marines Eutrophierungspotenzial	EF 3.0	≤ 0,0025 kg N-eq	≥ 0,005 kg N-eq
Landnutzung (belegte Landfläche)		≤ 1,00 m^2	≥ 1,80 m^2
Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar (kumulierter Energieaufwand, KEA)	Cumulative Energy Demand v1.11	≤ 3,0 kg MJ	≥ 5,0 kg MJ
Verbrauch an mineralischen Ressourcen	CML-IA non-baseline v3.04 / EU25	≤ $9{,}0*E^{-6}$ kg Sb-eq	≥ $1{,}2*E^{-5}$ kg Sb-eq

Datenbedarf: Die wichtigsten benötigten Datenquellen für die oben genannten Indikatoren sind: (1) für das Treibhauspotenzial die IPCC-2019 Richtlinien (GAVRILOVA et al. 2019) für enterische Fermentation (CH_4) sowie für CH_4 und N_2O aus Wirtschaftsdüngersystemen, Ecoinvent-Datensätze für Betriebs- und Futtermittel (WERNET et al. 2016), angepasst an den Bedarf mit tier-/ betriebsspezifischen Primärdaten; (2) Erweiterung der bereits erwähnten Quellen um EMEP/EEA-2019 Richtlinien (AMON et al. 2019) für das Versauerungspotenzial und (3) zusätzlich um EDER et al. (2015) für Marines Eutrophierungspotenzial; (4) zur Bewertung der Landnutzung werden ebenso Ecoinvent-Datensätze, diverse Statistiken zu Erträgen und betriebsspezifische Primärdaten für Futtermittel herangezogen; (5) der nicht erneuerbare (kumulierte) Primärenergieverbrauch und (6) der Verbrauch an mineralischen Ressourcen werden ebenso am besten mit – betriebsspezifisch angepassten – Ecoinvent-Datensätzen für Betriebs- und Futtermittel analysiert.

Bezugseinheiten: Die wichtigsten in der Literatur (Scopus) vorgefundenen Bezugseinheiten von 31 Studien sind produktspezifisch „kg FPCM“ (58 %), „kg ECM“ (20 %) und „kg oder t (Roh-) Milch“ (16 %). Nur 29 % der 31 Studien bezogen ihre LCA-Ergebnisse auf weitere funktionelle Bezugseinheiten, dabei fast ausschließlich „m^2 oder ha bewirtschafteter Nutzfläche (Lebenszyklus-basiert)“. Zusätzlich genannt wurden – jeweils einmal – die Bezugseinheiten „ha Betriebsfläche“, „Tier“, „Großvieheinheit“, „Milchfeststoffe“ und die kombinierte Einheit „t ECM je ha“. Eine hohe Relevanz der Fläche ergibt sich, weil bei manchen Umweltwirkungen lokale oder regionale Belastungsgrenzen bereits überschritten sind (siehe u.a. N-Eutrophierung, STEFFEN et al. 2015). Eine ausschließliche Optimierung auf geringere Umweltwirkungen je kg Produkt kann dazu führen, dass die flächenspezifische lokale oder regionale Belastung noch größer wird (MAIER et al. 2017). HÖRTENHUBER und ZOLLITSCH (2017; Projekt „Efficient cow“) zeigten, dass effizientere Kühe zwar durchgängig bessere produktbezogene Bilanzen bei verschiedenen Wirkungskategorien aufweisen, jedoch hinsichtlich Flächenbezug tendenziell im Nachteil sind.

Schlüsselindikatoren zur Bewertung weiterer ökologischer Wirkungen: Die Verwendung von Schlüsselindikatoren unterscheidet sich von der Ökobilanzierung (LCA) durch eine weniger quantitative Methodik, die Umweltwirkungen (oder Wirkungen anderer Dimensionen, z.B. im sozialen Bereich) werden meist auf einer anderen Ebene bewertet. Es finden durchwegs andere Bezugseinheiten Einsatz, d.h. das Ergebnis wird nicht über den Lebenszyklus (mit vorgelagerten Stufen) je kg Produkt bewertet, sondern beispielsweise für die gesamten Flächen eines Betriebs beewertet.
Zur Einschätzung des betrieblichen Biodiversitätspotenzials der Betriebsflächen wurde für das vorliegende Analyse-Tool ein Scoringsystem in Anlehnung an RUCKLI et al. (2021) erstellt. Eine Vielzahl von einfach zu erhebenden Parametern geht in diese Bewertung ein, die mittels durch Expert*innen vergebene Gewichte aggregiert werden. Zu jedem Parameter wurde eine sogenannte Scaling-Funktion definiert, die einen auf den Betrieben erfassten Wert in eine Zahl zwischen 0 und 1 (entspricht 0 % bis 100 % Nachhaltigkeits-Beitrag) umwandelt. Diese wird dann jeweils mit ihrem Gewicht multipliziert und die Summe aller Produkte „skalierter Betriebswert x Gewicht“ ergibt den Score, d.h. einen Zielerreichungsgrad für Habitatvielfalt (aus 17 Parametern), Artenvielfalt (16 Parameter) oder Genetische Vielfalt (6 Parameter; RUCKLI et al. 2021). Ein ähnliches Scoring könnte z.B. auch für ein „Toxizitätsrisiko“ erstellt werden, wobei mögliche Überschneidungen (Doppelzählungen) zu anderen Scores kritisch zu prüfen sind. So sind bei den drei Scores zu Biodiversitätsthemen bereits einige Schlüsselindikatoren enthalten, die auch in einem Toxizitätsscore enthalten wären.
Ergebnisdarstellung: In einem Spinnendiagramm wie in der Abbildung 1 sind unterschiedliche Kennwerte in einer Grafik gut nebeneinander darstellbar und gut erfassbar. Die spezifischen Vor- und Nachteile „nicht-intensiver“ versus „intensiver“ Produktionssysteme sind aus einer solchen Darstellung einfach abzuleiten, z.B. das gute Abschneiden beim GWP_{100}, bei Landnutzung und Versauerungspotenzial je kg ECM bei „intensiven“ Betrieben. Minimum- und Maximum- oder Durchschnitts- Werte für regional und hinsichtlich Produktionssystem vergleichbarer Betriebe (Benchmarking) könnten z.B. mit grau strichlierten Linien zusätzlich ausgewiesen werden.

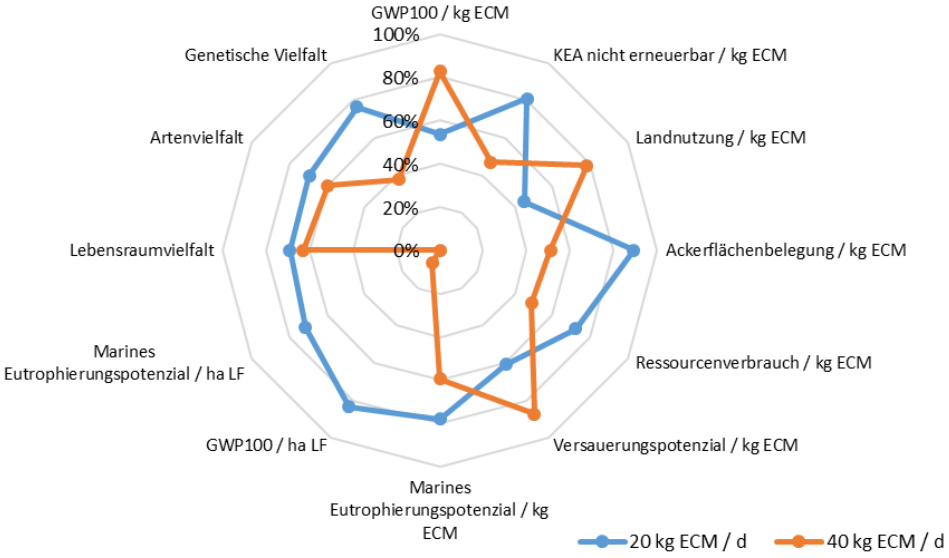


Abbildung 1: **Integrierende Ergebnisdarstellung mehrerer Indikatoren in einem Spinnendiagramm für die exemplarischen Milchproduktionssysteme mit 20 kg ECM bzw. 40 kg ECM Milchleistung**

Für detaillierte Darstellungen können beispielsweise Balkendiagramme mit gestapelten Säulen für Beitragsquellen verwendet werden (siehe Abbildung 2).

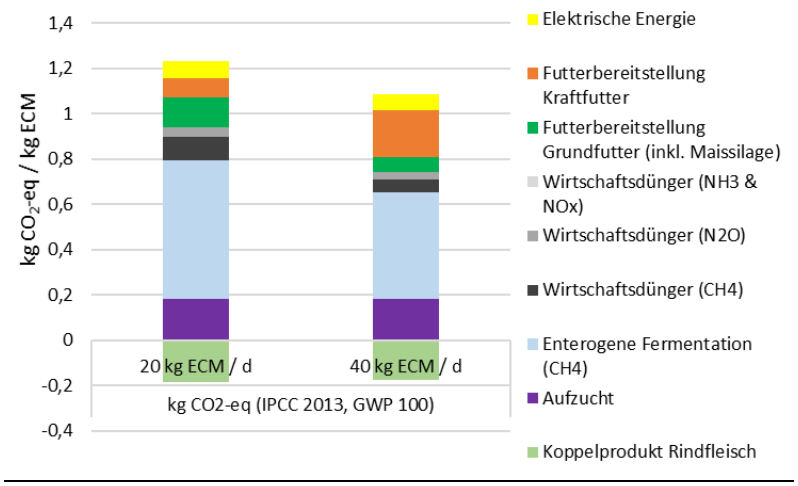


Abbildung 1: **Treibhauspotenzial (GWP_{100} nach IPCC 2013) in kg CO_2-eq je kg energiekorrigierte Milch (ECM) für die exemplarischen Milchproduktionssysteme mit 20 kg ECM bzw. 40 kg ECM Milchleistung**

Übereinstimmung des entwickelten Methodenkonzepts mit anderen Analyse-Tools und Literaturergebnissen: Die hierin getroffene Auswahl von Indikatoren, Wirkungsabschätzungsmethoden oder typischen Ergebnisbereichen (Scaling), siehe Tabelle 1, deckt sich gut mit bisher eingesetzten Analyse-Tools und Literaturergebnissen für Milch (u.a. BERTON et al. 2021) und für andere tierische Erzeugnisse (de VRIES & de BOER 2010). Zum GWP_{100} ermittelten BERTON et al. (2021) beispielsweise eine Spanne von 1,0 bis 1,7 kg CO_2-eq je kg FPCM, bei der Landnutzung 1,4 bis 3,2 m^2 je Jahr und je kg FPCM, was sich gut mit den Spannweiten unserer Ergebnisse deckt. GISLON et al. (2020) ermittelten für Betriebe in Norditalien Werte des Treibhauspotenzials von ca. 1,2 bis ca. 1,5 kg CO_2-eq je kg FPCM. Zusammenfassend lässt sich für viele Indikatoren trotz kleiner methodischer Unterschiede eine gute Übereinstimmung mit aktuellen Literaturergebnissen feststellen, wodurch die Validität der Methode teilweise gegeben erscheint. Emissionsfaktoren, Algorithmen und andere methodische Aspekte wie funktionale Einheiten oder die Setzung der Systemgrenzen der Bewertung sind jedoch immer wieder an einen aktuellen Stand der Wissenschaft anzupassen.
Futtermittel stellen für die meisten der betrachteten Umweltwirkungen die Hauptquelle dar. Sie sind insofern für eine teilweise Validierung der neu entwickelten Methode geeignet. Für eine Reihe von Futtermitteln zeigen die betriebsspezifisch ermittelten Ergebnisse relativ gute Übereinstimmung mit den Standardwerten, die primär von Ecoinvent-Datensätzen berechnet wurden. Bei manchen Futtermitteln kommen die Algorithmen der betriebsspezifischen Bewertung bei gleichen Daten allerdings auf abweichende Ergebnisse (z.B. Gerste und Maissilage). In weiterführenden Projekten sollte insofern an der Weiterentwicklung dieser Algorithmen gearbeitet werden und zur besseren Vergleichbarkeit verschiedener Betriebsergebnisse (Benchmarking) sollten die Standardwerte nicht direkt aus den Ecoinvent-Datensätzen abgeleitet werden, sondern mit den gleichen Algorithmen berechnet werden.

Zusammenfassung

Es gelang im hierin beschriebenen Projekt, ein Konzept für eine "aufwandsreduzierte" betriebsspezifische Ökobilanzierung der Milcherzeugung mit robusten Indikatoren und guter Übereinstimmung mit anderen Analyse-Tools und Literaturergebnissen zu entwickeln. Dabei werden vorhandene Daten rinderhaltender Betriebe (des Rinderdatenverbunds RDV) gut genutzt und nur wenig Daten für eine betriebsspezifische Bewertung von Umweltwirkungen in den Bereichen Tierhaltung, Wirtschaftsdüngermanagement und hofeigener Futteranbau zusätzlich erhoben. Außerdem wurde eine Scoringmethode mit Schlüsselindikatoren für das Beispiel des Biodiversitätspotenzials vorgeschlagen, um die Ökobilanzbewertung von Umweltwirkungen der Milcherzeugung zu vervollständigen. Beispielhafte Ergebnisse zweier Produktionssysteme werden überblicksmäßig mit Spinnendiagrammen und im Detail mit gestapelten Säulen in Balkendiagrammen wiedergegeben.

Abstract

The project described herein succeeded in developing a concept for an "effort-reduced" farm-specific life cycle assessment of milk production with robust indicators and good agreement with other analysis tools and literature results. Existing data of cattle farms (Rinderdatenverbund RDV) are well used and only few data for a farm-specific assessment of environmental impacts in the areas of animal husbandry and manure management and on-farm feed production are additionally collected. Furthermore, a scoring method with key indicators complementing the LCA indicators was proposed for the example of the biodiversity potential. Example results of two production systems are presented in overview with spider diagrams and in detail with columns in bar charts.

Literatur

ADEME, INRAE, 2020: Agribalyse Version 3. In. France. https://agribalyse.ademe.fr (05. Januar 2022).

AMON B, et al., 2019: EMEP/EEA Air pollutant emission inventory Guidebook. Manure management. https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019

BERTON M, BOVOLENTA S, et al., 2021: Environmental impacts of milk production and processing in the Eastern Alps: A “cradle-to-dairy gate” LCA approach. J of Cleaner Production 303.

CURRAN M, de SOUZA D M, et al., 2016: How Well Does LCA Model Land Use Impacts on Biodiversity? – A Comparison with Approaches from Ecology and Conservation. Environ Sci Technol. 50(6), 2782-2795.

EDA (European Dairy Association), 2018: Product Environmental Footprint Category Rules for Dairy Products. https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR-DairyProducts_Feb%202020.pdf

EDER A, BLÖSCHL G, FEICHTINGER F, HERNDL M, KLAMMLER G, HÖSCH J, ERHART E, Strauss P, 2015: Indirect nitrogen losses of managed soils contributing to greenhouse emissions of agricultural areas in Austria: results from lysimeter studies. Nutr Cycl in Agroecosyst, 101(3), 351–364.

GAVRILOVA O, LEIP A, et al., 2019: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. CHAPTER 10. Emissions from livestock and manure management. IPCC.

GISLON G, FERRERO F, et al., 2020: Forage systems and sustainability of milk production: Feed efficiency, environmental impacts and soil carbon stocks. Journal of Cleaner Production, 260, 121012.

HÖRTENHUBER S, ZOLLITSCH W, 2017: Modellierung der Effekte der unterschiedlichen Produktionseffizienz auf der Ebene Einzeltier auf die Treibhausgas-Emissionen relevanter Milchproduktionssysteme. In: EGGER-DANNER C et al., 2017: EfficientCow Endbericht. 311 pp.

MEIER M, HÖRTENHUBER S, et al., 2017: Life cycle assessments of organic foods. https://www.fibl.org/en/shop-en/1020-life-cycle-assessments

NOTARNICOLA B, TASSIELLI G, RENZULLI P A, CASTELLANI V, SALA S, 2017: Environmental impacts of food consumption in Europe. J of Cleaner Production, 140, 753–765.

RUCKLI A K, DIPPEL S, et al., 2021: Environmental Sustainability Assessment of Pig Farms in Selected European Countries: Combining LCA and Key Performance Indicators for Biodiversity Assessment. Sustainability, 13(20), 11230.

STEFFEN W, RICHARDSON K, ROCKSTROM J, et al., 2015: Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1259855–1259855.

STEININGER F., 2018: Effizienz-Check – Was verschenke ich im Milchviehbetrieb? In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein: Abschlusstagung des Projektes FarmLife am 1. und 2. Februar 2018. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning. ISBN 978-3-902849-55-7. 9–12.

de VRIES M, de BOER I J M, 2010: Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. Livestock Science, 128(1–3), 1–11.

WERNET G. et al., 2016: The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment, 21(9), pp. 1218–1230.

Adresse des Autors

Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien

[*] Ansprechpartner: DI Dr. Stefan HÖRTENHUBER, stefan.hoertenhuber@boku.ac.at

Treibhausgas- und Luftschadstoff-Emissionen und Minderungspotenziale in der Nutztierhaltung unter besonderer Berücksichtigung der Fütterung

Greenhouse gas and air pollutant emissions from livestock and mitigation options with a focus on feeding

Stefan J. Hörtenhuber*, Verena Größbache[1] und Werner J. Zollitsc[1]

Einleitung

In der Österreichischen Treibhausgas- und Luftschadstoff-Inventur (OLI; siehe ANDERL et al. 2021ab) werden Emissionen nach internationalen aktuellen Richtlinien berechnet, deren Grundlagen ständig aktualisiert werden. Die Fütterungspraxis hat sich in den letzten 20 Jahren geändert, die OLI wurde in diesem Bereich aber seither kaum angepasst. In der vorliegenden Arbeit wurde die OLI im Bereich der Fütterung adaptiert, um aktuelle Praktiken und Maßnahmen abzubilden.
Im vom BMLRT geförderten Projekt „MiNutE“ wurde die Berechnung von Treibhausgas- und Luftschadstoff-Emissionen für Rinder und Schweine betreffend Fütterung und Ausscheidungen gemäß den revidierten Richtlinien IPCC-2019 (Tier2; GAVRILOVA et al. 2019) überarbeitet. Die neuen Berechnungsalgorithmen, deren Datengrundlage und Ergebnisse wurden in einem weiteren Schritt in die OLI integriert. In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse zu CH_4-Emissionen und Stickstoff (N_{ex})- sowie potenziell flüchtigen Kohlenstoff-Ausscheidungen (VS_{ex}) exemplarisch für die Basisjahre 1990 und 2005 sowie das letzte bewertete Jahr 2020 präsentiert und dabei eingetretene sowie zukünftige Verbesserungsoptionen erörtert.

Material und Methoden

Berechnungsmethode AKTUALISIERT: Für Rinder und Schweine wurden als Basis die revidierten Tier 2-Richtlinien von IPCC-2019 (GAVRILOVA et al. 2019) angewendet, welche als detaillierte Stufe 2 die Emissionen mit nationalen Daten und vorgegebenen Berechnungsmethoden ermittelt.
Berechnungsmethode BISHER: Wichtige Elemente der bisherigen Methode im Bereich der Fütterung stammen u.a. aus GFE (2001) für Rinder, aus Messungen nach SCHECHTNER (1991), national berechneten Ausscheidungswerten (PRILLER 2004) und IPCC (1996, 2006)-Faktoren für CH_4-Emissionen (Tier 1-Standardwerte) für Schweine.
Tiere: Die Tierzahlen wurden grundsätzlich wie bisher von der STATISTIK AUSTRIA (s.a.) übernommen. Für eine genauere Unterteilung der Rinder in 25 Tierkategorien wurden in der aktualisierten Version Daten der AMA und der ÖFK zu Schlachtungen (MADER 2021) sowie eine Expertenschätzung (MINIHUBER 2021) hinzugezogen.
Charakteristik von Lebendmasse (-Entwicklungen), Milch- oder Ferkel-Leistungen, Haltungssystemen und Aktivität, Energiebedarf und Rationszusammensetzung, usw.: Für jede Tierart und -kategorie wurden über 20 teils aggregierte Parameter aus Richtlinien, Statistik, Fachliteratur, Daten von Erzeugerverbänden, Futtermittelanalysen und Rationsberechnungen sowie umfassender Expertise von u.a. Fütterungsberatern ermittelt. Diese wurden oft aus großen Datensammlungen wie beispielsweise Untersuchungsergebnissen aus dem Futtermittellabor Rosenau abgeleitet. Nähere Details sind im Endbericht zur MiNutE-Studie (HÖRTENHUBER et al. 2022) zu finden.
Erzeugte Produkte: Wie in der Ökobilanzierung üblich, wurden Ausscheidungen und Emissionen auf die Bezugsgröße Protein aus Rohmilch und Fleisch bezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Ein erstes Ergebnis der Studie stellen Werte für den täglichen Bruttoenergiebedarf je Tierkategorie, Verdaulichkeiten, Rohprotein (XP)- oder Rohasche (XA)-Gehalte je Tierkategorie von Rindern und Schweinen dar (Tabelle 1). Diese wurden in weiterer Folge zur Ableitung von enterischem CH_4, potenziell flüchtigen Kohlenstoffverbindungen (VS_{ex}) und Stickstoff in den Ausscheidungen (N_{ex}) herangezogen.

Tabelle 1: **Wichtige Zwischenergebnisse zur Ableitung von enterischen CH_4-Emissionen, VS_{ex} und N_{ex} mit der neuen Berechnung nach IPCC (2019)**

	Jahr	Milch kühe	Mut-terkühe	Kalbinnen 1-2 Jahre	Mastkalbinnen Stiere, Ochsen 1-2 Jahre	Rinder <1 Jahr	Rinder >2 Jahre	Zucht-schweine	Mast-schwei ne	Ferkel
BE- Auf-nahme* (MJ)	1990	253,80	231,81	175,42	178,09	75,88	163,35	43,70	10,94	1,88
	2005	290,60	247,64	171,16	175,49	83,73	158,62	45,12	10,77	1,88
	2020	315,27	252,76	176,12	177,07	82,26	167,14	51,17	11,05	1,84
Y_M** (%)	1990	6,50	6,50	6,30	6,30	4,34	6,30	2,04	1,00	0,33
	2005	6,40	6,50	6,30	6,30	4,49	6,30	2,10	1,03	0,36
	2020	6,30	6,50	6,30	6,30	3,84	6,30	2,38	1,07	0,34
Verdau-lichkeit (%)	1990	66,5	65,3	65,1	73,5	83,5	66,7	75,2	79,9	78,4
	2005	69,4	66,0	65,1	73,0	80,8	65,7	75,3	80,1	78,4
	2020	71,6	66,0	65,1	72,1	82,8	66,0	76,3	82,0	80,8
XA-Ge-halt (kg/kg)	1990	0,083	0,110	0,102	0,069	0,081	0,090	0,066	0,047	0,059
	2005	0,082	0,110	0,102	0,072	0,085	0,092	0,057	0,047	0,059
	2020	0,081	0,110	0,102	0,079	0,083	0,088	0,058	0,048	0,059
XP-Ge-halt (kg/kg)	1990	0,137	0,119	0,118	0,121	0,171	0,119	0,174	0,181	0,183
	2005	0,139	0,120	0,118	0,120	0,169	0,119	0,165	0,175	0,179
	2020	0,146	0,120	0,118	0,119	0,175	0,119	0,149	0,161	0,171

* BE = Bruttoenergie in MJ je Tier & Tag; ** Y_M = Methankonversionsfaktor in %

Die jährlichen Gesamt-Ergebnisse der aktualisierten Methode in Gg (bzw. kt) für Rinder und Schweine für die CH_4-Emissionen der enterogenen Fermentation, für N_{ex} und VS_{ex} sind in der folgenden Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: **Jährliche Emissionen an enterischen CH_4-Emissionen, VS_{ex} und N_{ex} von Rindern und Schweinen (unbelegte Jungsauen sind bei Mastschweinen enthalten)**

		Neue Ergebnisse (aktualisiertes Inventar) / Bisherige Ergebnisse			
	Jahr	Milchkühe	Andere Rinder	Zuchtschweine	Mastschweine
CH_4 (Gg)	1990	97,9 / 95,2	60,3 / 88,0	0,8 / 2,1	2,4 / 3,5
	2005	65,2 / 65,5	72,7 / 90,5	0,6 / 1,6	2,0 / 3,1
	2020	68,4 / 72,3	62,47 / 78,4	0,5 / 1,3	1,9 / 2,9
N_{ex} (Gg)	1990	82,4 / 69,3	74,3 / 67,1	8,7 / 11,1	33,7 / 25,1
	2005	51,8 / 50,5	76,4 / 69,2	6,4 / 8,9	27,3 / 21,8
	2020	56,1 / 56,7	68,6 / 60,4	4,6 / 6,4	22,7 / 19,6
Vs_{ex} (Gg)	1990	1553,8 / 1486,5	1156,2 / 1092,8	81,2 / 114,7	332,2 / 295,4
	2005	968,5 / 929,4	1336,0 / 1208,3	64,6 / 94,7	283,2 / 258,7
	2020	965,6 / 971,4	1154,5 / 1031,4	51,1 / 69,2	243,9 / 234,8

Aus den Zahlen der Tabelle 2 lässt sich die Dominanz der Rinder betreffend Emissionen und Ausscheidungen innerhalb dieser Nutztierarten erkennen: Bei enterischen CH_4-Emissionen machen die Milchkühe im Durchschnitt 53 %, die anderen Rinder 45 % und alle Schweine gemeinsam nur 2 % aus; bei N_{ex} stammen 37 % von Milchkühen, 43 % von anderen Rindern, knapp 4 % von Zuchtschweinen (exkl. unbelegten Jungsauen) und über 16 % von Mastschweinen (inkl. unbelegten Jungsauen); für VS_{ex} lauten die entsprechenden Werte rund 43 %, 45 %, 2 % und 10 %.

Enterische Methanemissionen: Diese fallen in allen Kategorien und Jahren bei der Berechnung nach IPCC-2019 niedriger als mit der bisherigen Methode aus. Die einzige Ausnahme stellen Milchkühe im Jahr 1990 dar, weil dafür ein geringerer Bruttoenergiebedarf bei der bisherigen Methode berechnet wurde. Der stärkste Rückgang enterischer CH_4-Emissionen tritt in der Kategorie „Andere Rinder“ auf (Tabelle 2). Dort sind alle Rinder ausgenommen Milchkühe zusammengefasst. Der Hauptgrund für die Differenz ist die detailliertere Berechnung mit vielen Rinder-Unterkategorien, wobei für die mit Milch gefütterten Kälber gemäß IPCC-2019 keine enterischen CH_4-Emissionen berechnet wurden. Bei

Schweinen wurden die enterischen Methanemissionen bisher mit Tier1-Werten berechnet, der Rückgang der Emissionen ist insofern eine Konsequenz der Anwendung einer IPCC-2019 Tier2-Methode mit definierten national typischen Futterrationen.

Stickstoffausscheidungen (N_{ex}): Im Durchschnitt der drei betrachteten Jahre 1990, 2005 und 2020 stammen 37 % aller N_{ex} der beiden Tierarten von Milchkühen, 43 % von anderen Rindern, nur 4 % von Zuchtschweinen und 16 % von Mastschweinen. Die Ergebnisse sind nach der Neuberechnung nach IPCC-2019 größtenteils höher. Die bisherigen Berechnungen setzten für die Milchkühe im Jahr 1990 einen relativ geringen Rohprotein (XP)-gehalt der Durchschnittsration auf Basis des theoretischen Bedarfs an. Die neuen Berechnungen spiegeln dagegen Praxisbedingungen besser wider, da die Daten dafür aus Betriebserhebungen stammen. Höhere N_{ex} der anderen Rinder mit IPCC-2019 ergeben sich primär aus der Einbeziehung des Futtermittels Milch bei Kälbern. Bei Zuchtschweinen sind gegenüber früheren Ergebnissen niedrigere N_{ex} und bei Mastschweinen höhere N_{ex} zu beobachten. Dies ist teilweise auf eine geänderte Zuordnung der Tierunterkategorien zurückzuführen. Jungsauen vor der ersten Besamung wurden von den Zuchtsauen abgezogen und den Mastschweinen zugerechnet, da sie ähnlich gefüttert werden. Darüber hinaus ergeben sich bei der neuen Berechnung nach IPCC-2019 höhere N_{ex} bei Mastschweinen (inkl. Ferkel ab 8 kg Lebendmasse), die aus einer detaillierteren Bewertung der Unterkategorie der Absetzferkel (bis 32 kg) mit höheren XP-Gehalten resultiert.

Potenziell flüchtige Kohlenstoffverbindungen (VS_{ex}): Durchschnittlich entfielen 43 % der VS_{ex} auf Milchkühe, 45 % auf andere Rinder, 2 % auf Zuchtschweine und 10 % auf Mastschweine. Die Berechnung von VS_{ex} nach der neuen Methode IPCC-2019 führte meist zu höheren Emissionsmengen, die bei Milchkühen (1990, 2005) auf den höheren Bruttoenergiebedarf gemäß IPCC-2019 zurückzuführen sind. Bei den anderen Rindern resultierte die stärkere Differenzierung häufig in einer geringeren Aufnahme an verdaulicher Energie und damit in deutlich höheren VS_{ex}-Werten. Geringere VS_{ex} bei Zuchtschweinen und höhere VS_{ex} bei Mastschweinen sind zum Teil auf die Verschiebung von unbelegten Jungsauen von Zucht- zu Mastschweinen zurückzuführen. Ein wichtiger Unterschied ergibt sich auch durch die Berechnung von VS_{ex} auf der Grundlage ermittelter Durchschnittsrationen bei der aktualisierten Methode nach IPCC-2019 anstelle von Messwerten nach SCHECHTNER (1991).

Unsicherheiten: Für die neuen, nach der IPCC-2019-Methode berechneten Werte wurden erstmals Unsicherheitsbereiche für die Ausscheidungen und Emissionen ermittelt. Die Standardabweichungen nach Monte Carlo Simulationen für enterisches CH_4 betragen im Mittel der Jahre 1990, 2005 und 2020: ± 10,3 % bei Milchkühen, ± 10,4 % bei anderen Rindern, ± 20,5 % bei Zuchtschweinen und ± 20,2 %, bei Mastschweinen. Für N_{ex} betragen die entsprechenden Standardabweichungen ± 9,7 %, ± 8,5 %, ± 7,1 % und ± 7,2 %, für VS_{ex} ± 8,0 %, , ± 8,4 %, ± 4,8 % und ± 4,8 %.

Emissionen und Ausscheidungen je produzierter Produkteinheit: Pro Tier und Jahr stiegen die Emissionen und Ausscheidungen für alle Rinder- und Schweinekategorien an. Bei Milchkühen stieg allerdings die Produktion von Milch- und Fleischprotein jährlich um +99 % (von 130,7 kg im Jahr 1990 auf 260,1 kg im Jahr 2020), was fast ausschließlich auf den deutlichen Anstieg der Milchleistungen zurückzuführen ist. Weil der Erhaltungsbedarf je erzeugter Produkteinheit aber deutlich abnimmt, sanken die enterischen CH_4-Emissionen und die Ausscheidungen pro kg XP um 40 % und mehr (-40 % für enterisches CH_4, -41 % für N_{ex} und -46 % für VS_{ex}). Bei den anderen Rindern zeigten sich Schwankungen zwischen 1990 und 2010 aufgrund wechselnder Tierzahlen in den Unterkategorien, die Emissionen pro kg XP nahmen von 1990 bis 2020 um -30 % bei CH_4, -31 % bei N_{ex} und -26 % bei VS_{ex} ab.

Bei Zuchtschweinen gingen die Emissionen je kg XP zurück (-11,8 % bei CH_4, -28,2 % bei N_{ex}, -14,7 % bei VS_{ex}), vor allem aufgrund einer höheren Anzahl abgesetzter Ferkel pro Sau und Jahr. Bei Mastschweinen einschließlich Absetzferkel sanken die Emissionen pro kg XP um -2,6 % (CH_4), -19,5 % (N_{ex}) und -12,3 % (VS_{ex}).

Minderungsmaßnahmen: Minderungspotenziale ergeben sich durch eine Reduktion der Tierzahlen bei ähnlich bleibendem Produktionsumfang, d.h. durch Leistungssteigerungen und damit verbundener, relativer Reduktion des Erhaltungsbedarfs. Diese waren insbesondere in den 1990er-Jahren stark ausgeprägt. Fortschritte in Fütterung und Zucht haben hier wichtige Beiträge geleistet. Diese Verbesserungen sind nun durch die Überarbeitung der Berechnungsmethode besser abgebildet. Auch in den nächsten Jahren lässt sich eine weitere, jedoch abnehmende, Reduktion von Emissionen und Ausscheidungen je kg Produkt infolge von Leistungssteigerungen erwarten.

Sowohl bei Rindern als auch bei Schweinen ist eine Reduktion der N_{ex}, v.a. über eine Absenkung der Rohproteingehalte in den Rationen, wichtig. Nach SAJEEV et al. (2018) besteht für Rinder ein grund-

sätzlich größeres NH_3-Reduktionspotenzial durch Rohproteinabsenkung als für Schweine. PREISSINGER et al. (2018) zeigten, dass eine sehr ausgeprägte Absenkung des Rohproteingehalts unter Zugabe von essentiellen Aminosäuren die Mast- und Schlachtleistung von Schweinen kaum beeinträchtigt. Die Stickstoffausscheidungen konnten je Tier bzw. je kg Lebendmassezunahme bei einer maximal N-reduzierten gegenüber einer stark N-reduzierten Fütterung allerdings noch um weitere 20 % vermindert werden.

Zusätzliche Minderungspotenziale könnten sich aus dem Einsatz von Futterzusatzstoffen ergeben, die in der derzeitigen Tierhaltungspraxis noch kaum eingesetzt und daher hier nicht berücksichtigt werden. Diese Futterzusatzstoffe sind häufig noch zu wenig für die breite Anwendung in der Praxis untersucht. Publizierte Emissionsminderungspotenziale variieren aufgrund der spezifischen Versuchsbedingungen teilweise stark. Wirkstoffe wie Tannine, Saponine oder ätherische Öle können eine verbesserte N-Verwertung und reduzierte NH_3-Emissionen bewirken (ADEJORO et al. 2019).

Für Rinder liegt der Fokus des Einsatzes von Futterzusatzstoffen häufig auf der verminderten enterischen Fermentation, für Schweine und Geflügel eher im Bereich der Stickstoffverwertung bzw. Ammoniakreduktion. Für diese Tierarten werden sowohl chemisch-synthetische als auch pflanzliche Futterzusatzstoffe experimentell erprobt oder in Feldversuchen eingesetzt. Beispiele dafür sind bei Rindern das ätherische Öle enthaltende „Agolin Ruminant“ (BELANCHE et al. 2020) oder das Tanninen, Saponinen, ätherischen Ölen und weiteren Pflanzenwirkstoffen enthaltende „Phytopass“ (auch „Actifor“; BALLARD et al. 2011). Typische Reduktionspotenziale von pflanzlichen Futterzusätzen zeigen -3 % bis ca. -15 % enterisches CH_4 (KNAPP et al. 2014, HÖRTENHUBER et al. 2021). Vielfach wird aber auch auf mögliche Gewöhnungseffekte der Pansenmikrobenflora an bestimmte Wirkstoffe und somit ein vermindertes Reduktionspotenzial hingewiesen. Außerdem könnten nach einer durch Futterzusatzstoffe verursachten Reduktion des enterogenen CH_4 in der Folge höhere CH_4-Emissionen aus den Wirtschaftsdüngern auftreten (HINDRICHSEN et al., 2006). Ein entsprechendes Potenzial dürften neue synthetische Wirkstoffe wie v.a. das von der EFSA (2021) zugelassene „3-Nitrooxypropanol (3-NOP)“ besitzen. Die oben genannten Limitierungen der Futterzusatzstoffe sind auch bei synthetischen Mitteln zu untersuchen. Zum derzeitigen Zeitpunkt kann insofern nicht für alle Futterzusatzstoffe eine klare Empfehlung gegeben werden. Hinsichtlich der angesprochenen Aspekte besteht offensichtlich noch Forschungsbedarf.

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie beschreibt die Konsequenzen aus der Überarbeitung der Österreichischen Treibhausgas- und Luftschadstoff-Inventur (OLI), mit der bereits umgesetzte und potenzielle Fütterungsmaßnahmen besser abgebildet werden sollten. Rinder und dabei v.a. die Milchkühe verursachen den größten Anteil der mit der Fütterung verbundenen enterischen CH_4-Emissionen, der N_{ex} und der VS_{ex}-Ausscheidungen. Unterschiede zu den bisherigen Berechnungen der OLI werden für relevante Tierkategorien aufgezeigt. Erstmals werden für die Ergebnisse der überarbeiteten Berechnungen ermittelte Unsicherheitsbereiche ausgewiesen. Die Emissionen und Ausscheidungen werden auf erzeugte Proteinmengen bezogen, wobei sich Vorteile über die Zeitreihe von 1990 bis 2020 aufgrund von Leistungssteigerung und Tierzahlenreduktion zeigen. Abschließend werden zusätzliche, zukünftige Minderungspotenziale erörtert, die sich durch Rohproteinabsenkungen und Einsatz von Futterzusatzstoffen ergeben können.

Abstract

This study describes the impact of a revision of the Austrian Greenhouse Gas and Air Pollutant Inventory (OLI) with a focus on feeding. This was done to better reflect current feeding practices and potential measures. Cattle – in particular dairy cows – show the largest contribution of enteric CH_4 emissions, N_{ex}, and VS_{ex} excretion, which are directly associated with feeding. Differences from previous OLI are highlighted specifically. For the first time, uncertainty ranges are identified for the results of the revised calculations. Emissions and excreta are related to produced quantities of protein, showing benefits over the time series from 1990 to 2020 due to increased performance and concomitantly reduced animal numbers. Finally, additional future mitigation potentials are discussed, which may result from reductions of dietary crude protein and the use of feed additives.

Literatur

ANDERL M., et al., 2021a: Austria´s National Inventory Report 2021 (REP-0761; p. 807). Umweltbundesamt.
ANDERL M., et al., 2021b: Austria‘s Informative Inventory Report (IIR) 2021 (REP-0762; p. 541). Umweltbundesamt.
ADEJORO F A, HASSEN A, AKANMU A M, 2019: Effect of Lipid-Encapsulated Acacia Tannin Extract on Feed Intake, Nutrient Digestibility and Methane Emission in Sheep. Animals 9(11), 863.
BELANCHE A, NEWBOLD C, MORGAVI D, Bach A, ZWEIFEL B, YÁÑEZ-RUIZ D, 2020: A Meta-analysis Describing the Effects of the Essential oils Blend Agolin Ruminant on Performance, Rumen Fermentation and Methane Emissions in Dairy Cows. Animals 10(4), 620.
BALLARD V, AUBERT T, TRISTANT D, SCHMIDELY P, 2011: Effects of plants extracts on methane production and milk yield for dairy cows. 18, 141.
EFSA, 2021: Safety and efficacy of a feed additive consisting of 3-nitrooxypropanol (Bovaer® 10) for ruminants for milk production and reproduction (DSM Nutritional Products Ltd). EFSA Journal 19(11).
GAVRILOVA O, LEIP A, DONG H, et al., 2019: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. CHAPTER 10. Emissions from livestock and manure management. IPCC.
HINDRICHSEN I K, WETTSTEIN H-R, MACHMÜLLER A, KREUZER M, 2006: Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry at different milk production scenarios with and without concentrate supplementation. Agr, Ecosyst & Environ 113(1), 150–161
HÖRTENHUBER S, GRÖSSBACHER V, WEISSENSTEINER R, VEIT M, ZOLLITSCH W, 2021: Mitigation potential for greenhouse gases and ammonia of a commercial phytogenic feed additive for dairy cows. In (Gierus, M, Kube, K, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie, Ed.) Tagungsband 19. BOKU-Symposium TIERERNÄHRUNG. Tierernährung zwischen Tierwohl und Umweltschutz. ISBN 978-3-900932-72-5
HÖRTENHUBER S, GRÖSSBACHER V, WEISSENSTEINER R, ZOLLITSCH W, 2022: Minderungspotenziale zu Treibhausgas- und Luftschadstoff- Emissionen aus der Nutztierhaltung unter besonderer Berücksichtigung ernährungsbezogener Faktoren (MiNutE). Endbericht DAFNE-Projekt 101449.
IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE), 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html
KNAPP J R, LAUR G L, VADAS P A, WEISS W P, TRICARICO J M, 2014: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. J Dairy Sci. 97(6), 3231–3261.
MADER M, 2021: Persönliche Mitteilung vom 13.08.2021
MINIHUBER J, 2021: ARGE Rind; Persönliche Mitteilung vom 01.07.2021
PREISSINGER W, PROPSTMEIER G, SCHERB S, HTOO J, MÜLLER M, 2018: Minimierung des Sojaeinsatzes in der Mast von Schweinen (Schweinefütterungsversuch S 91). https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/157718_versuchsbericht.pdf
PRILLER H, 2004: Berechnung der N-Ausscheidung für Schweine. Dokument zur Fütterungsberatung an den Landwirtschaftskammern. 10 p.
SAJEEV E P M, AMON B, AMMON C, ZOLLITSCH W, WINIWARTER W, 2018: Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 110(1), 161–175.
STATISTIK AUSTRIA, s.a.: Viehbestand. https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/viehbestand_tierische_erzeugung/viehbestand/index.html

Adresse der Autoren

Institut für Nutztierwissenschaften, Department für nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien

[*] Ansprechpartner: DI Dr. Stefan HÖRTENHUBER, stefan.hoertenhuber@boku.ac.at

Einfluss nachhaltigkeits- & gesundheitsbezogener Produktinformationen auf die sensorische Akzeptanz bei unterschiedlichen Ernährungsformen

The influence of sustainability- and health-related product information on sensory acceptance differentiated according to diets

Katharina Janecek und Kathrin Heim*

Einleitung

Die Zahl der Menschen, die ihre Ernährung umstellen und eine überwiegend pflanzliche Ernährung der traditionellen Mischkost vorziehen, nimmt stetig zu. Die Zahl der Veganer*innen und Vegetarier*innen in Mitteleuropa lag 2019 bei rund acht Prozent, die der Flexitarier*innen, die nur gelegentlich Fleisch essen, sogar bei 17 Prozent. (KEYQUEST 2020) Die Gründe für die Abkehr von tierischen Produkten sind dabei vielfältig. (KIRSTEN, SEIB-PFEIFER, LÜTH und ROSENFELD 2020)
Insbesondere in der Gruppe der Menschen mit einer pflanzenbasierten Ernährung besteht ein erhöhtes Bewusstsein für die Umweltauswirkungen in Bezug auf die gekauften Produkte und die daraus resultierende Thematik des ökologischen Fußabdrucks. (MALEK & UMBERGER, 2021) Neben Umweltaspekten ist für Veganer*innen und Vegetarier*innen das Tierwohl ein sehr wichtiger Faktor bei der Auswahl ihrer Lebensmittel, während für Mischköstler*innen vor allem der Geschmack der Lebensmittel im Vordergrund steht. (KIRSTEN, SEIB-PFEIFER, LÜTH und ROSENFELD 2020)
Neben dem Umweltschutz gilt auch der erwartete höhere gesundheitliche Nutzen als Motiv für die Bevorzugung vegetarischer und veganer Lebensmittel unter den Fleischvermeider*innen. (TUORILA und HARTMANN 2020)
Hinweise darauf, dass Gesundheits- oder Nachhaltigkeitsaspekte wichtige Einflussfaktoren bei der Bewertung von Produkten darstellen können, finden sich bereits in einer Vielzahl von Publikationen. (KONGSTAD und GIACALONE 2020; SILVA, SODRE BIOTO, EFRAIM und de CASTILHO QUEIROZ 2017) Inwiefern diese Beeinflussbarkeit gleichermaßen auf die Sinneswahrnehmung bzw. die Produktbewertung von Mischköstler*innen und Personen mit pflanzlicher Ernährung zutrifft, war bisher noch nicht geklärt. Ziel dieser Arbeit war es daher, die mögliche Rolle der gelebten Ernährungsform auf die uninformierte vs. informierte Beurteilung eines neu entwickelten Snack-Produkts auf Ölpresskuchenbasis zu erheben.
Im Vorfeld wurde aufgrund der Literaturrecherche davon ausgegangen, dass sich Menschen mit einer pflanzenbasierten Ernährung stärker für die Themen Nachhaltigkeit und die Verwendung von Nebenprodukten sowie die Vermeidung von Lebensmittelabfällen interessieren und dass ihre individuelle Akzeptanz neuer Produkte mit ähnlichen Ansprüchen beeinflusst werden.

Material und Methoden

Studiendesign: Die Produktprototypen wurden von vier Probandengruppen (39 Mischköstler*innen mit Konzept, 41 Mischköstler*innen ohne Konzept, 61 Personen mit pflanzenbasierter Ernährungsform mit Konzept, 46 Personen mit pflanzenbasierter Ernährungsform ohne Konzept) im Rahmen einer hedonisch-sensorischen Prüfung verkostet. Das Konzept der Experimentalgruppen enthielt sowohl gesundheits- als auch nachhaltigkeitsbezogene Informationen zum Verkostungsprodukt. Bei dieser Verkostung sollten einerseits die Akzeptanz der Produkte ermittelt, und andererseits mögliche Unterschiede zwischen den Präferenzen und des Effektes der Informationsgabe in den verschiedenen Ernährungsgruppen festgestellt werden.
Da durch das pseudo-experimentelle Design dieser Forschungsarbeit nur je die Hälfte der Befragten das Produktkonzept zur Durchsicht erhielt und je einer verblindeten Gruppe gegenübergestellt wurde, ließ sich der direkte Einfluss der zusätzlichen Informationen auf die Akzeptanz der Proband*innen einschätzen. So ließen sich Rückschlüsse auf den Einfluss gesundheits- und nachhaltigkeitsbezogener Informationen auf die Wahrnehmung des abgetesteten Produktes ziehen. Zudem konnte erhoben werden, inwiefern sich Mischköstler*innen und Nicht-Mischköstler*innen in ihrer sensorischen Beeinflussbarkeit hinsichtlich dieser Marketinginformationen bei neuen Produkten unterscheiden oder gleichen. Aufgrund der vorherrschenden Corona-Pandemie und der damit verbundenen Maßnahmen und Einschränkungen wurden der Akzeptanztest online im „Home Use Setting“ durchgeführt.

Stimulusmaterial: Aufgrund der steigenden Nachfrage nach Produkten mit gesundheitlichem Nutzen und dem Trend zu kleinen Snacks und Snacks statt großen Hauptgerichten (RÜTZLER 2021) wurde die Produktkategorie der Snackprodukte als Geschmacksreiz gewählt. Die besagten Prototypen waren vegane, proteinreiche Cracker auf Ölpresskuchenbasis (Leinsamen-Presskuchen und Kürbiskern-Presskuchen), die speziell auf die Bedürfnisse der Zielgruppen von Menschen mit pflanzlicher Ernährung und Flexitarier*innen abgestimmt sind.
Statistische Datenauswertung: Die Studie wurde mit verschiedenen ANOVA´s und dem Benjamini-Hochberg Post-hoc-Test ausgewertet, wobei die Informationsbereitstellung als Between-Subjects-Faktor und die Art der Ernährung als Within-Subjects-Faktor diente.

Ergebnisse und Diskussion

Wie Abbildung 1 zu entnehmen ist, fiel die Bewertung in der Kontrollgruppe für alle Attribute im Durchschnitt etwas schlechter aus als in der durch das Konzept beeinflussten Experimentalgruppe. Mit Ausnahme der Variable „Geruch“ zeigten sich bei allen Variablen signifikante Unterschiede in der Bewertung zwischen den Gruppen, was durch die Sternchen in der Abbildung verdeutlicht wird.

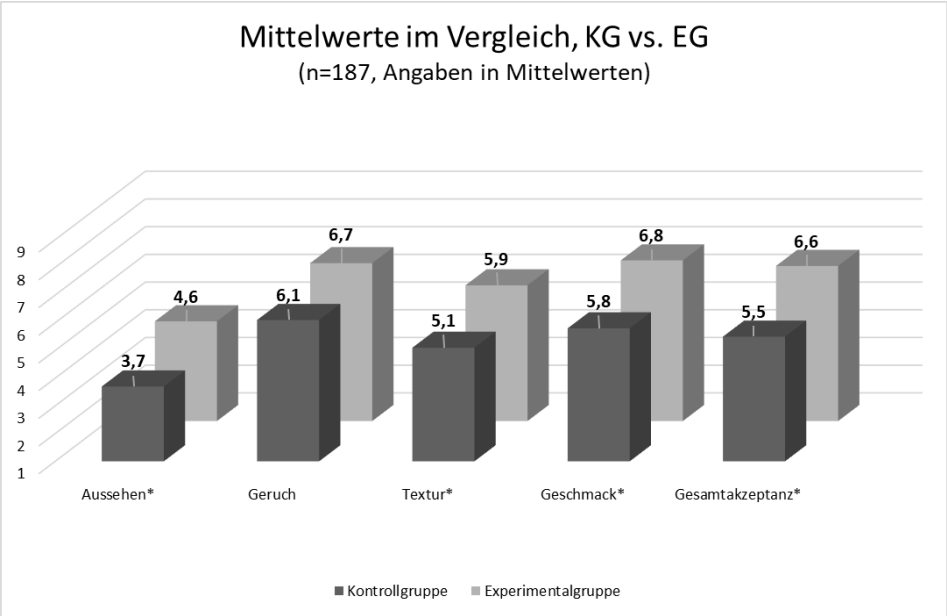


Abbildung 1: **Mittelwerte im Vergleich zwischen Kontroll- und Experimentalgruppen, eigene Darstellung**

Zwischen den Ernährungsformen innerhalb der Experimental- und Kontrollgruppen konnten zwar keine signifikanten Unterschiede in den Produktgruppen beobachtet werden, tendenziell wurde das Produkt von den Personen mit pflanzenbasierter Ernährungsform jedoch weitgehend positiver beurteilt als von den Mischköstler*innen.
Die insgesamt höchsten Bewertungen wurden in der Gruppe der Personen mit pflanzenbasierter Ernährungsform mit Konzept erzielt.
Die Ergebnisse des durchgeführten sensorischen Akzeptanztests zeigen damit, dass eine verbale Produktbeschreibung für nachhaltigkeits- und gesundheitsbezogene Informationen die sensorische Akzeptanz eines neuartigen Snackprodukts auf Basis von Ölpresskuchen signifikant positiv beeinflussen kann. Entsprechend lässt sich in dieser Arbeit ein deutlicher „Halo-Effekt“ der Zusatzinformationen und damit ein direkter Einfluss auf die Produktwahrnehmung der Probanden*innen nachweisen.
Die Ergebnisse dieser Arbeit geben aufschlussreiche Einblicke in die Sinneswahrnehmung von Menschen mit unterschiedlichen Ernährungsweisen und geben einen Eindruck davon, welchen Einfluss nachhaltigkeits- und gesundheitsbezogene Produktinformationen auf die Akzeptanz neuer Produkte in unterschiedlichen Zielgruppen haben können. Lebensmittelproduzent*innen können die gewonnenen Erkenntnisse nutzen, um die wichtige Rolle von produkt- und zielgruppenspezifischem Marketing besser einschätzen zu können.

Zusammenfassung

Die Zahl jener Personen, die eine vorwiegend pflanzliche Diät der traditionellen Mischkost vorziehen, ist stetig im Steigen. Neben dem Tierwohl fällt für viele Personen besonders der Schutz und die Schonung der Umwelt, sowie der Gesundheitsnutzen der Nahrung ins Gewicht.
Der Beantwortung der Fragen, inwiefern diese Entscheidungskriterien, auch die Art und Weise, wie sie neue Lebensmittel sensorisch bewerten und konsumieren, beeinflussen und wie stark sich wiederum Mischköstler*innen von gesundheits- und nachhaltigkeitsbezogenen Informationen in ihrer sensorischen Bewertung beeinflussen lassen, wurde sich in der aktuellen Studie durch Anwendung eines pseudo-experimentellen Studiendesigns genähert.
Um potenzielle Unterschiede und/oder Übereinstimmungen in der Bewertung eines Snackproduktes auf Ölpresskuchenbasis zu erheben, wurde ein Produktkonzept eingesetzt, das sich vorwiegend auf die ökologischen und gesundheitlichen Vorteile des Produktes bezieht.
Die Ergebnisse zeigen, dass das Produktkonzept einen signifikant positiven Einfluss auf die Probenbewertung ausübte, was auf einen „Halo-Effekt“ der vorgelegten Informationen hindeutet.

Abstract

The number of people who change their diet and prefer a predominantly plant-based diet to the traditional mixed diet is steadily increasing. In addition to animal welfare, ecological or environmental impacts as well as the health benefits of food are particularly important for many people. The aim of the current study was to find out, how far these decision criteria influence the way in which people evaluate and consume novel food and to what extent omnivores are influenced by health and sustainability-related information in their sensory evaluation, by using a pseudo-experimental study design.
In order to identify potential differences and/or similarities in the evaluation of an oil press cake-based snack product, a product concept was used that primarily refers to the ecological and health benefits of the product.
The results show that the product concept leads to a significant positive influence on the sample evaluation, indicating a 'halo effect' of the information presented.

Literatur

KEYQUEST, 2020: Aktuelle Zahlen und Fakten – Regal Fach-Forum Fleisch |Wurst | Feinkost. Erhebung durch KeyQUEST Marktforschung GmbH. Regal – Das Fachjournal. https://regal.at/media/pages/veranstaltungen/regal-veranstaltungen/regal-fach-forum-fleisch-wurst-feinkost-2020/vortraege/aktuelle-zahlen-und-fakten/00f7c9ec20-1583231146/regal-fach-forum-fleisch_wurst_feinkost_13_02_2020_keyquest_mayr.pdf

KIRSTEN H, SEIB-PFEIFER L, LÜTH C, ROSENFELD D, 2020: Validation and application of a German version of the Dietarian Identity Questionnaire: Revealing differences between omnivores, vegetarians, and vegans. University of Bonn, Germany; University of California, USA. Food Quality and Preference 86 (2020). doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103988

KONGSTAD S, GIACOLONE D, 2020: Consumer perception of salt-reduced potato chips: Sensory strategies, effect of labeling and individual health orientation. Dept. of Technology and Innovation, University of Southern Denmark, Odense, Denmark. Food Quality and Preference 81 (2020) 103856. doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103856

MALEK L, UMBERGER W, 2021: Distinguishing meat reducers from unrestricted omnivores, vegetarians and vegans: A comprehensive comparison of Australian consumers. University of Adelaide, Centre for Global Food and Resources, Australia. Food Quality and Preference 88 (2021). doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104081

RÜTZLER H, 2021: Snackification: Das Ende der Mahlzeiten (wie wir sie kennen). Zunkunftsinstitut. https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/food/snackification-das-ende-der-mahlzeiten-wie-wir-sie-kennen/

SILVA A, SODRE BIOTO A, EFRAIM P, de CASTILHO QUEIROZ G, 2017: Impact of sustainability labeling in the perception of sensory quality and purchase intention of chocolate consumers. Department of Food Technology, University of Campinas, Rua Monteiro Lobato, Brazil; Cereals and Chocolate Research Center, Food Technology Institute, State Government of Sao Paulo, Brazil. Journal of Cleaner Production 141 (2017) 11e21. dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.024

TUORILA H, HARTMANN C, 2020: Consumer responses to novel and unfamiliar foods. Department of Food and Nutrition, University of Helsinki, Finland. Current Opinion in Food Science 2020, 33:1–8. doi.org/10.1016/j.cofs.2019.09.004

Adresse der Autorinnen

Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartnerin: Kathrin HEIM BA MA, kathrin.heim@fhwn.ac.at

Hanföl – eine heimische Ölpflanze mit hohem Gehalt an ω-3-Fettsäuren und interessantem Aroma

Hempseed oil – a domestic crop with a high concentration of ω-3-fatty acids and interesting flavour properties

Barbara Siegmund

Einleitung

Produkte aus Hanf (*Cannabis sativa* L.) haben in den letzten Jahren an Popularität gewonnen. Die Diskussionen der letzten Zeit beziehen sich vorrangig auf Produkte, die einen wesentlichen Gehalt an psychoaktiven Stoffen wie Δ-9-Tetrahydrocannabinol (THC) oder Substanzen mit pharmakologischer Wirkung wie Cannabidiol (CBD) aufweisen. Weniger bekannt ist die Tatsache, dass Hanfsamen einen Fettgehalt von 25-37% mit einem sehr hohen Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren aufweisen. Dabei ist der außergewöhnlich hohe Gehalt an α-Linolensäure zu erwähnen, der zwischen 5-8% liegt (Krise et al., 2004). Im Zuge der allgemeinen ernährungswissenschaftlichen Diskussion, die besagt, dass der Bedarf besteht, den Anteil der ω-3 Fettsäuren in unserer Nahrung zu erhöhen, sollte man Hanföl als interessante Alternative zu marinen Fettquellen im Auge behalten.
Natives Hanföl besitzt eine kräftig grüne Farbe und weist meist ein sehr interessantes röstiges Aroma auf, welches an das Aroma von steirischem Kürbiskernöl erinnert. Das typische Aroma von steirischem Kürbiskernöl ist geprägt durch die Anwesenheit von alkylierten Pyrazinen und Pyrrolinen, die im Zuge des Röstens der Kürbiskerne, das vor dem eigentlichen Pressprozess durchgeführt wird, gebildet werden (Siegmund & Murkovic, 2004; Pöhlmann & Schieberle, 2013). Auf Basis des Wissens um das Aroma von Kürbiskernöl sind wir im Zuge dieser Studie der Bildung der röstigen Aromen in Hanföl nachgegangen. Wir verfolgten den gesamten Verarbeitungsprozess vom Samen bis zum fertigen Öl. Um die Veränderungen des Aromas zu verfolgen, wurden gaschromatographische Methoden zur Identifizierung der Aromastoffe eingesetzt sowie sensorische Methoden zur Beschreibung des Gesamtaromas der Zwischen- und Endprodukte.

Material und Methoden

Hanfsamen aus österreichischer Bio-Landwirtschaft wurden gequetscht und unter Zusatz von Wasser in eine Röstpfanne gegeben. Die Hanfsamen wurden unter konstantem Rühren langsam erwärmt. Die Messung der Temperatur erfolgt 10 cm unter der Oberfläche des Röstkuchens. Der Temperaturverlauf kann aus Abbildung 1 entnommen werden. Proben wurden unmittelbar nach dem Quetschen der Samen sowie danach in 5 Minutenabständen gezogen. Die flüchtigen Verbindungen (Aromastoffe) wurden mittels ein- und mehrdimensionaler Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS, sowie Comprehensive GC × GC-MS) analysiert. Die Identifizierung erfolgte über die Massenspektren sowie die linear-temperaturprogrammierten Retentionsindizes und den Vergleich mit authentischen Referenzsubstanzen oder Daten aus der Literatur. Die sensorische Beurteilung erfolgte durch ein gut trainiertes Verkostpanel durch quantitativ-deskriptive Analyse nach Auswahl von geeigneten Deskriptoren. Die Korrelation der Daten erfolgte durch multivariate statistische Verfahren (Hauptkomponentenanalyse, principal copmponent analysis PCA).

Ergebnisse und Diskussion

Alkyierte Pyrazine stellen eine wichtige Gruppe an Reaktionsprodukten aus der Maillardreaktion dar und werden im Zuge von thermischer Belastung aus Stickstoff-hältigen Verbindungen wie Aminosäuren/Proteinen und reduzierenden Zuckern gebildet. Sie tragen in gerösteten Produkten nachhaltig zur Ausbildung der Röstaromen bei. Auch im Aroma von steirischem Kürbiskernöl spielt diese Verbindungsklasse eine wesentliche Rolle (Siegmund & Murkovic, 2004; Poehlmann & Schieberle, 2013). Zehn unterschiedlich alkylierte Pyrazine wurden im Hanföl identifiziert; Abbildung 1 zeigt den Bildungsverlauf von vier ausgewählten alkylierten Pyrazinen (i.e., Methylpyrazin, 2,5-Dimethylpyrazin, Ethylpyrazin, Trimethylpyrazin) im Zuge des Röstprozesses. In klassischen Lehrbüchern zur Lebensmittelchemie ist nachzulesen, dass die Maillardreaktion und damit verknüpfte Reaktionen in größerem

Ausmaß erst bei Temperaturen über 100°C ablaufen. In Hanföl konnten wir die Bildung der alkylierten Pyrazine in Konzentrationen, die für die Ausbildung des Aromas relevant sind, bereits bei Temperaturen unter 100°C beobachten. Dies scheint mit den für die Bildung günstigen Konzentrationen an Reaktionspartnern und den Reaktionsbedingungen (pH Wert und a_W Wert) in den Hanfsamen zusammenhängen. Aufgrund des hohen Anteils an ungesättigten Fettsäuren, die in Hinblick auf oxidative Prozesse sehr empfindlich sind, stellt dies günstige Rahmenbedingungen dar. Ein längerer Röstprozess mit fortschreitender Temperaturerhöhung führt zu einer weiteren Konzentrationssteigerung der Pyrazine, vorrangig von 2,5-Dimethylpyrazin.

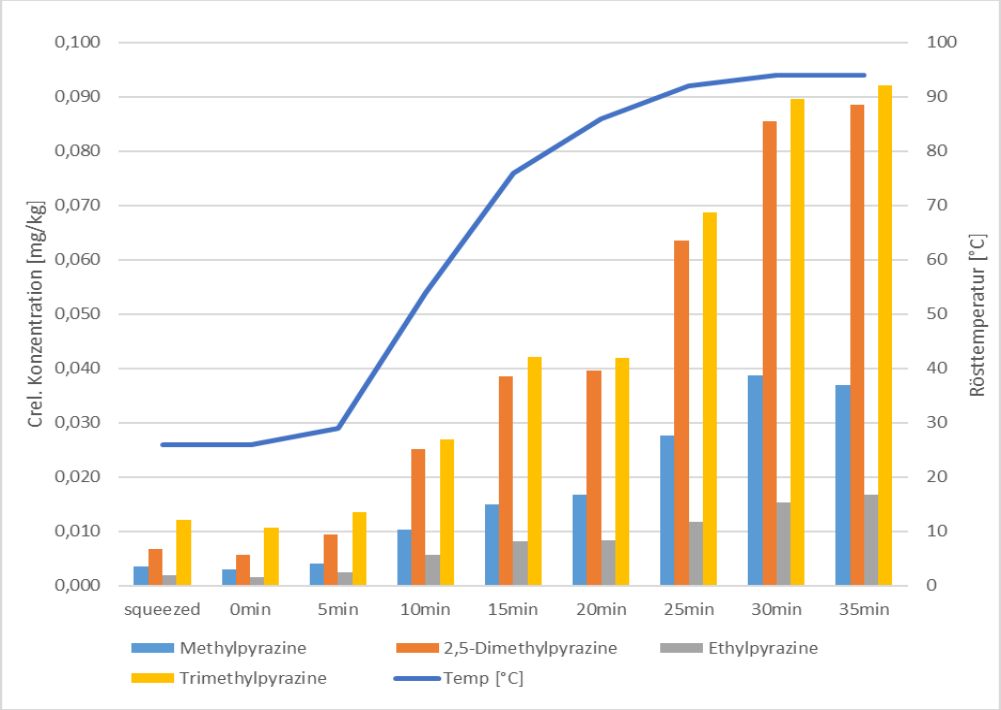


Abbildung 1: **Konzentrationsverläufe von ausgewählten Pyrazinen in Hanföl im Zuge des Röstprozesses**

Neben alkylierten Pyrazinen wurde eine große Zahl an verschiedenen Alkoholen, Aldehyden und Ketonen, Estern und freien Fettsäuren, alkylierten Furanen und vor allem eine große Zahl an Terpenen in den (gerösteten) Hanfsamen bzw. im Hanföl identifiziert. Diese Vielzahl an Verbindungsklassen ist für die hohe Komplexität des Aromas verantwortlich. Die hohe Zahl an unterschiedlichen Terpenen in zum Teil ausgesprochen hoher Konzentration ist charakteristisch für Hanf und prägt das Aroma von Hanfprodukten im Allgemeinen. Die thermische Belastung im Zuge des Röstprozesses führt zu einem partiellen Abbau der Terpenstrukturen.

Abbildung 2 zeigt die Korrelationsanalyse (PCA) der flüchtigen Verbindungen mit den sensorischen Eigenschaften der Zwischenprodukte im Verlauf des Röstprozesses. Während das Aroma der gequetschten Hanfsamen als auch der Samen nach kurzer Röstdauer durch die Eigenschaften der Terpene sowie Aldehyde, Ketone und Alkohole geprägt ist und als eher grün, gemüseartig empfunden wird, dominieren im Endprodukt die röstigen Noten, die vorrangig durch die Anwesenheit der alkylierten Pyrazine hervorgerufen werden.

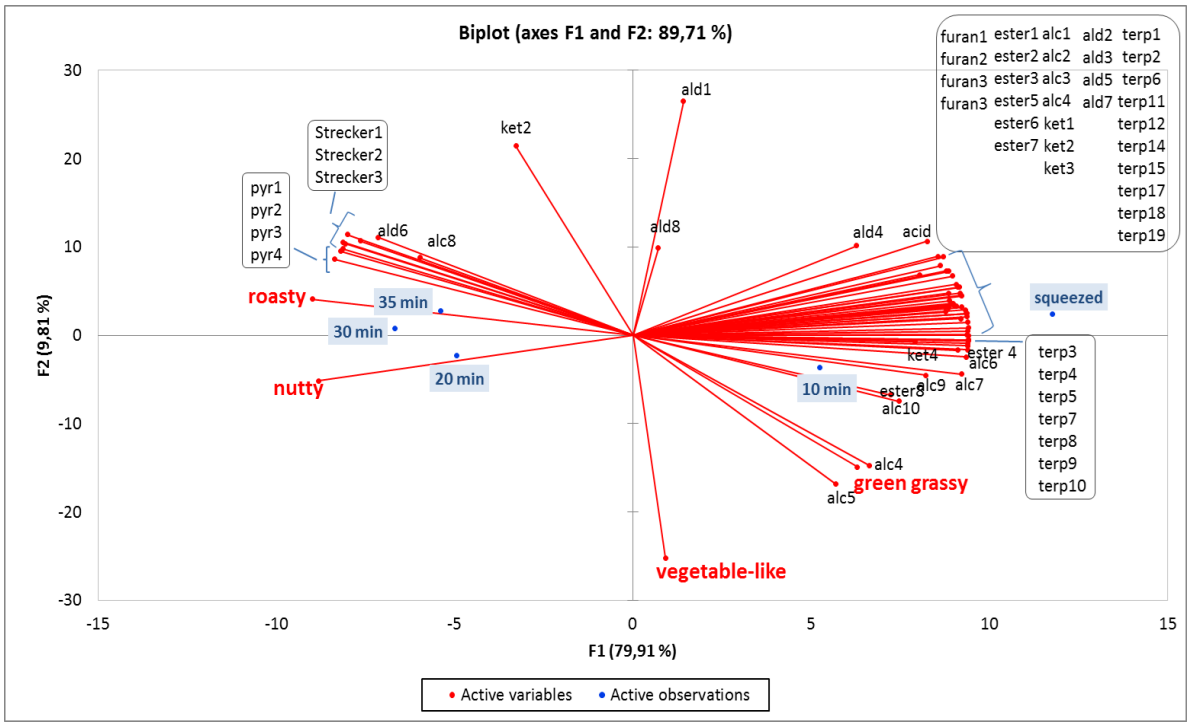


Abbildung 2: **Hauptkomponentenanalyse (PCA Plot) um die Korrelation zwischen den flüchtigen Verbindungen und den sensorischen Eigenschaften von Hanföl im Zuge des Röstprozesses zu zeigen, Angaben in Minuten: Dauer des Röstvorganges, „pyr1/2/3/4“ alkylierte Pyrazine; „Strecker1/2/3“ Strecker Aldehyde, „furan1/2/3/4“ alkylierte Furane; „terp1-terp19“: Terperne; „ester1-ester7“ verschiedene Ester, „ald1-ald7“ verschiedene geradkettige Aldehyde; „alc1-alc4“ verschiedene Alkohole; „ket/1/2/3“ Ketone**

Zusammenfassung

Hanföl stellt ein interessantes Speiseöl dar – es verfügt einerseits über einen hohen Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit einem außergewöhnlich hohen Anteil an α-Linolensäure, andererseits weist es ein höchst attraktives nussig-röstiges Aroma auf, das an das Aroma von steirischem Kürbiskernöl erinnert. In dieser Arbeit wurde die Bildung dieser Röstnoten verfolgt. Dabei wurden im Zuge des gesamten Produktverlaufs vom Hanfsamen bis zum konsumfertigen Öl Proben gezogen und in Hinblick auf die Konzentrationen der flüchtigen Verbindungen (Aromastoffe) sowie der sensorischen Eigenschaften untersucht. Mit Hilfe von multivariater statistischer Datenanalyse konnte gezeigt werden, dass der Röstprozess der Hanfsamen, der vor dem eigentlichen Pressvorgang durchgeführt wird, verantwortlich ist für die Ausbildung des attraktiven Aromas dieses Produktes.

Abstract

Hemp seed oil is an interesting edible oil. On the one hand, the high content of polyunsaturated fatty acids with an extraordinarily high proportion of α-linolenic acid might correspond to the needs for a desired fatty acid composition; on the other hand, the oil shows pleasant nutty and roasty flavour properties reminding of the flavour of Styrian pumpkin seed oil. In this study, we followed the entire production process of hemp seed oil, starting with the raw material until the final product and investigated the flavor formation in terms volatile compounds as well as sensory properties. Using multivariate statistical procedures, we could show that the roasting process that is performed prior to the pressing of the oil, is responsible for the formation of the attractive flavour of the product.

Literatur

KRIESE U., SCHUMANN, E., WEBER, W.E., BEYER, M., BRÜHL, L., MATTHÄUS, B. (2004) Oil content, tocopherol composition and fatty acid patterns of the seeds of 51 *Cannabis sativa* L. genotypes, Euphytica, 137, 339-351.

SIEGMUND, B., MURKOVIC, M (2004) Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 2: volatile compounds), Food Chemistry, 84, 367-374.
POEHLMANN, S., SCHIEBERLE, P (2013) Characterisation of the aroma signature of Styrian pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *Styriaca*) by molecular sensory science, JAFC, 61, 2933-2942

Adressen der Autoren

Technische Universität Graz, Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie, Stremayrgasse 9/II, 8010 Graz

Danksagung

Die Experimente zu dieser Studie wurden von Daria Maria Winkler, BSc. MSc. im Zuge ihrer Masterarbeit durchgeführt. Wir bedanken uns für die hervorragende Zusammenarbeit mit der Ölmühle Fandler sowie für die finanzielle Unterstützung. Dank geht an das Sensorikteam der TU Graz. Die Autoren bedanken sich weiters bei Compusense, Guelph, Canada für die Möglichkeit, Mitglied im Compusense Academic Consortium zu sein.

Spirulina (Arthrospira spp.) als Zutat in Lebensmitteln

*Spirulina (*Arthrospira spp.) as foodingredient

Andrea Reiterlehner*, Gernot Zweytick, Kathrin Heim und Roswitha Enzelbeger

Zusammenfassung

Spirulina (Arthrospira spp.) wird oft fälschlicherweise aufgrund ihrer Farbe zur Familie der Algen gezählt, gehört aber zur Gattung der Cyanobakterien und wird in vielen Medien als neues Superfood und als Rohstoff mit gesundheitlichen Vorteilen ausgelobt. Diese Aussagen beziehen sich auf die Verlangsamung des Alters, die Stärkung der Immunabwehr und den Schutz gegen Krebs und Viren (bei einer Aufnahme von 3 – 10 g / d Spirulina). Beworben wird Spirulina als eiweißreiches Lebensmittel mit hohem Vitamingehalt, der Gehalt an Eisen, Kalium und Magnesium wird ebenso positiv hervorgehoben. Diese gesundheitlichen Wirkungen derzeit noch nicht ausreichend wissenschaftlich belegt.
Der Fokus der vorliegenden Studie liegt nicht im Bereich der gesundheitlichen Wirkungen, sondern der Entwicklung von Lebensmittelprodukten mit der Zutat Spirulina, die von KonsumentInnen sensorisch akzeptiert werden. Spirulina weist einen spezifischen Eigengeschmack auf.
Ziel war es einerseits, möglichst vielfältige Produkte mit in Österreich kultivierter Spirulina als wertbestimmender Zutat zu entwickeln und andererseits abzutesten, welcher Anteil an Spirulina von KonsumentInnen akzeptiert wird. Im Zuge der Studie wurden unter anderem Burger, Knödel, Aufstriche und Strudelfüllungen entwickelt und sensorisch abgetestet.
Die Ergebnisse zeigen, dass Spirulina mit unterschiedlicher Konzentration in Lebensmitteln von den ProbandInnen sensorisch akzeptiert wird. Im Falle einer herausragenden gesundheitlichen Wirkung wäre es somit durchaus möglich, den Speiseplan mit derartigen Produkten aufzuwerten.

Abstract

Spirulina (Arthrospira spp.) is often mistakenly assigned to the algae family because of its color, but it belongs to the cyanobacteria genus and has been touted in many media as a new superfood and as a raw material with health benefits. These statements relate to slowing down aging, strengthening the immune system and protection against cancer and viruses (with an intake of 3 – 10 g / d Spirulina). Spirulina is advertised as a protein-rich food with a high vitamin content, and the iron, potassium and magnesium content is also positively highlighted. These health effects are currently not scientifically proven enough. The focus of this study is not to prove the health effects, its on the development of food products with the ingredient spirulina, which are sensorically accepted by consumers. Spirulina has a specific taste of its own.
The aim was on the one hand to develop many different products with in Austria cultivated spirulina as a value-determining ingredient and on the other hand to test what quantity of spirulina would be accepted by consumers. In the course of the study, burgers, dumplings, spreads and strudel fillings were developed and sensory tested.
The results show that spirulina with different concentrations in food is sensorially accepted by the test persons. In the case of a prominent health effect of spirulina, it would be possible to upgrade the nutrition with such products.

Schlagwörter

Spirulina, Lebensmittel, Sensorik, sensorische Akzeptanz, Arthrospira spp.,

Einleitung

Spirulina (Arthrospira spp.) wird oft fälschlicherweise aufgrund ihrer Farbe zur Familie der Algen gezählt, gehört aber zur Gattung der Cyanobakterien und wird in vielen Medien als neues Superfood und als Rohstoff mit gesundheitlichen Vorteilen ausgelobt. Der größte Teil der Spirulina-Biomasse wird als Nahrungsergänzungsmittel konsumiert, und als getrocknetes Pulver, Flocken und Kapseln verkauft. (LAFARGA 2020).

Algenprodukte stoßen aufgrund ihres hohen Gehalts an Proteinen, essentiellen Aminosäuren, Vitaminen und Mineralstoffen auf wachsendes Interesse. Insbesondere Spirulina-Produkte werden wegen ihres hohen Vitamin-B12-Gehalts weithin beworben. Bisher ist das Wissen über die Kontamination mit Cyanotoxinen, Schwermetallen, Pestiziden oder polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs) rar, obwohl einige Studien von hohen Schadstoffgehalten in Spirulina-Produkten berichten. Die regelmäßige Einnahme von Spirulina und sehr wahrscheinlich auch anderen Algenprodukten als Nahrungsergänzungsmittel im Gramm-Bereich erfordert eine genauere Überwachung potenziell schädlicher Inhaltsstoffe (GROSSHAGAUER, 2020). Abgesehen davon, stellt sich die Frage, inwiefern Spirulina in Lebensmitteln sensorisch akzeptiert wird.
Die Einarbeitung von Mikroalgenbiomasse in Lebensmittel stieß in der Vergangenheit auf mehrere Herausforderungen, hauptsächlich wegen ihrer intensiven Farbe oder ihres Geschmacks und Geruches. (LAFARGA, 2020).

Material und Methoden

Für diese Studie wurde in Österreich kultivierte Spirulina der Fa. Spirulix verwendet. Sie wurde sowohl in Pulverform als auch in frischer Pastenform in unterschiedlichsten Produktvarianten ausgetestet.
Ziel der Produktentwicklung war es, Produkte mit einem möglichst hohen Spirulina-Anteil zu entwickeln, um die regelmäßige Aufnahme in der Ernährung zu gewähren.
Es wurde untersucht, wie Spirulina in unterschiedlichen Lebensmitteln eingesetzt werden kann und wie sich diese Zutat sensorisch auswirkt. Dazu wurde die sensorische Akzeptanz von unterschiedlichen Anteilen an Spirulina in den entwickelten Produkten geprüft.
Anhand der sensorischen Prüfmethode des Akzeptanztests können neben der Gesamtakzeptanz auch wesentliche Produktmerkmale wie Aussehen, Geruch, Geschmack, Mundgefühl (Textur) und Beigeschmack abgefragt werden (DÜRRSCHMID, 2010). Die Akzeptanzabfrage erfolgte mit der 9-Punkt Kategorienskala von „Mag ich überhaupt nicht“ bis hin zu „Mag ich besonders gerne“. Die Mitte, wurde mit „Mag ich weder/noch“ gekennzeichnet. (BUSCH-STOCKFISCH, 2007).
Neben der hedonischen Skala wurde auch die JAR (Just About Right) Skala verwendet um Präferenzdaten zu eruieren. Für die subjektive Intensitätseinschätzung verschiedener Produkteigenschaften wurde die 5-teilige JAR-Skala mit den Kategorien “viel zu wenig“, “zu wenig“, „gerade richtig”, “zu viel“ und “viel zu viel” gewählt (DLG, 2011).
Das Ziel des Akzeptanztestes war, die Akzeptanz der KonsumentInnen gegenüber den entwickelten Produkten zu ermitteln. Dazu wurden im Akzeptanztests Attribute wie Gesamtakzeptanz, Eindrücke über Geruch und Geschmack sowie Nachgeschmack abgefragt. Das Optimum des Algengeschmacks sowie die Süße bzw. Konsistenz wurde für Optimierungen eruiert.
Als akzeptiert galt, wenn mindestens 60 % der ProbandInnen die Gesamtakzeptanz auf einer 9-Punkt-Hedonik-Skala mit mindestens einer 6 = „mag ich etwas“ beurteilen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass Spirulina in verschiedenen Lebensmitteln unterschiedlich eingesetzt werden kann. Die Intensität des Algengeschmacks ist abhängig vom Produkt. Sowohl in süßen Produkten wie zum Beispiel Müsli als auch in herzhaften Produkten wie zum Beispiel Burger werden die Produkte mit der Zutat Spirulina von den Befragten ProbandInnen sensorisch akzeptiert. Abbildung 1 zeigt den Vergleich der Gesamtakzeptanz der abgetesteten entwickelten Produkte.

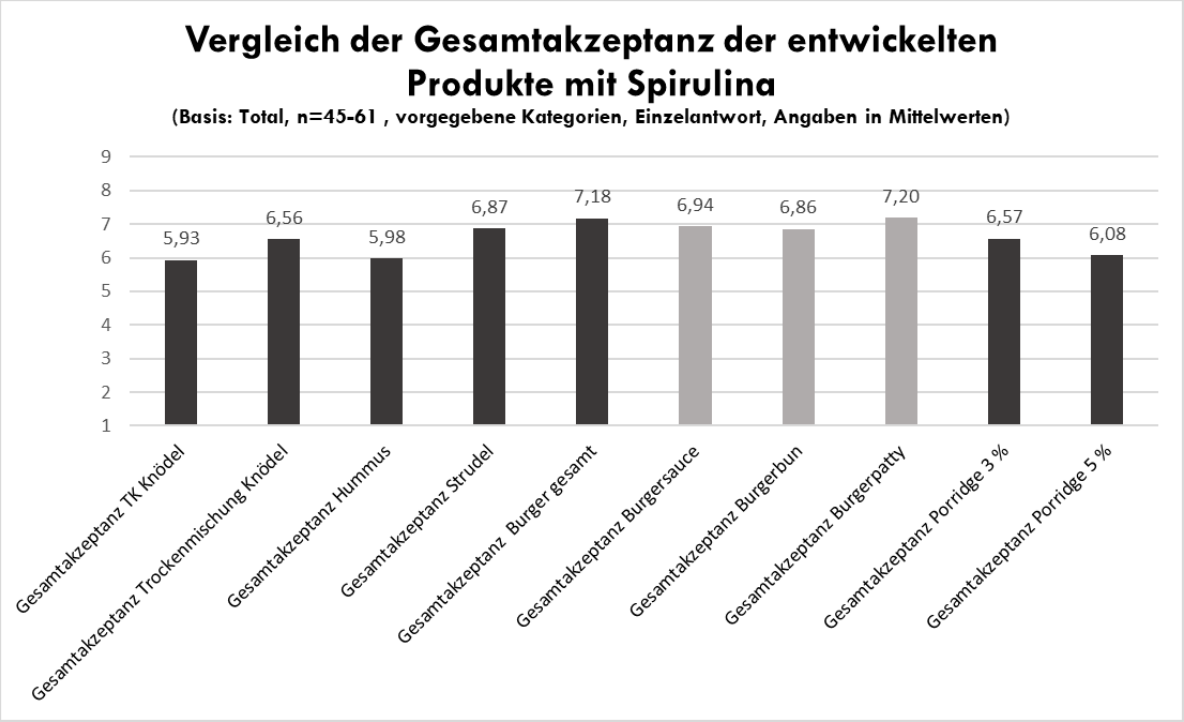


Abbildung1: **Vergleich der Gesamtakzeptanz der entwickelten Produkte mit Spirulina**

Der entwickelte Burger, welcher auch in seinen Einzelbestandteilen abgetestet wurde, zeigte eine Gesamtakzeptanz von 7,18. Der Anteil von 0,6 % Algenpulver im Burgerbun erreichte eine Gesamtakzeptanz von 6,86. Das Burgerbun sollte für eine höhere Akzeptanz eine höhere Algenintensität, eine weichere Konsistenz aufweisen und süßer sein, um ein noch höheres Liking zu erreichen, da diese drei Faktoren einen signifikanten Effekt auf den Gesamteindruck haben. Beim Patty mit 1,8 % Algenpulver mit einer Gesamtakzeptanz von 7,20, sollte der Algenanteil reduziert werden und die Masse intensiver gewürzt werden. Die Burgersauce auf Basis von Mayonnaise mit einem Anteil von 3% Spirulinapulver polarisierte im Bezug auf das Aussehen. Die Soßenfarbe hat jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtakzeptanz.

Die Abtestung des pikanten Vollkornstudels mit Spirulina-Pilzfüllung (15 % frische Spirulinamasse) zeigte eine Gesamtakzeptanz von 6,87. 67 % der Probanden gaben an, dass die Algenintensität der Füllung genau richtig sei. Für 23 % war die Intensität etwas zu hoch. Auch der Penalty Test zeigte Verbesserungspotenzial. Die Gesamtakzeptanz könnte noch um 2 Skalenpunkte verbessert werden, wenn die Füllung etwas weniger intensiv wäre.

Die entwickelte Trockenmüslimischung basierend auf Haferflocken und Bananenpulver mit 3 % bzw. 5 % Spirulinapulver zum Anrühren mit Wasser wies eine Gesamtakzeptanz von 6,57 bzw. 6,08 auf.
Die Ergebnisse zeigen, dass die Intensität des Algengeschmacks und die Konsistenz die Gesamtakzeptanz signifikant beeinflussen. Die Probe mit 3 % Algenanteil wurde als optimal im Bezug auf die Konsistenz und den Algengeschmack ermittelt, wohingegen die Algenintensität der Probe mit 5 % Spirulina zu intensiv wahrgenommen wurde. Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Proben identifiziert.

Bei Spirulinaspinatknödel als Trockenmischung zum Anrühren mit Wasser, oder als fertige TK Knödel mit 1,2 % Spirulinapulver im essfertigen Knödel wurde der Gesamteindruck beider Proben mit 5,93 der tiefgefrorene Knödel und 6,56 der Knödel aus der Trockenmischung positiv beurteilt. Die Trockenmischung wurde gesamt gesehen besser beurteilt.

Die sensorische Prüfung eines Spirulinaaufstrichs auf Kichererbsenbasis mit Zitrone und Basilikum (8,9 % Spirulinapaste und 2,7 % Spirulinapulver) zeigte eine Gesamtakzeptanz von 5,98. Auffallend ist, dass der Aufstrich in manchen Bereichen sehr polarisierend wirkt. Das gilt zum Beispiel für den „Geschmack

und Nachgeschmack“. Das „Aussehen“ wurde von etwa der Hälfte (53,3 %) der Probanden positiv bewertet. Die Farbintensität als auch der Spirulinageschmack wurde von mehr als 50 % der ProbandInnen als genau richtig empfunden.

Ausblick:
Die Ergebnisse geben Erkenntnisse über die entwickelten Produkte und zeigen Verbesserungsmöglichkeiten auf. Anhand dieser können die Produkte hinsichtlich Sensorik noch optimiert werden.
Es werden weitere Studien in Bezug auf die generelle Bereitschaft, Algen zu konsumieren bzw. welche Konsumumgebung sich positiv auswirkt, angestrebt.

Literatur

BUSCH-STOCKFISCH, 2007: Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung: Praxishandbuch Sensorik, Grundwerk 08/02. Hamburg: Behr's Verlag.
DLG, 2011: Statistische Methoden in der Sensorik (Teil 2): Verbrauchertests. DLG-Arbeitsblätter Sensorik 06: S. 2
DÜRRSCHMID K, 2010: Sensorische Analyse: Methodenüberblick und Einsatzbereiche – Teil 5: Affektive und hedonische Prüfungen. DLG-Arbeitsblätter Sensorik, 4: S. 1–6.
GROSSHAGAUER S, KRAEMER K, SOMOZA V, 2020: The True Value of Spirulina. *Agricultural and Food Chemistry*.
LAFARGA T, J. M.-S.-L.-F, 2020: Spirulina for the food and functional food industries. Food Research International.

Adresse der Autoren

Fachhochschule Wiener Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartnerin: Ing. Andrea Reiterlehner BEd., MA; andrea.reiterlehner@fhwn.ac.at

Steirisches Paradeiserprojekt - Praxis trifft Wissenschaft

Styrian tomato-project - practice meets science

Marlies Hörmann-Wallner*, Anika Kronberger, Eva Wiltschnigg, Katharina Schlag, Bernhard Wagner, Judy Gore und Simon Berner

Einleitung

Die Tomate (Solanum lycopersicum), stammt ursprünglich aus Mittel- und Südamerika. Weltweit sind rund 10.000 Sorten bekannt, die in den unterschiedlichsten Formen und Farben vorkommen. Die durch Züchtungen entstandenen Kulturtomaten besitzen ein vielseitiges Aromaprofil und enthalten nur ein geringes Maß an Bitternoten, weshalb sich dieses Fruchtgemüse ideal für verschiedene Kombinationsmöglichkeiten eignet. Wie sich diese Merkmale vom frischen bis zum finalen Produkt bemerkbar machen, ist von der Prägung des Aromaprofils, sowie von nicht-flüchtigen Verbindungen durch Faktoren wie Reife, Lagerung, Verarbeitung und weiteren Zutatenkombinationen abhängig. Die enthaltenen Moleküle sind für den Tomatengeschmack, die spezifische Farbe zuständig und tragen zusätzlich zur gesundheitlichen Bedeutung bei [VIERICH & VILGIS, 2017, VOGEL 2010].
Tomaten gelten als das meistgegessene Früchte bzw. Gemüse (Fruchtgemüse) weltweit, ebenso sind Tomaten in Österreich äußerst beliebt, wo sie in einigen Bundesländern auch als Paradeiser bezeichnet werden. Hierzulande werden pro Kopf ca. 29 Kilogramm pro Jahr verzehrt, einerseits in frischer aber noch häufiger in verarbeiteter Form. Der Selbstversorgungsgrad aller in Österreich verwendeten Paradeiser beträgt 20 % und daher ist auch der Nachhaltigkeitsaspekt ein bedeutender. [STATISTIK AUSTRIA 2016/2017].

Material und Methoden

Umfangreiche Literaturrecherche: Zu Beginn wurde eine umfassende Literaturrecherche in nationalen und internationalen Medien zum Thema Paradeiser, Sensorik, Allgemeines, Gesundheit, Haltbarmachung und zur Definition von Ketchup durchgeführt.
Produktentwicklung: Im Zuge des Projekts wurden drei Ketchup Variationen hergestellt, wobei das Food Pairing Konzept in zwei der Produkte umgesetzt wurde. Eines der beiden Ketchup Rezepte enthält neben dem Basisanteil an Food Pairing Zutaten weitere Sorten an Kräutern und Gewürzen. Um die sensorische Wahrnehmung und infolgedessen die Konsumentenakzeptanz der Ketchups zu untersuchen, wurde neben einem Akzeptanztest ein Just-about-right-Test eingesetzt. Dieser überprüft, inwiefern die Attribute „Süße“, „Gewürzter Geschmack“, „Konsistenz“ und „Geschmack nach Kräutern“ der Idealvorstellung entsprechen. Um herauszufinden, welche Attribute die höchste Relevanz für die Beschreibung der Ketchups aufweisen, wurde ein Check-all-that-apply-Test durchgeführt. Der Frage- und Prüfbogen dient zur weiteren Sammlung von Informationen der Testpersonen, wie der Frage nach der Kaufabsicht in Hinsicht auf die drei Ketchups.
Entwicklung begleitender Literatur: Eine Broschüre wurde niederschwellig für Konsumentinnen und Konsumenten erstellt und designt. Enthalten sind Informationen rund um das Thema Paradeiser und erprobte Rezepte teilweise kombiniert mit Food Pairing.

Ergebnisse und Diskussion

Recherche, Inhalte für Broschüre
Tomaten stellen eine gute Quelle für Vitamin C aber auch für Vitamin A, B und E dar. Nach neuen Erkenntnissen kann der Gehalt an Vitamin C durch ökologischen Landbau erhöht werden. Vitamin A liegt in Form von Carotinoiden vor und in der Gruppe der B-Vitamine sind Thiamin, Niacin und Vitamin B6 als Folat vertreten [MARTI et al. 2018]. Tomaten sind eine wichtige Quelle für sekundäre Pflanzenstoffe, die der Pflanze als Abwehr-, Farb-, Duft- und Aromastoffe sowie zur Wachstumsregulation dienen und sind meist nur in sehr geringen Mengen in der Pflanze enthalten. Besonders Carotinoide, Phenolische Verbindungen und Glycoalkaloide finden sich in Tomaten. Die Gehalte an sekundären Pflanzenstoffen sind abhängig von Sorte, Jahreszeit, Reifegrad, Wachstums-, Ernte- und Lagerbedingungen

sowie dem verwendeten Pflanzenteil und dem Verarbeitungsgrad [CHAUDHARY et al. 2018]. Tomaten- (Produkte) versorgen den Körper mit wertvollen Inhaltsstoffen und sind auch sensorisch gesehen ein relevanter Bestandteil der österreichischen Küche.

	frische Tomaten (MW pro 100 g)	gekochte Tomaten (MW pro 100g)
Proteine (g)	0,88 -1,00	0,95 - 1,00
Fett (g)	0 - 0,20	0 - 0,11
Kohlenhydrate (g)	3 - 3,89	3 - 4,01
Ballaststoffe (g)	1 -1,20	0,70 - 0,90
Kalorien (kcal)	18 - 19	18 - 21
Vitamin C (mg)	13,7 - 20,0	15 - 22,8
Vitamin B6 (mg)	0,08 - 0,10	0,08 - 0,10
Vitamin A, RAE (µg)	42	24
Vitamin K (µg)	7,90	2,80
Lycopin (µg)	2573	3041
ß-Carotin (µg)	449 - 590	293 - 485
Naringenin (mg)	0,70	0
Quercetin (mg)	0,60	0,70

Tab. 1: adaptiert nach [Heseker H. & Heseker, 2016/2017], MW = Mittelwert, RAE=Retinoläquivalent

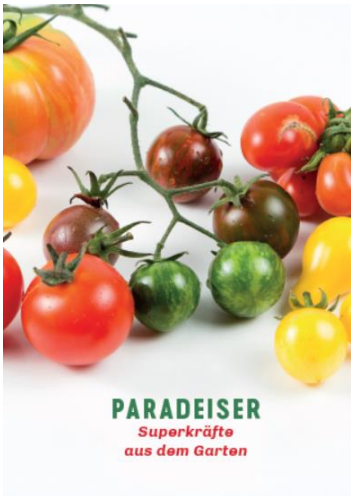


Abbildung 1: **Broschüre „Paradeiser“**
downloadbar unter: https://www.sterz.info/wp-content/uploads/2019/07/paradeiser_folder.pdf

Produktentwicklung: Entwickelt wurden 3 Prototypen eines Ketchups, streng nach dem Lebensmittelcodex. Neben der Anwendung von Food-Pairing, Versuchen zu Konsistenzen wurde auch darauf geachtet nur österreichische Zutaten zu Verwenden und den Salz- und Zuckergehalt zu reduzieren (gegenüber marktüblichen Produkten). Durch das Verkosten, der 3 entwickelten Ketchup-Prototypen, an insgesamt 109 Verkoster*innen stellte sich heraus, dass jenes Ketchup, das durch das Food Pairing Konzept und weitere Zutaten (Ketchup 2) adaptiert wurde, die höchste Präferenz gezeigt hat. Mit 6,06 von 9 Punkten erreichte es die höchste Bewertung beim Akzeptanztest und unterscheidet sich signifikant ($p<0,05$) von jenem ohne Kräuter und Gewürze (Ketchup 1), jedoch nicht von jenem, mit niedrigeren Gewürz-Zutaten (Ketchup 3). Ebenfalls die höchste Punktezahl (3,19 von 5) erhielt es bei der Frage nach der Kaufabsicht. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass der Food Pairing Ansatz zum Erfolg beitragen konnte. In der Gesamtbewertung erhielt es dennoch Abstrafungen für die Attribute „Süße“, „Geschmack nach Kräutern“ und „Geschmack nach Gewürzen“. Zusätzlich wurden Attribute bei den Verkoster*innen abgefragt, die sie bei dem jeweiligen Produkt wahrgenommen haben (Abb. 2).
Abschließend ist hier zu erwähnen, dass die Verkoster*innen der Produkthintergrund nicht bekannt war und daher nicht in die Akzeptanzbewertung miteingeflossen ist. Vermutlich hätte die Kommunikation hinsichtlich dem Thema Nachhaltigkeit (heimische Paradeiser) und Gesundheit (reduzierter Zucker- und Salzgehalt) die Akzeptanz weiter erhöhen können.

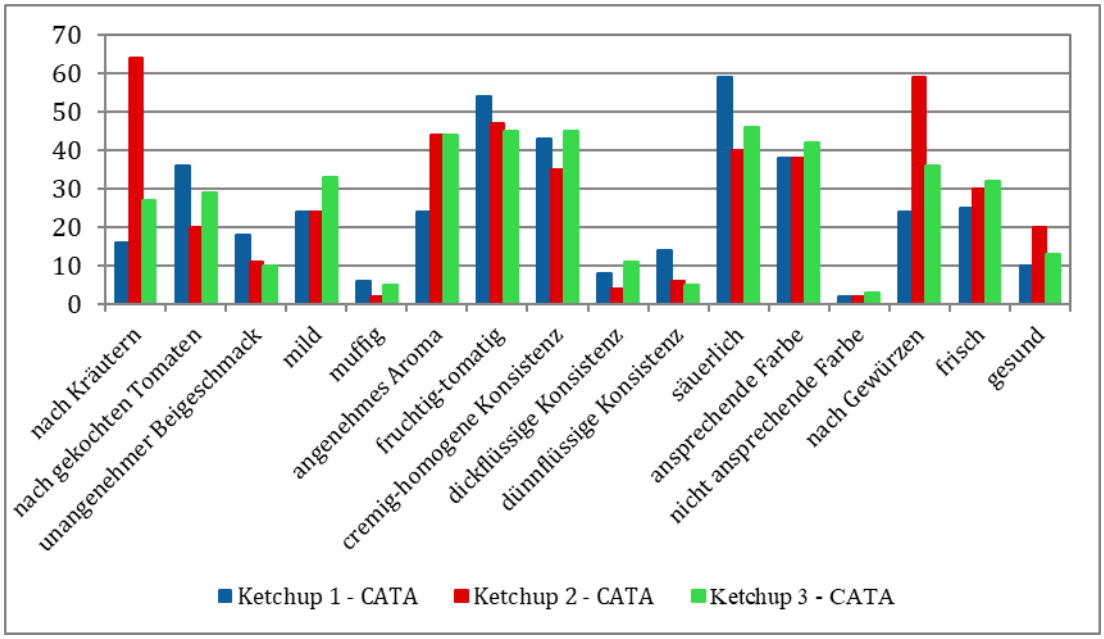


Abbildung 2: **Ergebnisse der CATA-Auswertung der 3 entwickelten Prototypen, Ketchup 1: ohne Kräuter/Gewürze, Ketchup 2: reduzierter Kräuter-/Gewürzanteil, Ketchup 3: Kräuter-/Gewürzanteil hoch**

Zusammenfassung

Im Rahmen der steirischen Paradeiserprojekte wurde das Thema Tomate wissenschaftlich aufbereitet mit Fokus auf der sensorischen und ernährungsphysiologischen Relevanz. Zusätzlich wurde eine Produktentwicklung inklusive einer Akzeptanztestung integriert. Gefördert wurden die Projekte vom Verein Lebensqualität am Lande (LAD), vom Land Steiermark und vom steirischen Ernährungs- und Technologiezentrum (STERTZ). Zusammengearbeitet wurde mit der Landwirtschaftskammer Steiermark und den „Jungen Wilden Gemüsebauern“ aus der Südoststeiermark. Das Projekt wurde an der FH JOANNEUM in Graz vom Institut Diätologie in Zusammenarbeit mit dem Studiengang nachhaltiges Lebensmittelmanagement und Informationsdesign durchgeführt. Aus steirischem Tomatensaft aus einer Überproduktion wurde ein regionales Ketchup entwickelt. Das Produkt wurde hinsichtlich der Akzep-

tanz getestet, optimiert und bereits am Markt positioniert. Zusätzlich wurde ein Folder für Konsument*innen mit sensorischen, ernährungsphysiologischen und technologischen Informationen rund um die Tomate erstellt, gestaltet und mit Rezepten ergänzt.

Abstract (English)

As part of the Styrian tomato projects, the topic of tomato was scientifically processed with focus on sensory and nutritional relevance. In addition, a product development including an acceptance test was integrated. The projects were funded by the state and a society (LAD) of Styria and the Styrian Food and Technology Center (STERTZ). We worked together with the Styrian Chamber of Agriculture and the "young, wild vegetable farmers" from south-eastern Styria. The project was carried out at FH JOANNEUM in Graz by the Institute of Dietetics in cooperation with the Sustainable Food Management and Information Design course. A regional ketchup was developed from Styrian tomato juice from overproduction. The product has been tested for acceptance, has been optimised and has already been positioned on the market. In addition, a folder for consumers with sensory, nutritional, and technological information about tomatoes was created, designed and supplemented with recipes.

Literatur

CHAUDHARY, P., SHARMA, A., SINGH, B. et al. 2018: Bioactivities of phytochemicals present in tomato. Journal of Food Science Technology

HESEKER H. & HESEKER, B. 2016/2017: Die Nährwerttabelle, 4. aktualisierte Auflage. Neuer Umschau Buchverlag. Neustadt an der Weinstraße

MARTÍ, R., LEIVA-BRONDO, M., LAHOS, I. et al. 2018: Polyphenol and L-ascorbic acid a content in tomato as influenced by high lycopene genotypes and organic farming at different environments. Food Chemistry, 2018. 249: 148-156

STATISTIK AUSTRIA. Versorgungsbilanz für Gemüse 2016/2017. Internet: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html (Zugriff: 06.03.2019)

VIERICH, T. & VILGIS, T. 2017: Aroma Gemüse: Der Weg zum perfekten Geschmack. Stiftung Warentest. Berlin

VOGEL, J., TEIMAN, D., SIMS, C. et al. 2010: Carotenoid content impacts flavor acceptability in tomato (Solanum lycopersicum). Journal for Science Food Agriculture. 90: 2233-2240

Adresse der Autoren

Fachhochschule JOANNEUM GmbH, Alte Poststraße 149, 8020 Graz

Zusammenarbeit der Studiengänge Diätologie (Gesundheitsstudien), Nachhaltiges Lebensmittelmanagement (Engineering), Informationsdesign (Medien & Design)

https://www.fh-joanneum.at/

* Ansprechpartnerin: Dr. Marlies Hörmann-Wallner, marlies.hoermann-wallner@fh-joanneum.at

Comparison of acrylamide levels in sweet potato (*Ipomoea batatas*) fries using different frying methods

Vergleiche von Acrylamide-Levels in Süßkartoffel-(Ipomoea batatas) Pommes bei Verwendung unterschiedlicher Frittier-Methoden

Larissa Teuschler, Anna Gasperl, Klaus Remele, Hartwig Pfeifhofer und Maria Müller*

Introduction

In the last decades, sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) has become more and more important in Europe, where it is mostly consumed in fried form like fries or chips. Acrylamide, a category 2a carcinogen (IARC) [INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1994], is known to be formed from natural precursors (reducing sugars and the amino acid asparagine) during high-temperature treatment (> 120°C) [ZHANG and ZHANG, 2007].
The aim of this study was to evaluate the content of precursors of acrylamide formation in different sweet potato varieties and compare two different frying methods in delivering good-quality products with low acrylamide levels.

Material und Methods

Four different sweet potato varieties (Fig.1 eight replicates each) were analyzed by HPLC and LC-MS. One batch of cubed tubers was analyzed raw, another was air-fried and another was fat-fried. The content of acrylamide, soluble sugars, asparagine and ascorbic acid was examined.

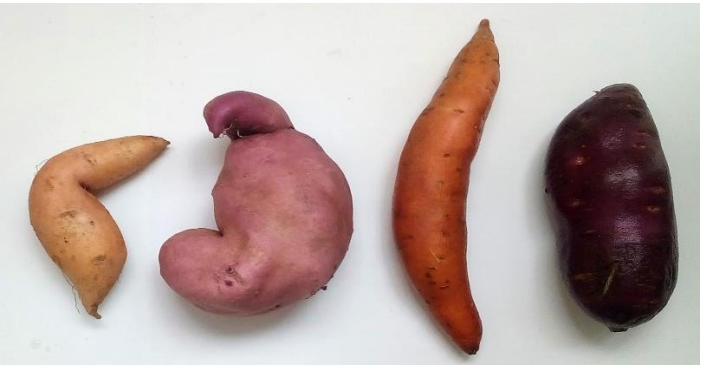


Figure 1: **Sweet potato varieties from left to right: Bonita, Murasaki-29, Covington, Lila**

Results and Discussion

Heat treatment increased total sugar content substantially, with air frying yielding higher results than fat frying (Fig.2). Fructose, glucose, and sucrose, which are present in both raw and heat processed samples, did not alter much during frying. Maltose, on the other hand, was not detected in raw samples, but increased drastically during frying. Loss of ascorbic acid was lower in fat fried samples, but differences between the methods were statistically not significant.

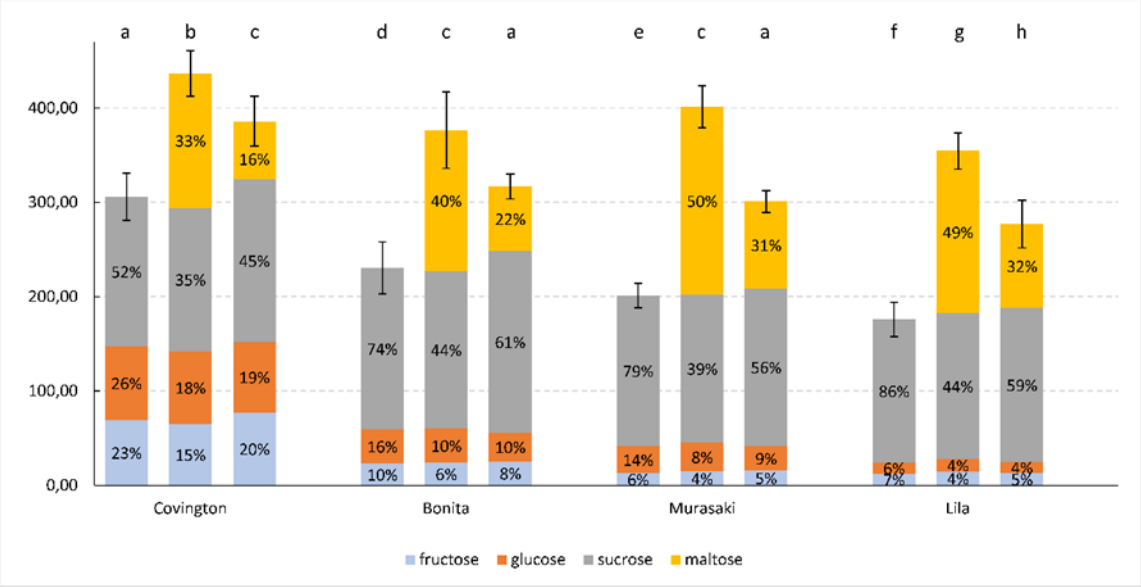


Figure 2: **Sugar composition [mg/g DW] in raw (left bar), air fried (middle bar) and fat fried (right bar) sweet potatoes of different varieties (n=8), noticeable increase of maltose due to heat treatment, barely any change in other sugars. Error bars represent standard deviation for total sugar content. Different letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$, determined by ANOVA. (TEUSCHLER et al. 2021)**

Correlation calculations showed that asparagine is the main factor responsible for the acrylamide content in the fried products, while ascorbic acid has a less powerful inhibitory effect (Fig.3). Sugar content and dry matter showed no statistically significant correlation with acrylamide.

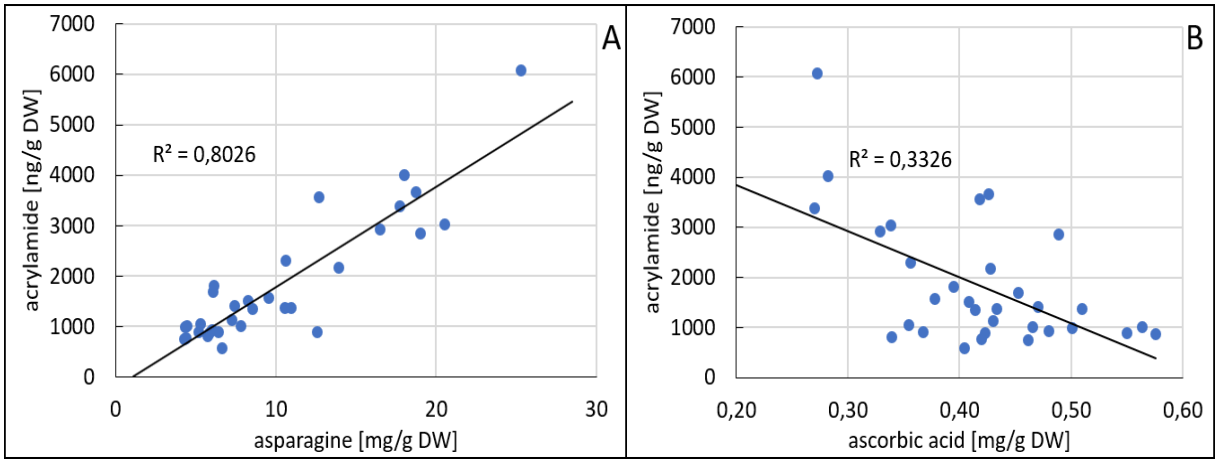


Figure 3**: A) Positive correlation of acrylamide [ng/g DW] and asparagine content [mg/g DW] (B) negative correlation of acrylamide formation and ascorbic acid in sweet potato samples (eight biological replicates) of the varieties Covington, Bonita, Murasaki, Lila. (TEUSCHLER et al. 2021)**

The acrylamide content is quite widely spread (315-1488 µg/kg), depending on variety and frying method (Fig.4). The highest acrylamide levels were found in Bonita, followed by Lila on second place, Murasaki and Covington showed the lowest amounts. Covington was the only variety that did not exceed the EU benchmark in either frying method.

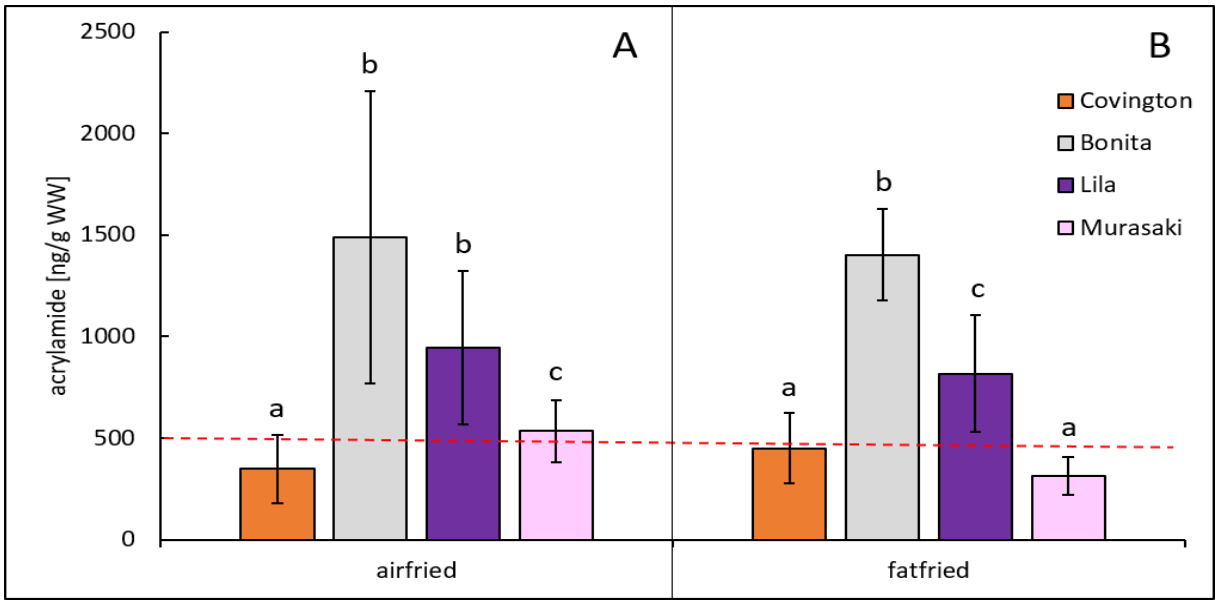


Figure 4: **Acrylamide contents on a wet weight basis for A) air fried and B) fat fried sweet potato samples of four varieties (n=8); red line represents EU benchmark at 500 µg/kg; different letters indicate significant differences at p ≥ 0,05, determined by ANOVA (TEUSCHLER et al. 2021)**

Zusammenfassung

Da die Elimination von Acrylamid aus hitzebehandelten Lebensmitteln praktisch unmöglich ist, kann das Hauptziel nur darin bestehen, die Gehalte in Lebensmitteln auf "As Low As Reasonably Achievable" (ALARA) zu senken. Diese Forschung unterstreicht die Bedeutung umfassender Kenntnisse über die Variabilität von Metaboliten in verschiedenen Süßkartoffelsorten und die Auswirkungen der Frittiermethode. Durch die Auswahl geeigneter Sorten und Verarbeitungstechniken ist es möglich, Süßkartoffel Pommes von guter Qualität mit Acrylamidgehalten unter dem EU-Richtwert zu erhalten.

Abstract

Since the elimination of acrylamide from heat treated food stuff is virtually impossible, the principal objective can only be to reduce the levels in foods to "As Low As Reasonably Achievable" (ALARA). This research highlights the importance of extensive knowledge about the variability of metabolites in different varieties of sweet potatoes and the effect of frying method. By choosing appropriate variety and processing technique it is possible to obtain good-quality sweet potato fries with acrylamide levels below the EU benchmark.

References

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 1994. IARC Monographs 60, 389-433

TEUSCHLER L., GASPERL A., REMELE K., PFEIFHOFER W., MÜLLER M., 2021. Asparagine Content is a Key Factor for Acrylamide Formation in Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Fries. Journal of Agriculture and Food Development 7, 000-000

ZHANG Y., ZHANG Y., 2007. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 47, 521-54

Address of the co-authors

Institut für Biologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Schubertstraße 51, 8010 Graz

*Contact Person: A.o. Prof. Dr. Maria Müller, maria.mueller@uni-graz.at

Freilanduntersuchungen zum Einfluss der Unterlagssorten K5BB, Fercal und 3309 C auf die generative und vegetative Leistung und die Blattnährstoffgehalte von Roesler

Investigations into the effects of the rootstock varieties Kober 5BB, Fercal and 3309 C on the generative and vegetative performance and the nutrient content of leaves of the grape variety Roesler

Martin Mehofer*, Bernhard Schmuckenschlager, Karel Hanak, Norbert Vitovec, Memish Braha, Thaci Cazim, Andrzej Gorecki und Ingrid Hofstetter

Einleitung

Im österreichischen Weinbau wurde die Verwendung von Unterlagsreben Ende des neunzehnten Jahrhunderts notwendig, nachdem die Reblaus in Europa eingeschleppt worden war. Das Pfropfen der europäischen Edelsorten auf verschiedene Unterlagsrebsorten konnte daraufhin als erfolgreiche biologische Reblausbekämpfungsmaßnahme etabliert werden. Laut BECKER und KRIEG (2017) sicherte die Entwicklung der Rebveredlung und die über 100-jährige konsequente Züchtung von Unterlagsreben dem Weinbau in Europa – trotz Reblaus – das Überleben. KRIEG (2011) zufolge ist die Basis eines zukunftsfähigen Weinbaus eine gute Pfropfrebe. Die richtige Auswahl der Unterlagsrebsorte ist dabei Voraussetzung für eine langlebige Anlage und auch auf schwierigen Standorten kann mit der entsprechenden Unterlagsrebsorte wirtschaftlicher Weinbau betrieben werden. Die Gefahr des Reblausbefalls besteht nach wie vor. Laut RÜHL (2020) trat die Reblaus in Form von Blattgallen im Jahr 2018 nicht nur an Unterlagsausschlägen, sondern auch an Ertragssorten auf. SCHMID und MANTY (2017) zufolge können sich durch neue genetische Kombinationen potenziell neue Reblaustypen entwickeln, deren Aggressivitätsverhalten nicht abgeschätzt werden kann. Ziel der vorliegenden Arbeit war, die Einflüsse der Unterlagsrebsorten Kober 5BB, Fercal und 3309 Couderc auf die agrarischen und qualitätsrelevanten Parameter Ertrag, Traubengewicht, Schnittholzgewicht, Mostgewicht und Gehalt an titrierbarer Säure und pH-Wert im Most der Rebsorte Roesler zu ermitteln. Um Informationen zur Aufnahmeeffizienz einzelner Nährstoffe zu erhalten, wurden zusätzlich die Gehalte an Stickstoff, Kalium, Phosphor, Magnesium, Calcium, Eisen, Kupfer, Zink, Mangan und Bor in den Blättern analysiert. Außerdem wurden die Stockausfälle erhoben.

Material und Methoden

Standort, Versuchsanlage und Versuchsjahre:

- Klosterneuburg – Versuchsgut Agneshof, Quartier Rothäcker XI, sehr steile Hanglage mit Ausrichtung nach Südosten und 50 % Steigung;
- Pflanzjahr 1997;
- Pflanzweite: 2,00 x 1,00 m;
- Rebsorte: Roesler;
- Unterlagsrebsorten: Kober 5BB, Fercal und 3309 Couderc;
- Mittelhohe Spaliererziehung: Bindedraht auf 0,85 m, Kordondraht auf 0,95 m, 3 Heftdrahtpaare auf 1,25 m, 1,55 m und 1,95 m, Bewässerungsschlauch auf 0,60 m;
- Schnittart: Einstreckerschnitt als Halbbogen hangabwärts à 7 bis 9 Augen und ein Ersatzzapfen à 2 Augen;
- Schnittstärke: 9 bis 11 Augen pro Stock bzw. 4,5 bis 5,5 Augen pro m²;
- Laubwandhöhe: 1,30 bis 1,40 m;
- Versuchsjahre 2002 bis 2019.

Botanische Herkunft der getesteten Unterlagsrebsorten:
Kober 5BB: *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*, 3309 Couderc: *Vitis riparia* x *Vitis rupestris*; Fercal: (*Vitis berlandieri* x Ugni blanc) x Richter 31

Bodenart, Bodenbewirtschaftung und Pflanzenschutz:
Die Bodenart ist eine carbonathaltige Braunerde auf Flyschmergel mit einem pH-Wert von 7,4. Der Kalkgehalt im A- und B-Horizont beträgt 23 – 25 % und die Kalkaktivität ist mittel (KA = 3). Der Boden hat einen Humusgehalt von 3,0 % und einen Tongehalt von 28 bis 30 %.
Die Bodenbewirtschaftung erfolgte mittels Rotationsbegrünung. Zusätzlich zu dieser Gründüngung wurde mit organischen Handelsdüngern und Qualitätskompost A^+ gedüngt. Die Bewirtschaftung des Unterstockbereichs erfolgte mittels Motorsense und Herbizidstreifenbehandlung. Bedarfsweise wurde tropfbewässert.
Der Pflanzenschutz wurde nach den Richtlinien der Integrierten Produktion durchgeführt.

Analysierte und erhobene Parameter:
Ertrag (kg/Stock), Traubengewicht (g), Mostgewicht (°KMW), Gehalt an titrierbarer Säure (g/l) und pH-Wert im Most, Schnittholzgewicht (kg/m²), Nährstoffgehalte in den Blättern, Phänologische Entwicklung, Auftreten von Chlorose und Stockinventur

Ergebnisse und Diskussion

Bei 3309 C war die Anzahl der ausgefallenen Stöcke mit 18,5 % im zwölften und 30 % im zweiundzwanzigsten Standjahr deutlich höher als bei K 5BB (9,5 % bzw. 19 %) und Fercal (9 % bzw. 23 %). Ursache für das Absterben der Stöcke war das starke Auftreten von Chlorose bei 3309 C, das bei K 5BB kaum und bei Fercal nicht gegeben war. Auch BECKER und KRIEG (2017) stellten in einem Langzeitversuch bei 3309 C mit 44 % den höchsten Anteil an Stockausfällen fest, während sie den Unterlagsrebsorten K 5BB und Fercal beste Eignung für Chlorosestandorte attestierten. Dabei konnten sie bei der Unterlagsrebsorte Fercal den deutlich geringsten Prozentanteil an Stockausfällen ermitteln. KELLER et al. (2001) verglichen die Chlorophyllgehalte der Rebsorte Müller Thurgau auf den Unterlagsrebsorten K 5BB, Teleki 5C, Teleki 8B, SO4, 3309 C und Ruggeri 140 und stellten fest, dass der Chlorophyllgehalt auf K 5BB am höchsten und auf 3309 C am geringsten war.

Tabelle 1: **Mittelwerte der Parameter Ertrag (kg/Stock), Traubengewicht (g), Mostgewicht (°KMW), Titrierbare Säure im Most (g/l) und pH-Wert im Most in Abhängigkeit von der Rebsorte / Unterlagenkombination über 18 Jahre.**

Versuchsvariante	Ertrag (kg/Stock)	Traubengewicht (g)	Mostgewicht (°KMW)	Titrierbare Säure im Most (g/l)	pH-Wert
`Roesler´ auf `K 5BB´	3,05 a	184 a	18,7 a	8,1 a	3,1
`Roesler auf `Fercal´	2,77 ab	158 b	19,0 ab	7,9 ab	3,1
`Roesler´ auf `3309 C´	2,57 b	152 b	19,2 b	7,6 b	3,1
Signifikanz	*	***	**	*	n.s.

In Tabelle 1 ist abzulesen, dass der Ertrag von Roesler auf 3309 C signifikant geringer war als auf Kober 5BB. Die Ertragswerte betrugen 3,05 kg/Stock (K 5BB), 2,77 kg/Stock (Fercal) und 2,57 kg/Stock (3309 C). Ebenso beobachteten SCHMID und MANTY (2017) eine signifikante Ertragsreduktion durch 3309 C im Vergleich zu anderen Unterlagsreben, und zwar bei der Rebsorte Spätburgunder. MEHOFER et al. (2011) stellten in einem Langzeitversuch signifikante geringere Erträge bei Zweigelt auf 3309 C im Vergleich mit anderen Unterlagen fest. SCHWAB und DORNBUSCH (2012) erkannten bei der Unterlage Fercal einen signifikant positiven Einfluss auf die Ertragsbildung. Sehr hohe Erträge zeigten sich laut SCHMID und MANTY (2017) bei der Rebsorte Trollinger auf K 5BB. Laut BECKER et al. (2005) führte der Einsatz von Fercal bei Silvaner im 16-jährigen Mittel zu Ertragsreduzierungen um 25 bis 30 % im Vergleich zu Silvaner auf anderen Unterlagsrebsorten.

Das Traubengewicht der Rebsorte Roesler war auf Kober 5BB signifikant höher als auf Fercal und 3309 C. Die Werte betrugen 184 g (K 5BB), 158 g (Fercal) und 152 g (3309 C). Analog dazu beobachteten MEHOFER et al. (2011) ein signifikant geringeres Traubengewicht bei Zweigelt auf 3309 C im Vergleich zu Zweigelt auf anderen Unterlagsrebsorten.
Das Mostgewicht war bei Roesler auf Kober 5BB signifikant niedriger als bei Roesler auf 3309 C. Die Werte betrugen 18,7 °KMW (K 5BB), 19,0 °KMW (Fercal) und 19,2 °KMW (3309 C). Bei BECKER und KRIEG (2017) wurden die Mostgewichte durch K 5BB und Fercal im Vergleich mit einundzwanzig anderen Unterlagsrebsorten nicht signifikant beeinflusst. REGNER (2019) erkannte bei der Rebsorte Grüner Veltliner auf K 5BB im Vergleich zu Grüner Veltliner auf SO4, T5C, Fercal und Gravesac in trockenen Jahren einen höheren Zuckergehalt. MEHOFER et al. (2011) ermittelten in einem Langzeitversuch ein signifikant höheres Mostgewicht von Zweigelt auf 3309 C im Vergleich zu Zweigelt auf 41 B, SO4 und Ru 140. SCHMID und MANTY (2017) beobachteten in einem Langzeitversuch signifikant geringere Mostgewichte bei Spätburgunder auf Fercal und bei Trollinger auf K 5BB im Vergleich mit anderen Unterlagsrebsorten.
Der Gehalt an titrierbarer Säure im Most war bei Roesler auf Kober 5BB signifikant höher als bei Roesler auf 3309 C. Die Werte betrugen 8,1 g/l (K 5BB), 7,9 g/l (Fercal) und 7,6 g/l (3309 C). Auch BECKER und KRIEG (2017) ermittelten bei Weißburgunder auf K 5BB im Vergleich mit Weißburgunder auf anderen Unterlagsrebsorten den höchsten Säuregehalt im Most. Die pH-Werte der Moste von Roesler auf Kober 5BB, Fercal und 3309 C unterschieden sich im Mittel der Versuchsjahre nicht signifikant voneinander. Die pH-Werte betrugen 3,1.
Beim Schnittholzgewicht von Roesler zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den drei Unterlagsrebsorten. Die Werte betrugen 2230 kg/ha bei K 5BB, 2207 kg/ha bei Fercal und 1961 kg/ha bei 3309 C. REGNER (2019) ermittelte bei Grüner Veltliner auf K 5BB den stärksten Wuchs, während Grüner Veltliner auf Fercal ein geringeres Schnittholzgewicht erbrachte. BECKER und KRIEG (2017) ermittelten in einem Langzeitversuch mit der Rebsorte Weißburgunder auf den Unterlagen K 5BB, Fercal, 3309 C und weiteren Unterlagsrebsorten ein weitgehend ausgeglichenes Wuchsverhalten. MEHOFER et al. (2011) beobachteten in einem Langzeitversuch bei Zweigelt auf Fercal ein signifikant höheres Schnittholzgewicht als bei Zweigelt auf Ganzin 9, Riparia Portalis, 101-14, 1616 C und Aripa. KRIEG (2011) attestierte K 5BB eine starke und 3309 C eine schwache bis mittlere Wuchskraft.
Bei den Gehalten an Kalium, Magnesium, Calcium, Phosphor, Mangan und Bor in den Blättern von Roesler waren signifikante Unterschiede zwischen den Unterlagsrebsorten vorhanden, während dies bei den Gehalten an Stickstoff, Eisen, Kupfer und Zink nicht der Fall war.

Zusammenfassung

In einem Langzeitversuch auf einem Standort mit carbonathaltiger Braunerde auf Flyschmergel mit 23 bis 24 % Kalkgehalt und mittlerer Kalkaktivität wurden bei der österreichischen Qualitätsweinrebsorte Roesler die Einflüsse der Unterlagsrebsorten Kober 5BB, Fercal und 3309 Couderc auf den Ertrag, das Traubengewicht, das Mostgewicht, den Säuregehalt und den pH-Wert im Most, das Schnittholzgewicht, die Gehalte an Nährstoffen in den Blättern und das Auftreten von Chlorose ermittelt. Der Ertrag war auf 3309 C signifikant geringer als auf K5BB. Das Traubengewicht war auf K5BB signifikant höher als auf Fercal und 3309 C. Das Mostgewicht war auf 3309 C signifikant höher und der Gehalt an titrierbarer Säure im Most signifikant geringer als auf K5BB. Beim pH-Wert und beim Schnittholzgewicht zeigten sich zwischen den Unterlagsrebsorten keine signifikanten Unterschiede. Bei den Gehalten an Kalium, Magnesium, Calcium, Phosphor, Mangan und Bor in den Blättern waren signifikante Unterschiede zwischen den Unterlagsrebsorten vorhanden, während dies bei den Gehalten an Stickstoff, Eisen, Kupfer und Zink nicht der Fall war. Durch 3309 C wurde ein starkes Auftreten von Chlorose ausgelöst, das zum verstärkten Absterben von Rebstöcken führte. Bei den phänologischen Entwicklungsstadien “Knospenaufbruch“ (BBCH 09) und “Beginn der Blüte“ (BBCH 61) konnten keine Unterschiede zwischen den Unterlagsrebsorten ermittelt werden.

Abstract

In a long-term experiment with the Austrian quality wine variety Roesler the influences of the three rootstock varieties Kober 5BB, Fercal and 3309 C on yield, cluster weight, must weight, titratable acidity

in the must, pH-value of the must, pruning wood weight, nutrient contents of leaves and occurrence of chlorosis were determined. The test site was a carbonate containing brown soil on flysch-marl with 23 to 24 % lime content and medium lime compatibility. Yield was significantly lower on 3309 C than on K5BB. Cluster weight was significantly higher on K5BB than on Fercal and 3309 C. Must weight was significantly higher and acidity in the must was significantly lower on 3309 C than on K5BB. With pH-value and pruning wood weight no significant differences could be determined between the rootstock varieties. With the contents of potassium, magnesia, calcium, phosphor, manganese and boron in leaves significant differences between the rootstocks were determined, whereas this was not the case with the contents of nitrogen, iron, copper and zinc in leaves. A strong occurrence of chlorosis was caused by 3309 C, which led to an increased dieback of vines. No significant differences between the rootstock varieties were observed with the phenological stages "time of bud burst" and "time of beginning of bloom".

Literatur

BECKER, A., DORNBUSCH, H. und WAHL, K. 2005: Fachgerechte Unterlagenwahl. Das steigert die Weinqualität. Das Deutsche Weinmagazin (13), 12-15.

BECKER, A. und KRIEG, U. 2017: Unterlagenwahl. Die richtige Sorte für schwierige Standorte. Rebe&Wein (07), 18-21.

KELLER, M., KUMMER, M. und VASCONCELOS, M. C. 2001: Soil nitrogen utilisation for growth and gas exchange by grapevines in response to nitrogen supply and rootstock. Australian Journal of Grape and Wine Research (7), 2-11.

KRIEG, U. 2011: Die Unterlagenzüchtung am DLR – RNH in Oppenheim oder … Das Erbe der Reblaus. Das Deutsche Weinmagazin (25/26), 40-43.

MEHOFER, M., SCHMUCKENSCHLAGER, B., VITOVEC, N., HANKA, K., REGNER, F. und RIEDLE-BAUER, M. 2011: Freilanduntersuchungen zum Einfluss von 31 Unterlagsrebsorten auf Ertrag und ausgewählte Qualitätsparameter der Rebsorte `Zweigelt´ über zwölf Jahre. Mitteilungen Klosterneuburg 61, 196-215.

REGNER, F. 2019: Sind Fercal und Gravesac praxistaugliche Unterlagsreben? Unterlagenvergleich mit K5BB, T5C und SO4. Der Winzer 75 (12), 6-10.

RÜHL, E. H. 2020: Quo vadis Rebenzüchtung? Deutsches Weinbau-Jahrbuch 2020 (71. Jahrgang), 96-100.

SCHMID, J. und MANTY, F. 2017: Neue Unterlagen im Praxistest. Zielsetzung – vollständige Reblausresistenz. Das Deutsche Weinmagazin (4), 26-29.

SCHWAB, A. und DORNBUSCH, H. 2012: Chloroseempfindlichkeit von Rebunterlagen. Das Deutsche Weinmagazin (18), 12-15.

Adresse der Autoren

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: DI Martin MEHOFER, martin.mehofer@weinobst.at

FrostStrat – Spätfrostbekämpfung im Wein- und Obstbau

FrostStrat - Late frost control in viticulture and orchards

Franz G. Rosner[1*], Ferdinand Regner[1], Lothar Wurm[1], Monika Riedle-Bauer[1], Christian Redl[1], Christian Hofmann[2], Johannes Strassmayr[2], Stefan Pfeffer[3], Andreas Schuler[3], Martin Vaibar[3], Alexander Beck[4] und Julia Schöberl[4]

Einleitung

Die in Folge des Klimawandels zunehmend milden Winter und warmen Frühjahre führen bei Wein- und Obstkulturen zu einer Verfrühung der Phänologie, nämlich einem früheren Austrieb und einer deutlich früheren Blüte. In den Austriebs- bzw. Blütephasen sind die Kulturen sehr temperaturempfindlich. Diese Verfrühung der Phänologie führte infolge von Kaltlufteinbrüchen im April und Mai in den Jahren 2016 und 2017 zu großen Spätfrostschäden (2017: 70 Mio. Euro im Wein- und Obstbau). Vorgenommene Frostbekämpfungsmaßnahmen wie Räucherung, Helikoptereinsatz, Paraffinkerzen u.a., wurden nach Gegebenheiten nicht wissenschaftsbasierend vorgenommen, weshalb trotz teurer und aufwendiger Bekämpfungsmaßnahmen große Schäden auftraten. Ein großes Problem war die exakte Temperaturmessung und die regional (auch topographisch) unterschiedliche Wetterprognose.
Klimavorhersagen prognostizieren eine starke Zunahme von Spätfrostschäden in den nächsten Jahrzehnten, sodass regionalspezifische Anpassungs- und Handlungsalternativen von entscheidender Bedeutung für den zukünftigen Wein- und Obstbau in Österreich sind. Im Rahmen eines EIP-Agri-Projektes wurden Strategien zur Reduzierung von Spätfrostschäden im Obst- und Weinbau in den Jahren 2020 bis 2022 untersucht.

Material und Methoden

Wettersensoren: Drei unterschiedliche Wettersensoren wurden für die Temperatur- und Luftfeuchtemessung verwendet:

Abbildung 1: **Barani Helix Wetterstation**

Abbildung 2: **Laird RS1xx, Temperatursensor**

Abbildung 3 und 4: **leova SMART Wetterbasisstation (links) mit Frostsensor (rechts)**

Die Daten der Wettersensoren Barani Helix (Abbildung 1) und Laird (Abbildung 2) übertragen die Daten über die Technik LoRaWan, welche derzeit in Österreich noch nicht flächendeckend ausgerollt ist

und für die Datenübertragung Gateways erforderlich sind, die einen Stromanschluss benötigen und eine Reichweite von 2 bis 40 km je nach Topografie haben. Im Gegensatz dazu wird bei den leova SMART Sensoren die LTE-M Technik verwendet, die Batterien gestützt technisch österreichweit Daten problemlos übertragen.
Die Daten wurden an die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik übermittelt, mit den Großwetterdaten zusammengespielt und über ein Wettermodell mit Hilfe künstlicher Intelligenz kleinregionale Wetterprognosen erstellt.
Versuchsanlagen:21 Standorte in Niederösterreich, Steiermark und Burgenland, wo die topografischen Wetterunterschiede untersucht und verschiedene Frostbekämpfungsstrategien vorgenommen wurden.
Frostbekämpfungsstrategien:

- Thermische Verfahren: Beheizung mit Kerzen, Öfen und Heizdrähten
- Luftumwälzung: Windräder und Helikopter
- Austriebsverzögerung: Schnittvarianten und Öl-Applikationen

Ergebnisse und Diskussion

Die Wetterdaten wurden für mobile als auch Standgeräte verfügbar gemacht. Die Sensoren können auf der Landkarte gesucht und die Wetterdaten einzeln als auch mit mehreren Sensoren gleichzeitig abgefragt werden (Abbildungen 5, 6, 7 und 8).
In Hanglagen als auch in der Eben kam es zu großen Temperaturunterschieden innerhalb einer kleine Region (Abbildungen 7 und 8).

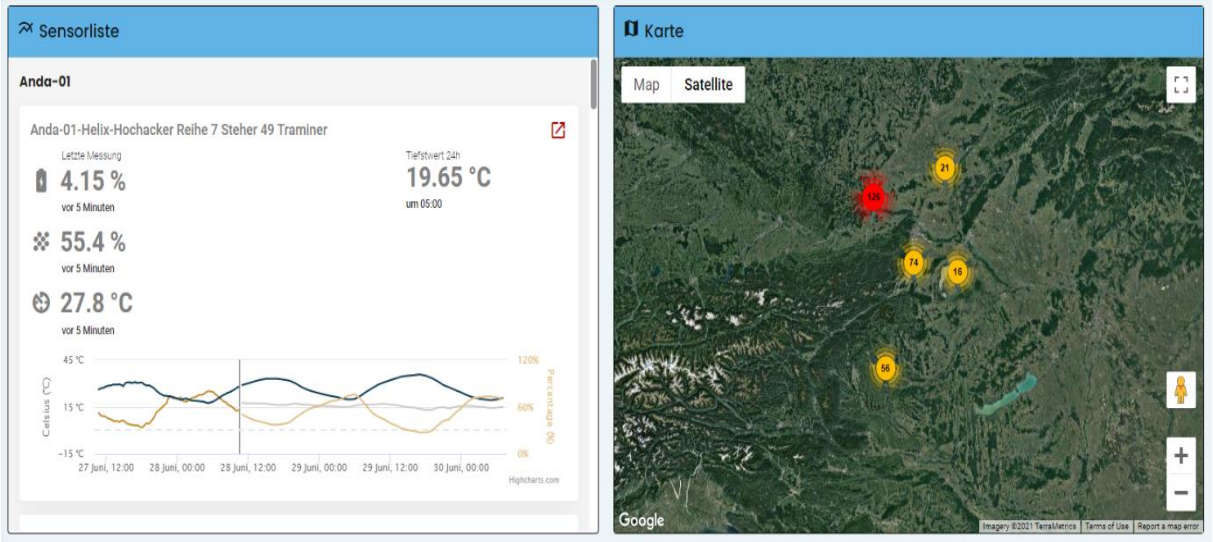


Abbildung 5: **Wettersensoren mit Wetterdaten**

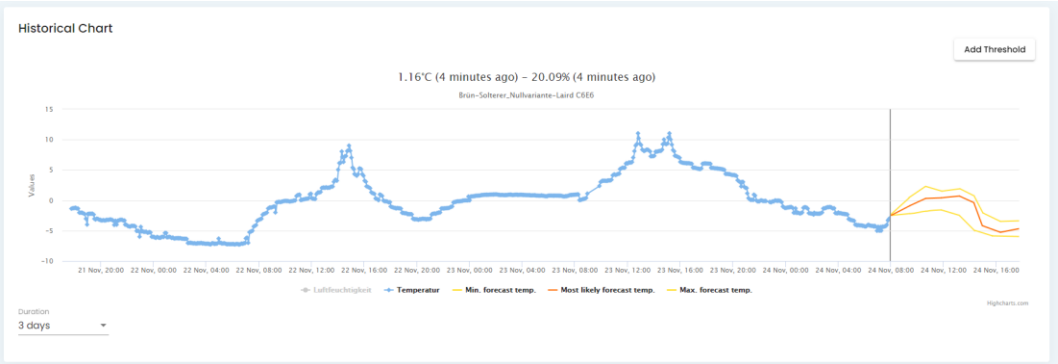


Abbildung 6: **Wetterdaten eines Sensors mit historischen Daten (blaue Farbe), dem wahrscheinlichsten Wetterverlauf (orange Farbe) und dem optimistischsten und pessimistischsten Verlauf (gelbe Farbe)**

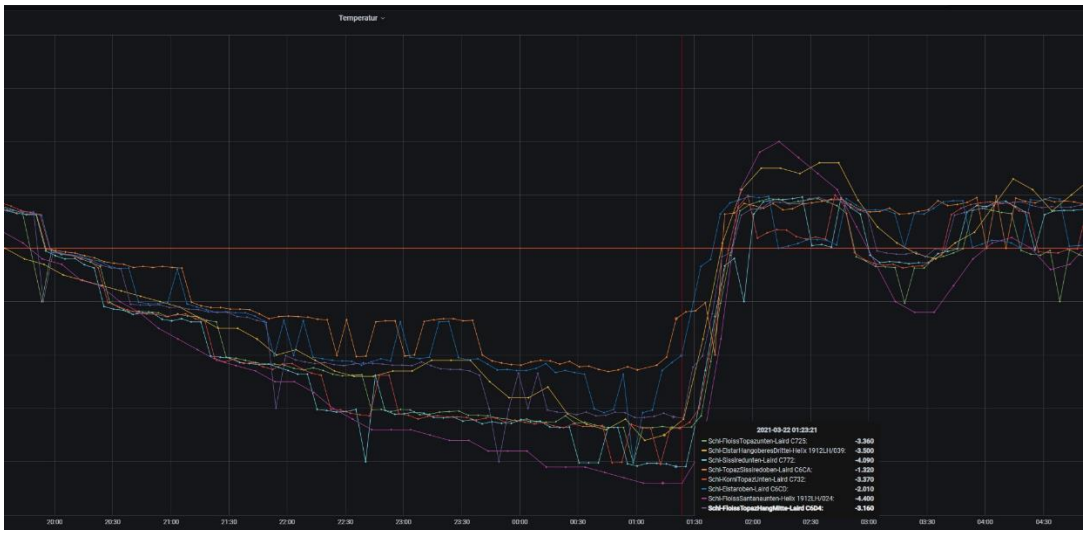


Abbildung 7: **Kleinregionale Wetterdaten in einer Hanglage**

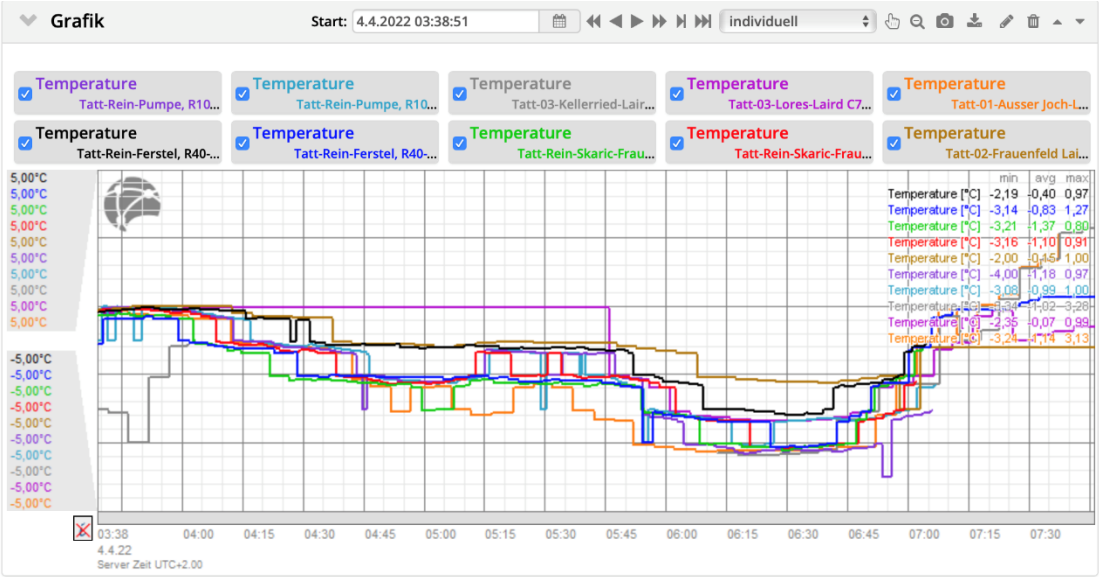


Abbildung 8: **Kleinregionale Wetterdaten in der Ebene**

Die Abweichungen der Wetterdaten waren beträchtlich und variierten kleinstregional bis zu 4°C.

Der Einsatz von Kerzen, Öfen und Heizdrähten zeigte einen guten Effekt und betrug bei Kerzen bis zu 2°C, bei Heizdrähten auch darüber (Abbildung 9). Ein zusätzlicher Einsatz von Hagelnetzen, die aufgemacht wurden, zeigte eine noch bessere Wirkung, jedoch zeigen andererseits auch Erfahrungen aus dem Jahr 2016, dass Neuschnee verheerende Folgen bei aufgemachten Hagelnetzen haben kann.

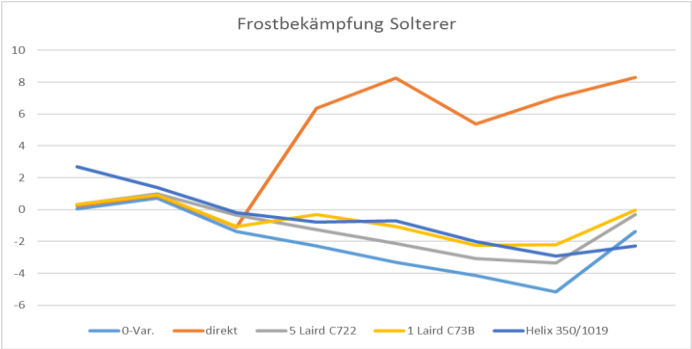


Abbildung 9: **„Direkte“ Sensorendaten sind Temperaturdaten beim Heizdraht im Vergleich zu den anderen Sensoren im Weingarten**

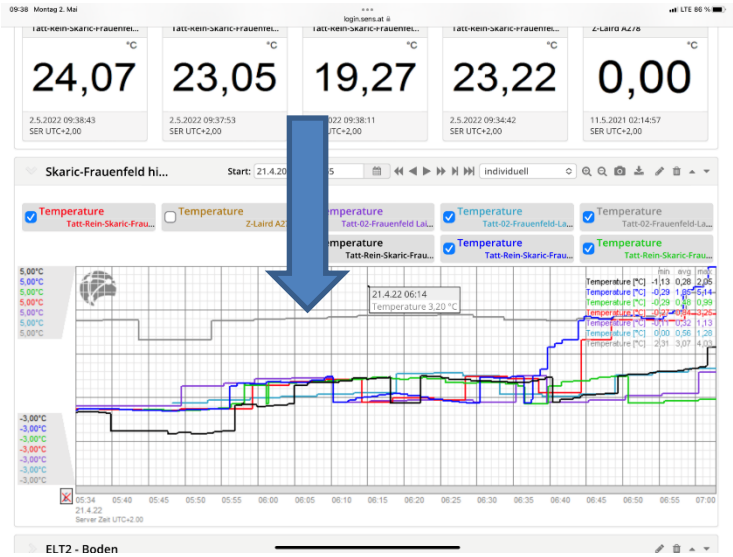


Abbildung 10: **Inverse Wetterlage mit Einsatz eines Helikopters**

Bei einer inversen Wetterlage mit rd. 3°C Unterschied zwischen 10 Meter Höhe und Boden konnte ein Effekt von rd. 1°C erzielt werden (Abbildung 10). Mobile und stationäre Windräder können ebenfalls effizient eingesetzt werden.

Eine Austriebsverzögerung mit Rebschnitt oder Öl-Applikation kann wesentlich günstiger sein als thermische oder Luftumwälzungsverfahren. Die Öl-Applikation bewirkt im günstigsten Fall eine Woche Verzögerung, manchmal nur wenige Tage. Dennoch ist es ein geeignetes Instrument, jedoch mit der Einschränkung, dass sich wenige Tage später herausstellt, dass die Maßnahme gar nicht notwendig gewesen wäre. Die Kosten der doppelten Applikation sich außerdem nicht zu vernachlässigen.
Die billigste Variante kann über den Rebschnitt erfolgen. Der Minimalschnitt und die Frostrute sind dabei bekannte Varianten. Dabei geht es primär um eine höhere Augenzahl, die bei einer Teilschädigung immer noch eine ausreichende Triebanzahl ermöglicht. Der Doppelte Zapfenschnitt ist weniger bekannt. Diese Variante benötigt einen zweiten Schnitt, der dann erfolgt, wenn die Frostgefahr insgesamt schon erheblich geringer ist. Damit lässt sich eine beachtliche Verzögerung im Austrieb erreichen, die aber auch auf die Reifeparameter noch durchschlägt.

Diese Publikation beinhaltet nur einen Teil der vorgenommen Versuche im Projekt FrostStrat.

Danksagung:

Dieses Projekt wurde gefördert von:

Europäische Union

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums: Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete.

LE 14-20 Entwicklung für den Ländlichen Raum

Bundesministerium Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Zusammenfassung

Die in Folge des Klimawandels zunehmend milden Winter und warmen Frühjahre führen bei Wein- und Obstkulturen zu einer Verfrühung der Phänologie und nachfolgende Kaltwettereinbrüche führen zu starken Spätfrostschäden im Wein- und Obstbau. Eine exakte Wetterprognose ist unumgänglich, welche im Rahmen des Projektes entwickelt wurde. Dadurch können rechtzeitig vorbereitende Maßnahmen zur Spätfrostbekämpfung getroffen werden. Drüber hinaus können die Frostbekämpfungsmaßnahmen rechtzeitig gestartet und beendet werden, sodass Kosten eingespart und die Umwelt geschont werden kann.

Die Beheizung mit Kerzen, Öfen und Heizdrähten zeigte Effekte je nach Intensität bis zu 2° C. Bei einer inversen Wetterlage konnte der Einsatz eines Helikopters bzw. von Windrädern eine Luftdurchmischung und somit einen positiven Effekt bewirken. Die Austriebsverzögerung mit Ölen oder Rebschnitt sind günstigere Varianten. Die Öle müssen vorab zweifach appliziert werden, sodass der Einsatz sich vielleicht nachträglich als nicht erforderlich herausstellt. Neben dem Minimalschnitt und der Frostrute zeigte der doppelte Zapfenschnitt eine gute Wirkung, welcher zu einer beträchtlichen Austriebsverzögerung in den Weingärten führt.

Abstract

As a result of climate change, increasingly mild winters and warm early years lead to an earlier phenology in vineyards and orchards, and subsequent cold spells lead to severe late frost damage in vineyards and orchards. An exact weather forecast is essential, which was developed within the project. This makes it possible to take preparatory measures for late frost control in good time. Furthermore, frost control measures can be started and stopped in time, thus saving costs and protecting the environment.

Heating with candles, stoves and heating wires showed effects of up to 2° C depending on the intensity. In an inverse weather situation, the use of a helicopter or wind turbines could cause air mixing and thus a positive effect. Delaying budding with oils or pruning are cheaper variants. The oils have to be applied twice beforehand, so that their use may turn out not to be necessary afterwards. In addition to minimum pruning and frost pruning, double cone pruning showed a good effect, leading to a considerable delay in budding in the vineyards.

Adressen der Autoren

[1] Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

[2] tietoevery GmbH, Rainerstr. 6-8, A-4020 Linz

[3] Microtronics Engeneering GmbH, Hauptstraße 7, A-3244 Ruprechtshofen

[4] Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hohe Warte 38, A-1190 Wien

[*] Ansprechpartner: Mag. Ing. Franz G. ROSNER, franz.rosner@weinobst.at

Aromastoffe des Weins im Zeichen des Klimawandels

Wine aroma compounds under the influence of climate change

Christian Philipp*

Einleitung

Die österreichische Weinbranche ist nicht nur für seine fruchtig-frischen Weißweine und Cool-Climate Rotweine bekannt, sondern viel mehr auch für die rassige Struktur und Lagerfähigkeit vieler großer Weißweine sowie Rotweine mit sehr großem Potential, die aber vor allem durch ihr Ecken und Kanten gefallen. Der fortschreitende Klimawandel könnte diesen hart erkämpften Erfolg schleichend gefährden. In den folgenden Kapiteln wird überblicksmäßig dargelegt, wie sich das Aroma unserer Weine durch den Klimawandel (höhere Temperaturen, stärkere UV Strahlung, Trockenstress). Ein grafischer Überblick über die Effekte des Klimawandels kann der Abbildung 1 entnommen werden.

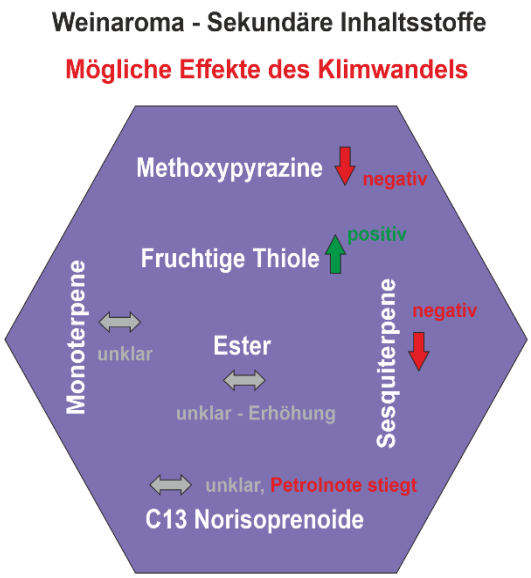


Abbildung 1: Einfluss des Klimawandels auf Leitsubstanzen des Weinaromas

Methoxypyrazine

Die Methoxypyrazine werden erst seit den 90iger Jahren als wichtige Aromakomponenten im Wein beschrieben. Die beiden bekanntesten Verbindungen sind 2-Isobutyl-3-methoxypyrazine (IBMP) und 2-Isopropyl-3-methoxypyrazin (IPMP) und sind Leitsubstanzen im Aroma der Sorten Sauvignon blanc, Cabernet Sauvignon, Merlot und Cabernet franc. Der charakteristische Geruch nach grünem Paprika, Spargel oder grüne Bohnen im Wein steht im direkten Zusammenhang mit Konzentrationen dieser Verbindungen über der Wahrnehmungsschwelle (beispielsweise bei IBMP = 2ng/l). Im zeitlichen Verlauf der Methoxypyrazin Konzentrationen in den Trauben reichern sich diese Aromastoffe bis zur Veraison (Weichwerden) an und nehmen danach bis zur Reife wieder ab. Höhere Temperaturen und stärkere Lichtstrahlung führen zur Verringerung der Gehalte an IBMP, wobei die Lichtwellenlänge (UV-B vs. VIS) keine Rolle spielt. Trockenstress wirkt sich indirekt aus, indem die Laubwand geringer wird. Der Einfluss ist vor der Veraison stärker, weshalb man das Laubwandmanagement einen entscheidenden Einfluss auf die finalen Konzentrationen hat.

Flüchtige Thiole

Die flüchtigen Thiole, zählen zu den Sortenaroma-Verbindungen, die durch Hefeaktivität während der alkoholischen Gärung aus ihren nichtflüchtigen Vorstufen (z.B. Cystein-gebundene Aromavorstufen) freigesetzt werden. Mit ihrem charakteristischen Duft nach exotischen Früchten zählen sie zu den typischen Aromastoffen von Sauvignon blanc und Sämling 88. In den letzten Jahren führte der lange Kontakt mit Traubenschalen, der Einsatz von Hefe-Stämmen mit einer Cysteinlyase Aktivität, ein reduktiver Ausbau und kalte Vergärung zu einem bemerkenswerten Anstieg eines „Sauvignon blanc-Aromas“. Dies war sogar in neutralen Rebsorten zu beobachten. In Österreich heimische Rebsorten wie Grüner Veltliner, Müller-Thurgau, Weißer und Grauer Burgunder und auch Riesling zeigten verstärkt ein eher untypisches Aroma nach Passionsfrucht, Holunderbeere und Schwarzer Johannisbeere. Es macht deutlich, dass an Cystein gebundene Aromavorläufer weiter verbreitet sind als bisher angenommen wurde. Der Einfluss der Technologie auf diesen Trend ist bemerkenswert, allerdings spielt auch die Klimaerwärmung eine Rolle. Hohe Lichtintensität erhöht tendenziell den Thiolgehalt, ebenfalls begünstigt UV-Licht höhere Konzentrationen von Thiolen. Generell fördert ein moderater Temperatur- und Trocken-

stress die Bildung von Thiolen. Zu extremer Stress führt hingegen zur einer Thiolreduzierung. Schlussfolgernd kann behauptet werden, dass moderne Technologien und der fortschreitende Klimawandel zu höheren Gehalten an Thiolen führen können.

Rotundon

Das Sesquiterpen Rotundon ist in Syrah Weinen, aber auch in Grüner Veltliner mit der Pfeffrigkeit assoziiert. Eine Studie an der HBLA für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg zeigte, dass die Bandbreite der Konzentration des Rotundons in Grüner Veltliner Weinen der Jahrgänge 2009-2015 zwischen einem Minimum von 9,50 ng/l und einem Maximum von 84,7 ng/l lag. Der durchschnittliche Gehalt berücksichtigt alle untersuchten Jahrgänge und lag bei rund 31,7 ng/l. Vom sensorischen Standpunkt aus bedeutet dieser Wert eine doppelte Überschreitung des Schwellenwertes für Weißwein (<15 ng/l). Das heißt, dass diese Verbindung für die Charakteristik und Typizität unserer Grüner Veltliner Weine extrem wichtig ist. Neueste Studien zeigen, dass die Rotundon-Konzentrationen in Blaufränkisch Weinen im Vergleich ähnlich hoch sein können, wie in Syrah Weinen. Das heißt, dass auch das Blaufränkisch Aroma von dieser Verbindung profitiert. Es gibt eine Reihe von Parametern die den Gehalt an Rotundon positiv beeinflussen. Dazu zählen kühlere Temperaturen, feuchtes Wetter, Schatten (Beschattung der Trauben), geringe Erträge, später Lesezeitpunkt und hohe Höhenlage. Darunter sind einige Faktoren, die sich im Zuge des Klimawandels ungünstig entwickeln werden, einige andere Faktoren wie Schatten, geringe Erträge, später Lesezeitpunkt und in manchen Regionen die Höhenlage sind durch den Winzer beeinflussbar. Tendenziell werden aber die Gehalte bei fortschreitenden Klimawandel geringer werden.

Monoterpene

Die typischen Aromen der muskierenden Rebsorten wie Muskateller, Traminer sind auf Monoterpene zurückzuführen. Aus einer großen Gruppe von Einzelverbindungen, die zu den Monoterpenen zählen, sind Linalool, Geraniol und Citronelool hervorzuheben, weiters spielt das cis-Rosenoxid für den typischen Geruch von Traminer Weinen eine entscheidende Rolle. Auch in geringeren Konzentrationen spielen diese Verbindungen beispielsweise in Riesling, der als halbaromatisch eingestuft wird, eine entscheidende Rolle. Monoterpene liegen sowohl frei als auch zuckergebunden (nicht geruchsaktiv) vor. Die zuckergebundenen Vorstufen sind ein Reservoir. Durch Säurehydrolyse werden die Vorstufen während der Lagerung freigesetzt und der fiktive Eisberg schmilzt, sowohl unter als auch ober der Wasseroberfläche. Allgemein wird angenommen, dass kühle Nächte und warme Tage die Bildung von Monoterpenen fördern. Diese lang-gültige These ist allerdings durch jüngste Forschungsergebnisse umstritten. Fix ist, dass höhere Lichtintensität und mehr UV-Licht zur Erhöhung der Konzentrationen führen, auch erhöht Trockenstress tendenziell den Gehalt an Monoterpenen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Klimawandel nicht unbedingt zur Verringerung, sondern vermutlich eher zur Erhöhung der Konzentrationen an freien Monoterpenen führen wird.

Ester

Gemeinsam mit verschiedenen organischen Säuren können die höheren Alkohole eine Vielzahl verschiedener Ester formen, welche das Weinbukett beeinflussen. Die Ester sind für die generelle Fruchtigkeit und für die Frische in Weinen verantwortlich. Welche Ester vorwiegend gebildet werden hängt von der Gärtemperatur ab. Bei kühlerer Temperatur dominieren kurzkettige Ester mit einem Duft nach Drops, Banane, Maracuja, Zitrus. Wärmere Temperaturen führen zu langkettigen Estern mit nussig-brotigem Aroma. Während der Flaschenlagerung kommt es zu einer Zunahme von Fettsäureethylestern, sowie zu einer Abnahme von Acetaten. Die Zunahme von Mono- und Dicarbonsäure-ethylestern haben aufgrund ihrer geruchlich niedrigen Intensität keine besondere Auswirkung auf das Aromaprofil des Weines. Acetate hingegen sind für die frische und fruchtige Aromatik von Jungweinen verantwortlich, sie sind die Ester der Essigsäure und nehmen aufgrund ihrer Instabilität bereits im ersten Jahr nach der Abfüllung im Wein stark ab. Langkettige Ester führen im Wein zu Aromakomponenten von Brot, Nuss und Honig. Als Ester mit höchster Geruchsintensität gelten solche mittlerer Kettenlänge, wie beispielsweise das mit Kernobst assoziierte Ethylhexanoat. Der gesamte Prozess der Umesterung ist auf eine Gleichgewichtsreaktion in saurer, Ethanol-wässriger Lösung zurückzuführen, die etwa 4-6 Jahre andauert, bis konstante Werte im Wein erreicht werden. Der Gehalt an Ester wird nicht direkt sondern indirekter durch den Klimawandel über die Traubenzusammensetzung (Aminosäuren, Fette) beeinflusst. Die Wasserversorgung und Temperatur beeinflussen den Stickstoffgehalt stark. Es scheint auch so als würde UV-Licht den Gehalt an Estern geringgradig erhöhen.

C13-Norisoprenoide

C13-Norisoprenoide sind Abbauprodukte von Carotinoiden und liegen zunächst Zucker gebunden vor. Dazu zählen unter anderem das ß-Damascenon als typische Verbindung im Aroma von Chardonnay- und Rheinrieslingweinen, das ß-Ionen in Rotweinen (Veilchenduft), das Rieslingacetal als Vorstufe der Petrolnote in Riesling-Weinen, Vitispiran und 1,1,6 Trimethyldihydronaphtalin (TDN) als Leitsubstanzen der Petrolnote. Lichtintensität und UV Strahlung führen tendenziell zu höheren Gehalten an C13-Norisoprenoiden. In Bezug auf den Einfluss von Temperatur und Trockenheit gibt es keinen Konsens in der Wissenschaft. Einzig beim TDN ist sicher, dass höhere Temperaturen zu steigenden Gehalten führen. Die Leitsubstanz der Petrolnote muss im Kontext der Klimaerwärmung genauer betrachtet werden. Rheinriesling aber auch Grüner Veltliner sind besonders davon betroffen.

Zusammenfassung

Der fortschreitende Klimawandel hinterlässt einen merkbaren Abdruck im Aroma unserer Weine.. Es sind demnach viele Aromagruppen betroffen und somit alle relevanten Rebsorten. Unseres Erachtens ist leider Österreichs-Leitsorte Grüner Veltliner fast am offensichtlichsten betroffen. Einerseits durch die Reduktion der Pfeffrigkeit (Abnahme der Rotundon-Konzentrationen) und die Zunahme von eigentlich untypischen Sauvignon Blanc Aromen, verursacht durch höhere Konzentrationen an flüchtigen Thiolen. Andererseits ist auch die Petrolnote sicherlich ein Thema beim Grüner Veltliner, zwar nicht so dominant wie bei Riesling, aber doch über der Geruchsschwelle.Außerdem wird vermehrt der Weinfehler Untypische Alterung auftreten. Das zeigen jüngste Forschungen in Klosterneuburg, die sich mit den Auswirkungen des Klimawandels beschäftigen (u.a. höhere Tendenz von Petrolnoten; vermehrte UTA Problematik). International werden unsere Grüner Veltliner Weine sehr geschätzt, allerdings gibt es in letzter Zeit auch Experten, die behaupten, dass sich der Klimawandel bereits bemerkbar macht. Die große Zukunftsaufgabe wird also die Entwicklung von Anpassungsstrategien sein, daher sind spezifische Terroir-Studien, weinbauliche und kellerwirtschaftliche Versuche aber auch Neuzüchtungen notwendig. Das Ziel muss sein, Altbewährtes so gut wie möglich zu bewahren aber auch neue Chancen zu suchen und zu nutzen.

Abstract

The ongoing climate change leaves a noticeable mark on the aroma of our wines. Accordingly, many aroma groups are affected and thus all relevant grape varieties. In our opinion, unfortunately, Austria's leading variety Grüner Veltliner is almost the most obviously impacted. On the one hand, by the reduction of peppery notes (decrease of Rotundon concentrations) and the increase of actually untypical Sauvignon Blanc aromas, caused by higher concentrations of volatile thiols. On the other hand, petrol notes are also certainly an issue in Grüner Veltliner, although not as dominant as in Riesling, but still above the odor threshold.In addition, the wine defect Untypical Aging will occur more frequently. This is shown by recent research in Klosterneuburg, which deals with the effects of climate change (among other things, higher tendency of petrol notes; increased UTA problem). Internationally, our Grüner Veltliner wines are highly appreciated, but recently there have been experts who claim that climate change is already making itself felt. The great task for the future will therefore be the development of adaptation strategies, therefore specific terroir studies, viticultural and cellar experiments but also new breeds are necessary. The goal must be to preserve the tried and tested as well as possible, but also to seek and exploit new opportunities.

Literatur

Beim Autor erhältlich

Adressen der Autoren

HBLAuBA für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74, 3400 Klosterneuburg

[*] Ansprechpartner: DI Dr. Christian PHILIPP, christian.philipp@weinobst.at

Hefen im Klimawandel
Säureschonung und Alkoholreduktion mittels neuer Hefen

Yeasts in climate change
Acid protection and alcohol reduction using new yeasts

Karin Mandl*, Jasmina Suljic, Christoph Mutz, Michael Winkler und Harald Scheiblhofer

Einleitung

Klimaerwärmung ist heutzutage ein sehr präsentes Thema, insbesondere in der Weinindustrie wo sie sich auf die Verringerung des Säuregehalts des Weines und die Erhöhung des Alkoholgehalts auswirkt. Dieser Umstand führt zu neuen Marktanforderungen und Zielsetzungen von Hefen. Bedeutende Hefeforschungsstationen haben sich mit der Entwicklung von neuen Hefen mit anderen angepassten Eigenschaften auseinandergesetzt und fünf davon wurden anhand eines Vergleichs in diesem Versuch getestet. Das Ziel war Erhaltung eines hohen Säuregehaltes, das Erreichen eines niedrigen Alkoholgehaltes sowie gute sensorische Eigenschaften.

Material und Methoden

Das Traubenmaterial, Grüner Veltliner, stammte von den Außenstellen Agneshof und Götzhof, die Gärtemperatur betrug 15 bis 17 °C. Mostwerte sind in Tabelle 1 dargestellt. Um bessere Ergebnisse beim Keltern und Pressen zu erreichen, wurde der Most mit dem pektolytischen Enzympräparat Vinoyzym FCE-G® behandelt. Im Zuge der Mostbehandlung wurde mit Kaliumpyrosulfit geschwefelt, um die Wildflora bis zur Beimpfung durch die Versuchshefen zu unterdrücken. Der Versuchsansatz erfolgte in der dreifachen Wiederholung. Die alkoholische Gärung wurde mit Fermaid® AT (Lallemand GmbH), ein Hefenährstoff mit Diamoniumphosphat und Vitamin B1 (Thiamin,11 g/30 l Most), unterstützt. Der Wein wurde direkt nach der Gärung auf 35 mg SO_2/l eingestellt und bis zur Filtration und Abfüllung gelagert.

Tabelle 1: **Mostwerte**

°KMW	Relative Dichte (20/20)	Glucose (g/L)	Fructose (g/L)	Titrierbare Säure (g/L)	pH-Wert	Weinsäure (g/L)	Äpfelsäure (g/L)	Flüchtige Säure (g/L)	NOPA (mg/L)	Ammonium (mg/L)	Gesamt Stickstoff (mg/L)
18	1,0885	107,2	113	5,4	3,24	4,4	2,6	0,2	161	102	263

Um mögliche fehlerhafte Gärverläufe zu minimieren, wurden kontinuierliche Gärkontrollen mittels FTIR (Fourier transformierter Infrarotspektroskopie, Oenofoss-Messgerät) durchgeführt. Am Ende der Gärung sind mittels FTIR (Wine Scan, Firma Foss) die Messdaten des Jungweines erhoben worden. Ebenso ist bei der Messung im Jungwein anzumerken, dass hier eine gewisse Analysenschwankung zu berücksichtigen ist und Unterschiede beim Alkohol von 0,1 oder 0,2 %Vol. nicht als statistisch gesicherte Unterschiede angesehen werden können. Unterschiede im Säuregehalt oder Milchsäuregehalt von 1 g/l und mehr sind aber sehr wohl als klare Differenz zu sehen.

Die sensorische Bewertung erfolgte mittels unstrukturierter Skala von 0 bis 10, wobei 0 für „nicht vorhanden“ und 10 „sehr intensiv“ entsprach. Die Verkostung fanden in zwei wiederholenden Blöcken mit sechs Kostern statt. Das Gesamtergebnis repräsentiert zwölf Verkostungseinheiten.

Ergebnisse und Diskussion

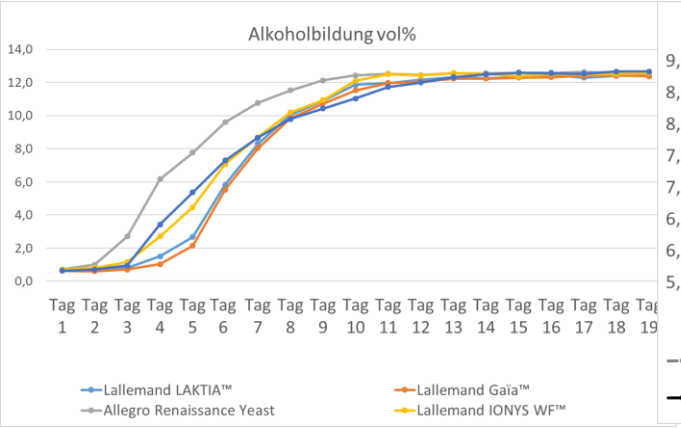


Abbildung 1: **Darstellung der Mittelwerte der Alkoholwerte aller fünf Hefen**

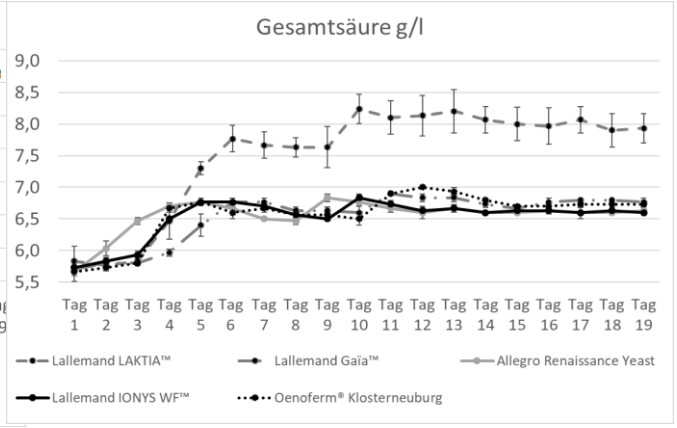


Abbildung 2: **Darstellung der Mittelwerte der Gesamtsäurewerte aller fünf Hefen**

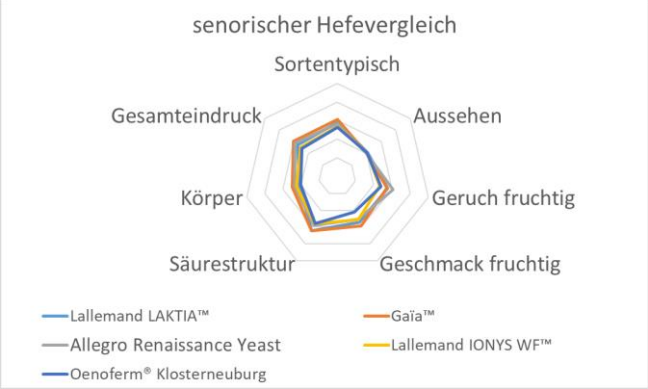


Abbildung 3: **Darstellung der sensorischen Mittelwerte der Verkostung aller fünf Hefen**

Oenoferm® Klosterneuburg (Erbslöh GmbH), eine *Saccharomyces cerevisiae*, ist eine Selektion der HBLA und BA für Wein- und Obstbau. Durch ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten findet sie ihre Anwendung speziell bei Weißweinen. In dem Versuch wurde diese Trockenreinzuchthefe als Referenzhefe benutzt, um die Vergleichbarkeit zu den anderen Versuchshefen sowie deren Stoffwechselendprodukte darzustellen. Mit durchschnittlich 12,7 %Vol. Alkohol liegt diese Hefe bei diesem Versuch im oberen Bereich und stellt damit eine gute Vergleichsbasis für die „alkoholreduzierenden" Hefen des Versuches dar. Die Gesamtsäure von etwa 6,3g/l bleibt im repräsentativen Mittelfeld. Eine gute Sortentypizität mit dezenter fruchtiger Nase nach grünem Apfel, Zitrone und Stachelbeere charakterisiert diesen Wein. Im Vergleich zu den anderen Versuchsweinen war wenig Frucht am Gaumen nach Zitrone, Apfel, Steinobst und Grapefruit wahrnehmbar. Die gute Säurestruktur war frisch und spitz mit einem schlanken Körper.

IONYS WF™ (Lallemand GmbH), *Saccharomyces cerevisiae*, wird bevorzugt bei Rotwein eingesetzt. Laut Hersteller verspricht diese Hefe eine erhöhte Bildung von Bernsteinsäure bzw. eine Reduktion des pH-Wertes und eines geringeren Alkoholgehaltes. Mit einem durchschnittlichen Alkoholgehalt von 12,6 %Vol. ist die Reduzierung des Alkoholgehaltes im Vergleich zur Referenzhefe Oenoferm® Klosterneuburg mit 12,7 %Vol. zwar vorhanden, jedoch konnten die vom Hersteller versprochene Angaben der Alkoholreduzierung von 0,4 bis 0,8 %Vol. Alkohol nicht bestätigt werden. Eine Erhöhung der Gesamtsäure um 0,4 bis 1,4 g/l durch die Bildung von Bernsteinsäure war in diesem Versuch ebenfalls nicht zu beobachten. In diesem Versuch wurde allerdings nur die Gesamtsäure gemessen. Der Wein wurde als sortentypisch von den Kostern beschrieben. Die Frucht war in der Nase nach Stachelbeeren, grünen Apfel und Steinobst dezent wahrnehmbar. Am Gaumen wurde die Frucht nach Pfirsich und Zitrone unterlegt mit Apfeltönen beschrieben. Dieser harmonische Wein mit mittleren Körper hinterließ einen durchschnittlichen Gesamteindruck.

Allegro Renaissance Yeast™ (Renaissance Yeast und Vino Facto GmbH), dieser speziell gezüchtete Hefestamm wurde zur Produktion von Estern und für eine bessere Aromatik in Weißweinen erzeugt. Es

handelt sich dabei um einen Hefehybrid der Gattung *Saccharomyces cerevisiae* variation *bayanus*. Der Alkoholgehalt liegt mit 12,7 %Vol. im oberen Bereich aller Versuchsansätze und ist mit der Referenzhefe gleichzustellen. Der Hersteller verspricht außerdem 20 % weniger Äpfelsäure, um das Aromaprofil für fruchtige Ester bei weißen Rebsorten hervorzuheben. Der tatsächliche Gehalt an Äpfelsäure liegt in diesem Versuch mit 2,1 g/l im Bereich aller anderen Hefen. Laut Hersteller soll diese Hefe unter anderem einen sehr hohen Verbrauch an Äpfelsäure bei der Gärung aufweisen. Der Wein der Hefe Allegro Renaissance Yeast™ zeigte in diesem Versuch eine gute Sortentypizität mit einer sehr ausgeprägten Nase nach Zitrone, Pfirsich und reifen Apfeltönen. Die Frucht am Gaumen wurde seitens der Koster hauptsächlich als Zitronentöne und Anklänge nach Apfel, Mango und Steinobsttönen beschrieben. Bei diesem Wein fiel die frische gute Säurestruktur positiv auf und hinterließ einen guten Eindruck.
LAKTIA™ plus LALVIN® EC1118 (Lallemand GmbH) bei dieser neuen Reinkultur der Gattung *Lachancea thermotolerans* verspricht der Hersteller einen erhöhten Milchsäuregehalt nach der Gärung. Der Wein der Hefe LAKTIA™ zeigte in diesem Versuch eine gute Sortentypizität mit guten fruchtigen Geschmack und Geruch nach reifem und grünem Apfel begleitet von Zitronen- und Steinobsttönen. Zudem war ein kräftiges Säureprofil mit einem schlanken Körper festzustellen, er hinterließ einen guten Gesamteindruck.
Gaïa™ plus LALVIN® EC1118 (Lallemand GmbH), dies ist eine modere Reinzuchthefe des Stammes *Metschnikowia fructicola*. Sie gehört zu den nicht alkoholresistenten Hefen und der Most muss in Form einer sequentiellen Inokulation mit anschließender *Saccharomyces*-Hefezugabe zu Ende vergoren werden. Ohne eigenem Gärvermögen sorgt die Gaïa™ während der Adaptionsphase der *Saccharomyces*-Hefe für eine Unterdrückung der natürlichen Wildflora. Mit einem Alkoholgehalt von 12,3 bis 12,5%Vol. liegt diese Hefe im reduziertem Alkoholbereich. Bei diesem Versuchsansatz wurde bei der abschließenden FTIR-Messung des Jungweines eine erhöhte Konzentration an Fructose (3,5 g/l) festgestellt. Der Wein der Hefe Gaïa™ war in diesem Versuch sehr sortentypisch und fruchtig in der Nase nach Zitrone, grünen Apfel mit Anklängen von Steinobst. Am Gaumen waren Steinobsttöne-, Maracuja- und Grapefruittöne markant feststellbar. Die Weine dieser Hefe wurden als die fruchtigsten Weine von allen wahrgenommen. Durch die lebendige Säurestruktur mit sehr gutem Köper hinterlässt der Wein eindeutig den besten Gesamteindruck.

Zusammenfassung

Es hat sich gezeigt, dass die Hefe LAKTIA™ unter den gegebenen Versuchsbedingungen zu einem geringeren Alkoholgehalt sowie durch Bildung von Milchsäure zu einem höheren Säurewert geführt hat. Diese Hefe hinterließ einen sehr guten Eindruck und hat alle unsere Erwartungen, die wir an eine Klimahefe stellen, erfüllt. Generell zeigten alle „neuen“ getesteten Hefen, zumindest in Ansätzen, dass sie das Potenzial haben, einen stärkeren Einfluss auf den Weincharakter auszuüben wie die Vergleichshefe Oenoferm® Klosterneuburg.

Abstract

It has been shown that under these test conditions the LAKTIA™ yeast led to a lower alcohol content by formation of lactic acid to a higher acid value. This yeast make a good impression and fulfil all our expectations of a climate yeast. In general, all the "new" tested yeasts show, that they have the potential to exert a stronger influence on the wine character than e.g. the reference yeast Oenoferm® Klosterneuburg.

Literatur

MANDL K., MUTZ C., SULJIC J., WINKLER M., SCHEIBLHOFER H. 2020: Hefen im Klimawandel, Der Winzer 09/20; S.6 -9

Adresse der Autoren

HBLA und BA für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74, 3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: Dr. Karin Mandl, Karin.Mandl@weinobst.at

Untersuchungen zur Optimierung von Gärungen unter Beteiligung von Nicht-Saccharomyces Hefen und Hefen mit erhöhter Säurebildung unter Verwendung von Trauben aus biologischer und konventioneller Produktion

Investigations on the optimization of fermentations involving non-Saccharomyces yeasts and yeasts with increased acid formation using grapes from organic and conventional production

Harald Scheiblhofer, Francesca Gesellmann, Michael Liegenfeld, Herbert Schödl, Michael Winkler, Christian Philip, Elsa Patzl-Fischerleitner, Susanne Schneider, Veronika Schober und Monika Schilcher

Problemstellung

In den letzten Jahren entwickelte sich die naturnahe Weinbereitung zu einem zentralen Thema in der Weinwirtschaft. Besonders die spontane Vergärung der Weine und der Verzicht auf Reinzuchthefen sind zurzeit im Trend. Dabei stellte sich jedoch heraus, dass es oft zu Gärproblemen bei Spontangärungen kommt. Besonders Gärstockungen und die Bildung von Fehltönen kommen des Öfteren vor und bereiten vielen WinzerInnen Probleme. Durch diese Arbeit sollte daher der Einfluss der Traubenproduktionsweise auf den Wein und vor allem auf die Hefepopulation untersucht werden. Weiters sollte geprüft werden, ob neue auf dem Markt befindliche Hefen aus Sicht der Praxis auch das halten, was sie versprechen.

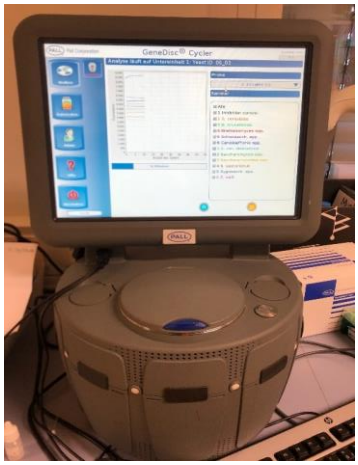
Material und Methoden

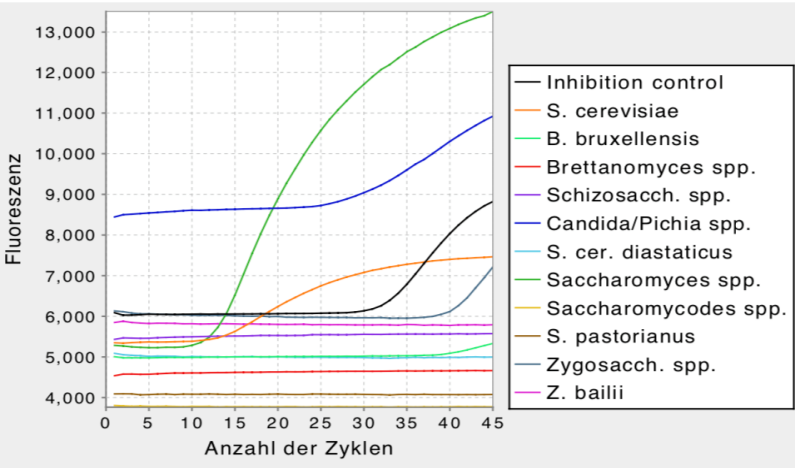
Für die Versuche wurde Traubenmaterial von verschiedenen Standorten verwendet. Die Sorte Grüner Veltliner für die Weißweinversuche wurde in Donnerskirchen im Burgenland geerntet. Die Blaufränkisch Trauben für die Rotweinversuche wurden in Deutschkreutz im Burgenland geerntet. Es wurden jeweils Trauben aus biologischer und konventioneller Bewirtschaftung aus vergleichbaren Weingärten bzw. Lagen geerntet.

Die Reinzuchthefeversuche wurden mit folgenden Hefen durchgeführt:

- Lalvin EC 1118 (Reinzuchthefegärung Weißwein *Saccharomyces cerevisiae var. Bayanus*)
- Lalvin Rhône 2056 (Reinzuchthefegärung Rotwein *Saccharomyces cerevisiae*)
- IONYS WF™ (Säurebildende Hefe für Rotwein *Saccharomyces cerevisia*)
- Laktia™ (Säurebildende Hefe für Weißwein *Lachancea thermotolerans*)
- Gaïa™ (Mikroorganismen unterdrückende Hefe bei Weißwein *Metschnikowia fructicola*)

Mittels Pall GeneDisc System wurden die einzelnen vorhandenen Hefestämme bzw. die Gesamthefezellzahlen der Ausgangsmoste und der Jungweine detektiert:





Versuchsaufbau

Es wurden Trauben aus biologischer und aus konventioneller Bewirtschaftung separat verarbeitet und von jeder Variante 3 Glasballons befüllt.

Reinzuchthefegärungen:

Die Moste der Grünen Veltliner Trauben wurden in 34 L Ballons gefüllt und anschließend mit der Reinzuchthefe EC 1118 beimpft. Die Maische der Blaufränkisch Trauben wurde ebenfalls in Plastik-Gärbehälter zu 40 kg aufgeteilt und mit der Reinzuchthefe Rhone2056 geimpft.

Spontangärungen:

Die geklärten Weißweinmoste wurden in 34 L Ballons aufgeteilt. Die Rotweinmaische wurden ebenfalls in Ballons zu 40 kg aufgeteilt.

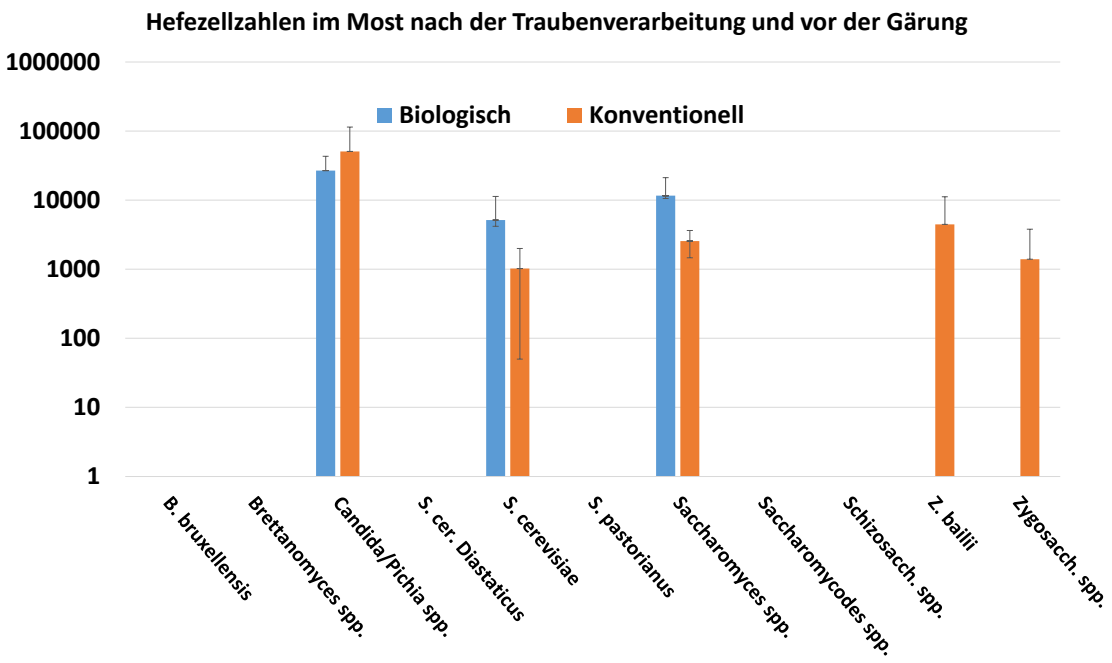
Gärungen mit „Spezialhefen“:

Drei Ballons mit Grüner Veltliner Mosten wurden mit der Hefe Laktia beimpft und drei Ballons mit Blaufränkisch Maische wurden mit der Hefe Ionys beimpft.

Weiters wurden drei Ballons mit Grüner Veltliner Maische mit der Hefe Gaia beimpft.

Ergebnisse und Diskussion

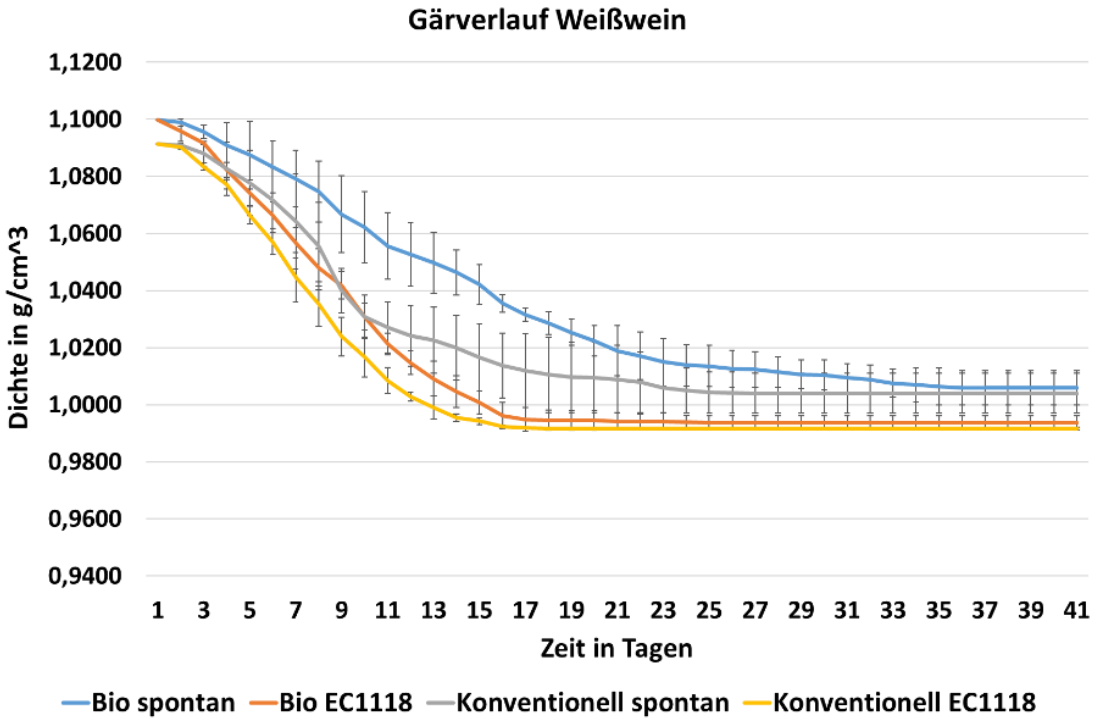
In der Praxis wird oft behauptet, dass auf biologisch bewirtschafteten Trauben eine größere Diversität an Hefestämmen und auch eine größere Hefezellzahl vorzufinden sei. Mit dieser Arbeit konnte dies nicht bestätigt werden. Es wurden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich den Hefezellzahlen festgestellt. In den meisten Fällen wurde sogar bei den konventionellen Varianten eine höhere Hefezellzahl und vor allem mehr Arten von Hefen festgestellt als in den biologischen Varianten. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass es bei der biologischen Produktion zu einem vermehrten Einsatz von kupferhältigen Pflanzenschutzmitteln und damit einer Reduktion der Hefen kommt.



In der Abbildung ist ersichtlich, dass in den konventionellen Varianten mit konventionell produzierten Trauben mehr Hefezellen der Arten *Candida/Pichia spp.* detektiert wurden, als in den biologischen Varianten. Weiters wurden die Hefearten *Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces spp., Zygosaccharomyces bailii* und *Zygosaccharomyces spp.* gefunden. In den biologischen Varianten waren mehr *Saccharomyces cerevisiae bzw. Saccharomyces spp*. Hefen vorhanden, allerdings keinerlei Hefen der Arten *Zygosaccharomyces bailii* und *Zygosaccharomyces spp.*

Bei den Rotweinen gärten sowohl die Varianten mit Reinzuchthefe als auch die spontan vergorenen Varianten problemlos durch. Bei den Weißweinen gärten nur die mit Reinzuchthefe beimpften Varianten durch, alle Varianten der Spontangärungen, sowohl biologisch als auch konventionell, beendeten die Gärung vorzeitig. Durch die lange und sehr langsame Gärung wurden bei den Spontangärungen auch höhere Gehalte an flüchtigen Säuren und auch vermehrt Fehltöne festgestellt.

Die Hefe Laktia produzierte circa 1 g/L Milchsäure vor der Gärung und die Hefe Ionys bildete circa 0,6 g/L Bernsteinsäure. Die Weine, die mit der Hefe Laktia beimpft wurden, wurden auch sensorisch als saurer empfunden, bei der Hefe Ionys war das nicht der Fall.



In der Abbildung ist ersichtlich, dass alle mit Reinzuchthefe beimpften Varianten trocken durchgegoren sind. Die Spontangärungen beendeten die Gärungen alle vorzeitig und konnten daher nicht den gesamten Zucker vergären. Die Spontangärungsvarianten beendeten die Gärung bei einer Dichte von circa 1,005 g/cm^3, während die Reinzuchthefegärungen bei circa 0,992 g/cm^3 endeten. Die Varianten mit den konventionell produzierten Trauben gärten etwas schneller, als die biologisch produzierten Varianten.
Weiters konnte festgestellt werden, dass die Hefe Gaia einen Oxidationsschutz für die Maische bietet, da die Moste nach dem Abpressen sehr hell waren. Die Ergebnisse waren ähnlich den Varianten mit SO_2 –Zusatz, womit mittels dieser Hefe möglicherweise ein SO_2 Ersatz oder zumindest eine Einsparung bei der Traubenverarbeitung möglich erscheint. Außerdem wurde beobachtet, dass die Hefe einen weißen „Teppich“ über der Maische bildete. In der Sensorik zeigten die Weine, bei denen die Hefe Gaia getestet wurde, einen brotig, hefigen Charakter, was mit der extrem hohen Hefezellzahl im Most zusammenhängen könnte.

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Eigenschaften von Nicht-Saccharomyces Hefen in der praktischen Anwendung zu untersuchen. Ein weiteres Ziel war es festzustellen, ob es bei der Arbeit im Keller einen Unterschied zwischen biologischem und konventionellem Traubenmaterial gibt. Weiters wurden Untersuchungen mit neu am Markt befindlichen säurebildenden und mikroorganismen-unterdrückenden Hefen durchgeführt. Die von den Herstellern der „neuen Hefen“ angegebenen Eigenschaften konnten weitgehend bestätigt werden und eine prinzipielle Eignung für österreichische Weine, zumindest für spezielle Rahmenbedingungen wie geringe Säuregehalte im Most oder SO2-Einsparung bei der Traubenverarbeitung, gezeigt werden. Zwischen den biologisch und konventionell produzierten Trauben konnten vor allem Unterschiede in der Art und Anzahl der Hefen gezeigt werden, wobei die biologisch produzierten Trauben häufig weniger Arten und auch geringere Mengen an Hefen besaßen als die konventionellen Trauben.

Abstract

The aim of this work was to investigate the fermentability of non- *Saccharomyces* yeasts and to determine whether there is difference between organic and conventional grape material. In addition, studies

were carried out with acid-producing and microorganism-suppressing yeasts. The properties specified by the manufacturers were largely confirmed and general suitability for Austrian wines could be shown. Between organically and conventionally produced grapes of yeasts could be shown especially differences in the type and number. The organically produced grapes often had fewer types and also lower amounts of yeast than the conventional grapes.

Adresse der Autoren

HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

*Ansprechpartner:Prof. Dipl.-Ing. Harald Scheiblhofer, harald.scheiblhofer@weinobst.at

Mitvergärung von Frischtresteranteilen zur Steigerung der Aromavielfalt bei maischevergorenen Weißweinen

The influence of added pomace during fermentation on the aromatic diversity of mash fermented white wine.

Michael Winkler*, Harald Scheiblhofer, Christoph Detz, Christian Philipp, Valentin Oppenauer, Stefan Lichsteidl, Karin Korntheuer und Sezer Sari

Einleitung

Orangewein generiert bereits seit einigen Jahren immer mehr Aufmerksamkeit bei vielen Winzer*innen und Konsument*innen (NIEDERMAYR et al., 2017). Dennoch gibt es viele Produkte aus dieser Kategorie, die durch unüblich hohen Gerbstoffgehalte wenig zugänglich sind. Zusätzlich überdecken die hohen Gerbstoffgehalte häufig die Fruchtigkeit dieser Weine. Die Arbeit beschäftigt sich mit der Steigerung der Fruchtigkeit von Wein aus Weißweinsorten durch die Zugabe von Trestern. Dafür wurde dem Most einer neutralen Weißweinsorte frische, leicht ausgepresste Trester einer aromatischen Weißweinsorten zugefügt. Dabei wurden unterschiedliche Parameter untersucht. Zum einen wurde die Tresterverweildauer im Most variiert und weiters wurde die Trestermenge variiert. Zusätzlich wurde der Einfluss einer Schwefelung vor der Gärung betrachtet. Der Übergang der entstandenen Produkte von klassischen Weißwein zu Orangewein ist dabei recht fließend. Ziel der Arbeit war es, das Aroma. Das Ziel dieser Arbeit war, das Aroma eines neutralen Weines durch die Zugabe Trestern einer Aromasorte während der Gärung zu steigern. Die Effekte wurden analytisch und sensorisch untersucht.

Material und Methoden

Der Versuchsaufbau lässt sich in drei Versuche gliedern. Der erste beschäftigt sich mit der Tresterverweildauer, der zweite mit der Tresterschwefelung und der dritte Versuch mit der Trestermenge. Alle Versuche wurden durchgeführt mit einem weißen Sortenverschnitt-Most dem Gelber Muskateller-Trester hinzugefügt wurde und mit einem Grüner Veltliner Most dem Traminer-Trester hinzugefügt wurde. Die Varianten wurden standardmäßig nicht vor der Gärung geschwefelt. Im Versuch Tresterweildauer gab es drei Varianten (2-Tagesvariante, 5-Tagesvariante, 7-Tagesvariante) zu je drei Wiederholungen. Die zugefügte Trestermenge entsprach 15 %. Nach der jeweiligen Anzahl an Tagen wurde das Trester-Mostgemisch gepresst (die zwei Moste mit den unterschiedlichen Rebsorten jeweils separat). Für den zweiten Versuch, der Tresterschwefelung, wurde die 5-Tagesvariante des Tresterverweildauerversuches wiederholt, jedoch wurde die wiederholte Menge mit 30 mg/L SO2 vor der Gärung geschwefelt. Dies wurde ebenso dreimal durchgeführt. Bei dem dritten Versuch, der Trestermenge wurde die zugefügte Trestermenge variiert. Es gab eine 5%-, 10%- und 15% Variante, jeweils dreimal wiederholt. Als Zeitpunkt wurde für das Abpressen die abgeschlossene Gärung festgelegt. Dies war nach elf Tagen der Fall. Abseits der jeweiligen Eigenheit im Produktionsprozess der jeweiligen Variante, war die Verarbeitung für alle Varianten gleich. Der entschleimte Most wurde mit der jeweiligen Menge Trestern vermengt (Gelber Muskateller-Trester für den Sortenverschnitt und Traminer-Trester für den Grüner Veltliner-Most). Dafür wurde die jeweilige Menge in einen Maischebehälter mittels Palettenwaage eingewogen und mit dem Most aufgefüllt. In Summe ergab das je Wiederholung 40 kg Trester-Mostgemisch. In jeden Behälter wurden weiters 20 g/hL der Hefe Oenoferm Freddo und 20 g/hL der Reaktivierungshilfe Go Ferm hinzugefügt. Anschließend wurden die Behälter in einen Klimaraum bei 20°C gestellt. Während der Gärung wurden die Trester jeden Tag einmal untergestoßen bis zum individuellen Zeitpunkt des Pressens. Der zum Teil noch gärende Most wurde dann in 25 L Glasballons geleert und wieder in den Klimaraum bei 20°C für die weitere Gärung gestellt. Der Gärstatus wurde regelmäßig mittels Handbiegeschwinger (Dichtemessung) und FTIR (Zuckermessung) kontrolliert. Nachdem die Gärung abgeschlossen war und sich der grobe Trub abgesetzt hatte, wurde der Wein abgezogen, mit dem Cross-Flow-Filter filtriert und mit 70 mg/L SO_2 aufgeschwefelt. Der Wein wurde weiters in 15 L Glasballons gefüllt. Bevor die Weine dann mit einem zweistelligen Wechselfüller gefüllt wurden, wurden sie noch mit einem Modulfilter filtriert. Für alle Weine wurden Analysen für die Bestimmung des Gesamtphenol-

gehalts, die Hydroxyzimtsäuren und die Terpene analysiert. Zusätzlich wurden die Weine in einer Versuchskost verkostet. Dabei wurden die Weine anhand von sechs Verkostungskriterien von SchülerInnen und LehrerInnen der HBLAuBA für Wein- und Obstbau von 1 (sehr schlecht) bis 10 (sehr gut) bewertet. Die Verkostungskriterien waren Fruchtigkeit, Gerbstoff, Aroma, Farbe, Harmonie und Gesamteindruck. Bevor verkostet wurde, wurden immer die drei Wiederholungen einer Variante miteinander vermengt. Die Verkostung bestand aus sechs Serien, drei mit der Sorte Gelber Muskateller und drei mit der Sorte Traminer. In jeder Serie gab es drei Verkostungsdurchgänge und die Reihenfolge der verkosteten Varianten wurde jeweils randomisiert festgelegt. Bei der jeweils ersten Serie je Sorte (erste und vierte Serie) wurden die Varianten des Tresterverweildauerversuches verkostet. Hierbei wurde neben der 2-, 5- und 7-Tagesvariante auch die Kontrollvariante (für diese war aufgrund der nur einfachen Durchführung kein Vermengen notwendig) und die 15% Trester-Variante des Trestermengenversuches verkostet. Die letztgenannte Variante wurde hierbei als Gärende bezeichnet. Die jeweils zweite Serie (zweite und fünfte Serie) waren die Weine des Versuches der Tresterschwefelung. Die jeweils dritte Serie (dritte und sechste Serie) bestand aus der Kontrollvariante und den Varianten des Trestermengenversuches.

Ergebnisse und Diskussion

Bei dem Gesamtgehalt freier Monoterpene zeigen sich vor allem gestiegene Gehalte bei Gelber Muskateller, mit Gehalten von meist über 300 µg/L bei allen Varianten mit zugesetzten Trestern (das zehnfache im Vergleich zum Grundwein). Die Varianten der Tresterverweildauer weisen höhere Gehalte als der Grundwein auf und bei dem Trestermengenversuch hat die Variante mit der höchsten Menge (15%) signifikant höhere Gehalte als die anderen beiden Varianten (Abbildung 1). Bei der Betrachtung einzelner freier Monoterpene ist Linalool (blumige Aromatik) hervorzuheben, welches signifikant höhere Gehalte bei allen Trestervarianten aufweist. Die Variante des Trestermengenversuchs mit 15% hat im Vergleich zu den restlichen Varianten bei allen untersuchten freien Monoterpenen signifikant höhere Gehalte als die beiden anderen Trestermengenvarianten, ausgenommen Geraniol. Eine Bestätigung dieser analytischen Werte durch die Verkostung hat sich nicht gezeigt. Die 15%-Variante des Trestermengenvergleichs wurde am wenigsten fruchtig bewertet und die Tresterverweildauervarianten zeigen dahingehend kein einheitliches Bild, es wurde die Kontrollvariante ohne Trester, die 2- und die 7 Tagesvarianten am fruchtigsten bewertet. Bei Traminer unterscheiden sich bei den Versuchen Trestermenge und Tresterverweildauer die Varianten untereinander analytisch zwar signifikant voneinander, jeweils mit steigenden Werten mit zunehmender Menge/Verweildauer, allerdings auf einem deutlich niedrigeren Niveau als bei Gelber Muskateller (Abbildung 2). In den Verkostungen wurde bei Traminer keine Variante signifikant fruchtiger bewertet.

Die Gesamtphenolgehalte steigen über den Verlauf der Tresterverweildauer an. Gleiches gilt bei der steigenden Menge an Trester, je mehr Trester hinzugefügt wurde, desto höher sind die gemessenen Gesamtphenolgehalte. Dieses Bild war bei beiden verwendeten Rebsorten erkennbar (Abbildung 3 als Beispiel). Bei den Verkostungen zeigten sich signifikante Unterschiede beim Gerbstoffgehalt lediglich bei den Trestermengenversuchen bei Gelber Muskateller, allerdings interessanterweise in umgekehrter Reihenfolge. Dem Wein mit dem geringsten Gerbstoffgehalt (Grundwein) wurde als am gerbstoffreichsten beschrieben (Abbildung 4).

Bei den Hydroxyzimtsäuren zeigen sich vereinzelt höhere Gehalte bei steigender Tresterverweildauer und Trestermenge. Der Catechinwert steigt signifikant an bei beiden Rebsorten mit steigender Verweildauer und Trestermenge. Ähnlich verhalten sich die Äthylgallatgehalte und die Gallussäuregehalte, bei diesen besteht immer ein signifikanter Unterschied zwischen der höchsten Trestermenge bzw. höchsten Verweildauer und den restlichen Varianten. Hydroxyzimtsäuren sind nichtflavonoide oft bittere Phenole. Somit sollten sie bei höheren Mengen einen Einfluss auf die Harmonie eines Weines haben. Dies zeigte sich in der Verkostung allerdings nur bedingt. Der Grundwein wurde zwar als harmonisch bewertet, allerdings ist das Bild im Vergleich zu den anderen Varianten kein einheitliches. So wurde bei Gelber Muskateller bei den unterschiedlichen Trestermengen die Varianten Grundwein und 10% signifikant am harmonischsten bewertet, die 5%-Variante wurde etwas geringer harmonisch bewertet und Schlusslicht war die 15%-Variante. Bei Traminer waren alle Trestermengenvarianten gleich harmonisch, ebenso bei Tresterverweildauervarianten bei Gelber Muskateller und Traminer.

Zum Gesamteindruck und zum Aroma der Varianten bei der Verkostung ist zu sagen, dass sich kein einheitliches Bild zeigte. Die Grundweine wurden als aromatisch und gut bewertet. Bei Traminer zeigte sich vor allem die Variante mit 5-Tagen Tresterverweildauer als gelungen und signifikant besser, bei

dem Trestermengenvergleich wurde kein Traminer als signifikant besser oder aromatischer bewertet. Bei Gelber Muskateller waren die 5-Tages Tresterverweildauer und die 15%-Trestermenge signifikant schlechter als der Rest in der jeweiligen Serie.
Zum Schluss sei noch der Tresterschwefelversuch erwähnt. Die zwei Varianten weisen keine erwähnenswerten signifikanten Unterschiede auf, weder bei der Verkostung noch analytisch (ausgenommen dem höheren Gesamtschwefelgehalt der geschwefelten Variante). Es stellt sich auch die Frage, ob eine zusätzliche Schwefelung vor der Gärung nicht sowieso der Philosophie dieser Art der Weine widerspricht. Einen Vorteil hat es jedenfalls keinen gebracht.

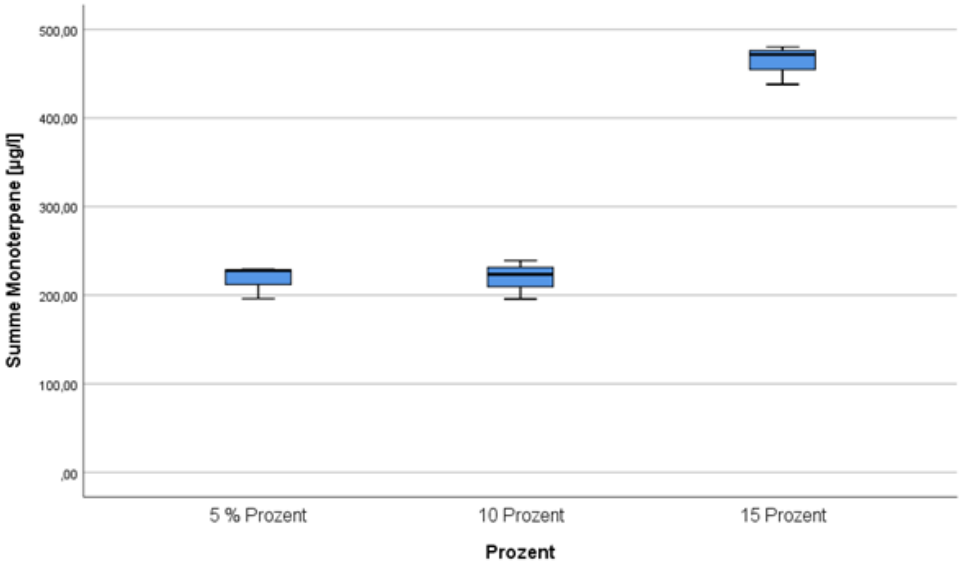


Abbildung 1: **Summe Monoterpene bei den Trestermengenvarianten mit Gelber Muskateller**

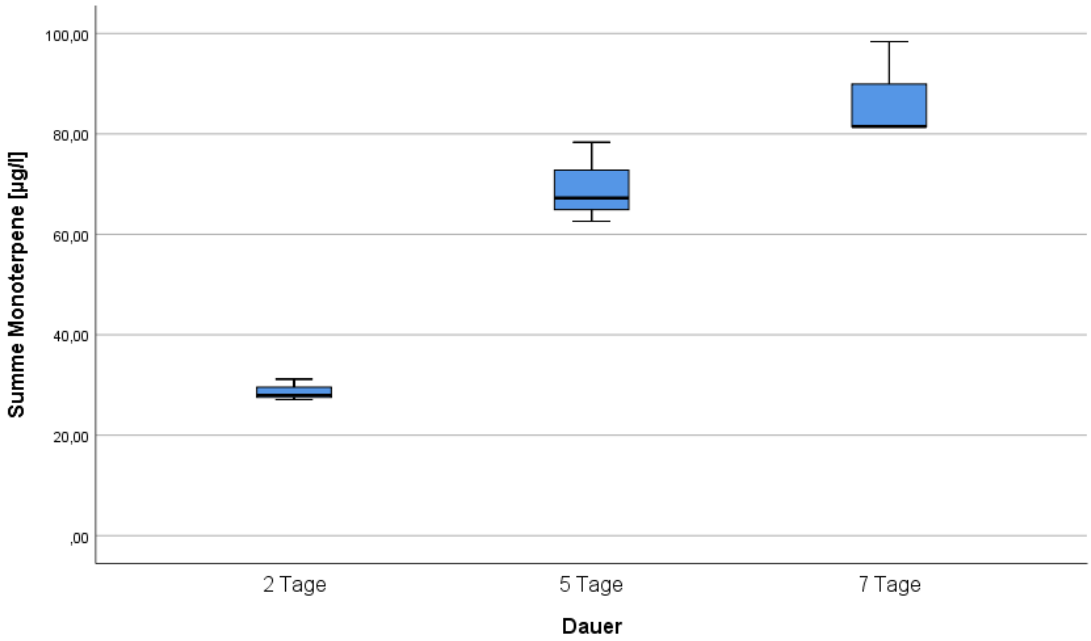


Abbildung 2: **Summe Monoterpene bei den Tresterverweildauervarianten mit Traminer**

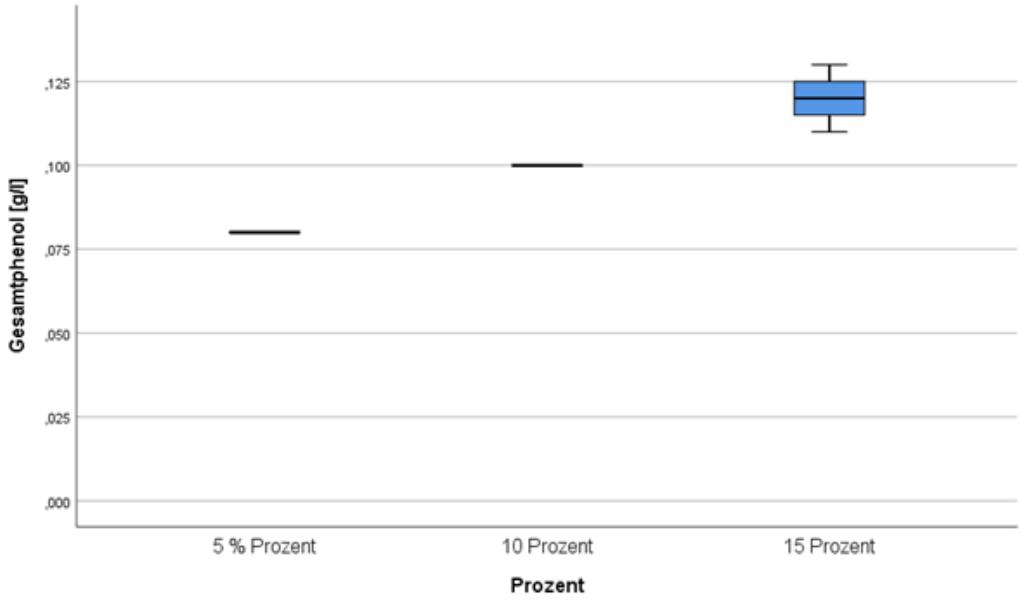


Abbildung 3: **Gesamtphenole bei den Trestermengenvarianten mit Traminer**

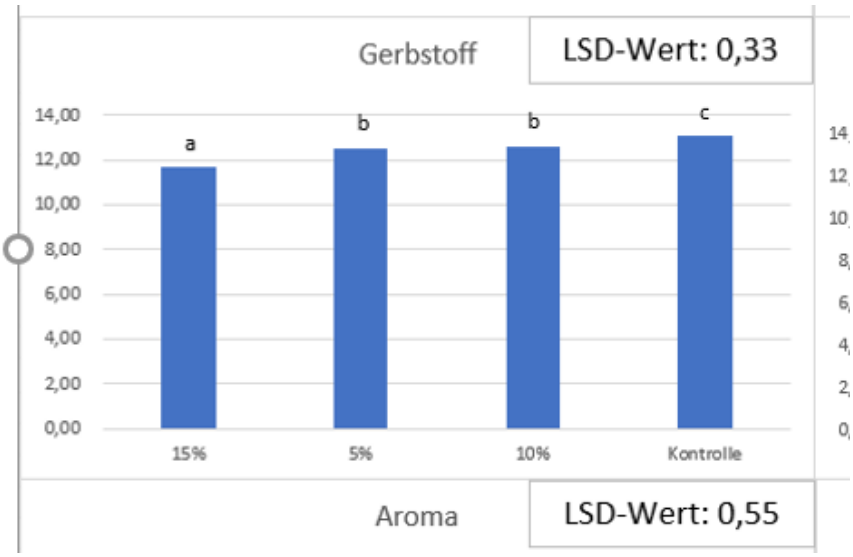


Abbildung 4: **Verkostungsgrafik des Gerbstoffes der Trestermengenvarianten mit Gelber Muskateller**

Zusammenfassung

Natural Weine und Orange Weine sind Nischenprodukte, die in der Weinbranche an Bedeutung gewinnen. Immer mehr Winzerinnen und Winzer probieren sich an solchen Weinen aus. Der Kundenstamm für solche Weine sind vor allem junge Leute, die Neues ausprobieren wollen. Sie wollen Weine trinken, die so wenig wie möglich Zusatzstoffe enthalten.

Mit den Ergebnissen der Versuche ist es gelungen festzustellen, wie sich verschiedene Variablen auf einen trestervergorenen Wein auswirken. Diese sind die Dauer, also wie lange der Wein bei der Gärung mit den Frischtrestern der Aromasorte in Kontakt ist, der Einfluss einer Trestereschwefelung vor der Gärung und die Menge an Trestern, die mitvergoren wird. Bei der Dauer wurden 15% Trester hinzugefügt und nach 2-, 5- und 7 Tagen wurde abgepresst. Um zu sehen, wie sich eine Tresterschwefelung auf den Wein auswirkt, wurde eine weitere 5-Tagesvariante gemacht und diese vor der Gärung geschwefelt. Bei den Mengenvarianten wurden die Weine mit den Trestern durchgegoren und anschließend abgepresst. Dabei wurden 5%-, 10%- und 15%- Trester zum Most hinzugegeben. Die meisten Unterschiede

zeigten sich bei den Analysenergebnissen, vor allem die phenolischen Inhaltsstoffe stiegen bei den Trestervarianten an. Sensorisch stimmen einige der Ergebnisse nicht mit den analytischen Ergebnissen überein. Dennoch zeigte sich bei den Verkostungen, dass der Einfluss durch die Trestergaben erkennbar war und oft vor allem die Trestervarianten aromatisch, aber auch in der Gesamtwertung besser abschnitten. Eine Tresterschwefelung hat sich als nicht notwendig erwiesen, einerseits aufgrund der geringen Effekte auf die analytischen Ergebnisse, sowie auch aufgrund der geringen Auswirkungen auf die Sensorik. Außerdem entspricht dies nicht dem eigentlichen Grundgedanken solcher Weine.

Abstract

Natural wines and orange wines are niche products that are gaining importance in the wine industry. More and more winemakers are trying their hand at such wines. The customers for these wines are mainly young people who want to try new and innovative products. They want to drink wines that contain as few additives as possible.

The experiment of adding pomace to a must, it was possible to determine how different variables affect a pomace-fermented wine. These variables are the duration, i.e. how long the wine is in contact with the fresh marc of the aroma variety during fermentation, the influence of a pomace sulfurization before fermentation and the amount of pomace that is co-fermented. The experiment with differences in duration, 15% pomace was added and pressing was done after 2-, 5- and 7-days. To see how pomace sulfurization affected the wine, we made another 5-day variant and sulfurized it before fermentation. For the variants with variety in the amount of pomace, the wines were fermented until the end of the fermentation with 5%-, 10%- and 15%- of pomace and then pressed.

Differences between the different ways of wine production within this experiment mainly occurred within the analytical results for the amount of phenolic compounds, meaning that with an increase of pomace duration and pomace amount, the amount of phenolic compounds increased. The analytical results often did not correspond with the results of the tastings. Nevertheless, the tasters noticed differences between the variants, especially did they rate the aroma and the final result of wines with added pomace higher. The effect of adding sulfur to the pomace showed no advantage and further does not correspond to the initial idea of these wines.

Literatur

NIEDERSMAYR, F., SAJOVITZ, P. und PÖCHTRAGER, S. 2017: Wahrnehmung und Zahlungsbereitschaft bei Natural Wines. Wien, Österreich, Universität für Bodenkultur Wien, Masterarbeit

SCHNEIDER, V. 2009: Phenole, Gerbstoffe, Tannine? Der Winzer 12: 20-24

Adressen der Autoren

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneburg

[*] Ansprechpartner: DI Michael WINKLER BSc, michael.winkler@weinobst.at

Reduktion von Weinfehlern durch Tiefenfiltration mit Filterschichten mit eingebetteten Zeoliten und die Auswirkung auf das Aromaprofil der Weine

Reduction in off-flavors in wine using special filter layers with integrated zeolites and the effect on the volatile profile of Austrian wines

Christian Philipp* und Reinhard Eder

Einleitung

Ziel dieser hier vorliegenden Arbeit war es die Filterschichten der Firma Filtrox (FIBRAFIX TX-R, Zwingen, Schweiz) einerseits neuerlich auf die Reduktionskraft von Schimmel (Geosmin)- und Korkaromen (TCA) sowie erstmals auf die Reduktionskraft gegenüber den Leitsubstanzen (4-EP, 4-EG, 4-EC) des Pferdeschweißes zu testen und andererseits die Auswirkung auf wichtige Aromastoffgruppen wie eine Reihe von Haupt- und Nebenesterverbindungen, freie Monoterpene und Holzaromastoffe zu überprüfen. Auch sollte ein Vergleich mit herkömmlichen Tiefenfilterschichten durchgeführt werden.

Material und Methoden

Für den Versuch kamen drei Österreichische Qualitätsweine zum Einsatz: Versuchswein A wurde Geosmin, Versuchswein B 2,4,6-Trichloranisol, Versuchswein C 4-Ethylphenol, 4-Ethylguaiacol und 4-Ethylcatechol zugesetzt. Alle drei Ausgangsweine wurden in jeweils 9 Glasballons (25 Liter) unter möglichen Luftausschluss (CO2 Überlagerung) umgefüllt. Drei dieser Ballons wurden nicht nochmals filtriert (Variante 0), drei Ballons wurden im Anschluss mit EKS Schichten der Firma Filtra (20x20 cm, SEITZ-EKS®, Guntramsdorf, Österreich) (Variante 1) und drei Ballons mit den zu testenden Filterschichten mit eingebauten Zeoliten der Firma Filtrox AG (20x20, Fibrafix® TX-R, St. Gallen, Schweiz) (Variante 2) filtriert. Die gelagerten Versuchsweine wurden mittels Gaschromatography-Massenspektroskopie auf die Fehlaromen Geosmin (Versuchswein A), 2,4,6 Trichloranisol (Versuchswein B) und 4-Ethylphenol, 4-Ethylguaiacol, 4-Ethylcatechol (Versuchswein C) analysiert und andererseits wurden die Gehalte von positiven Aromen darunter 34 Esterverbindungen (Versuchswein A, B, C), 15 freie Monoterpene (Versuchswein A, B) und 24 subtilen Holzaromastoffen (Carbonylverbindungen, Lactone, Phenole; Versuchswein C) bestimmt. Die sensorische Überprüfung der 25 Liter Varianten erfolgte mittels Dreieckstests innerhalb eines Grundweins. Dabei wurden die Varianten 3 (jeweilige Poolprobe der Wiederholungen) den anderen Varianten (Variante 0 bis Variante 2) des jeweiligen selben Grundweins gegenübergestellt.

Ergebnisse und Interpretation

Der Abbildung 1a sind die Ergebnisse der Reduktion von Gesomin, 1b der Reduktion von 2,4,6-Trichloranisol (TCA), 2a-c der Reduktion von Leitsubstanzen des Pferdeschweißes zu entnehmen.
Beim Versuch zur Reduktion von Brettanomycesaromen hingegen wurde die Leitsubstanzen 4-Ethylcatechol nicht signifikant und die Leitsubstanzen 4-Ethylguaiacol und 4-Ethylphenol zwar signifikant reduziert, aber bei keiner einzigen Leitsubstanz wurde durch die Reduktion die sensorischen Schwellenwerte unterschritten.

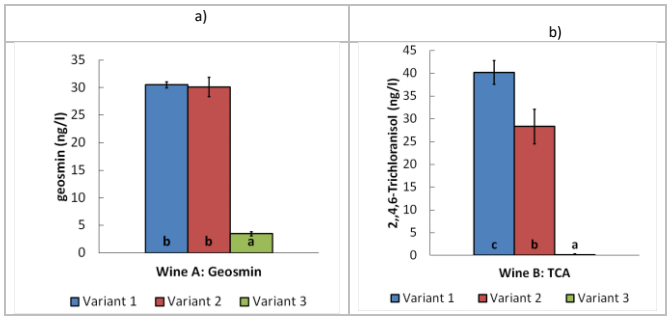


Abbildung 2: **Reduktion von Leitsubstanzen der Weinfehler durch Filtration mit herkömmlichen EKS Schichten (Variante 2) und Fibrafix® TX Schichten (Variante 3) im Vergleich zur Kontrollprobe (Variante 1) im Kleinversuch: a) Geosmin; b) 2,4,6-Trichloranisol: Signifikanzprüfung mittels einfacher ANOVA und post-hoc Test Turkey B Test: gleiche Buchstaben bedeuten kein signifikanter Unterschied auf Basis des Signifikanz-Niveaus $p \leq 0{,}05$ mit alphabetischer Reihenfolge: beginnend bei a (kleinster Wert) bis c (größter Wert).**

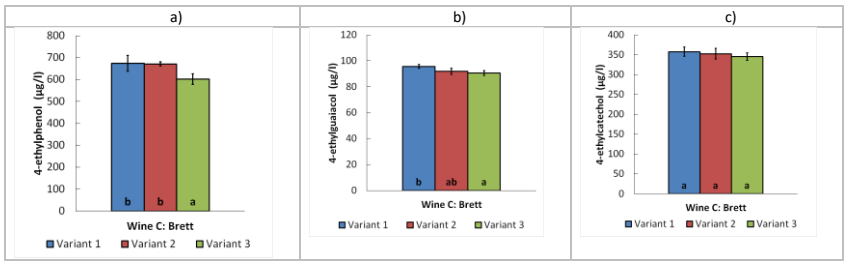


Abbildung 3: **Reduktion von Leitsubstanzen der Weinfehler durch Filtration mit herkömmlichen EKS Schichten (Variante 2) und Fibrafix® TX Schichten (Variante 3) im Vergleich zur Kontrollprobe (Variante 1) im Kleinversuch: a) 4-Ethylphenol; b) 4-Ethylguaiacol; c) 4-Ethylcatechol: Signifikanzprüfung wie in Abbildung 1**

Weiters wurde die Auswirkung auf die positiven Aromen untersucht. Bei den aromatischen Estern wurde eine signifikante Abnahme durch die Filtration mit Fibrafix® TX Schichten bei allen Weinen und beim Rotwein, der generell höhere Gehalte aufweist (Philipp et al., 2019), auch durch die normale EKS Filtration beobachtet. Bei den Acetatestern höherer Alkohole gab es ebenfalls signifikante Abnahmen durch die Filtration mit Fibrafix® TX Schichten, während beim Grundwein B die Filtration mittels EKS Schichten zu keiner signifikanten Abnahme geführt hat, war das beim Grundwein C sehr wohl der Fall. Zwischen den beiden filtrierten Weinen gab es nur beim Wein B einen signifikanten Unterschied. Die Summe der Ethylester ist bekanntlich in Weißweinen höher als in Rotweinen (Antalick et al., 2010; Philipp et al., 2019). Durch die EKS Filtration gab es bei dieser Estergruppe keine signifikanten Reduktionen, während die Filtration mit den Zeoliten sehr wohl zu einer deutlichen signifikanten Reduktion geführt hat. Die Reduktion betrug sogar bis zu 64 % bei Grundwein A. Bei den Estern mit höheren Alkoholen und mittellangkettigen Carboxylsäuren war der Aromaverlust durch die Filtration geringer. Nur beim Grundwein C ergab sich bei der Filtration mit Zeoliten eine signifikante Abnahme dieser Esterverbindungen, ähnlich bei den Ethylestern mit Carboxylsäuren mit ungerader Anzahl an Carbonsäuren, da wurde nur beim Grundwein B eine signifikante Reduktion durch die Filtration mit Fibrafix® TX Schichten beobachtet. Bei den Methylestern dürfte der Aromaverlust hingegen stärker sein. Bei allen drei Weinen kam es durch die Filtration mit Zeoliten zu einem signifikanten Verlust, auch zeigte sich beim Grundwein A eine signifikante Abnahme durch die EKS Filtration. Alles zusammengerechnet ergibt sich ein deutlicher signifikanter Verlust an Estermolekülen durch die Filtration mit Zeoliten.
Die mit Fibrafix® TX Schichten (Variante 3) filtrierten Proben wurden den anderen Varianten im Dreieckstest gegenübergestellt (Tabelle 1). Bei Grundwein A und B konnten die Weine, die mit Fibrafix® TX Schichten filtriert wurden, gegenüber den Varianten 1 (Grundwein mit Zusatz Leitsubstanz Weinfehler) und Variante 2 (Grundwein mit Zusatz Leitsubstanz und EKS Filtration) überzeugen. Die Varianten wurden nicht nur hochsignifikant ($p<0{,}001$) unterschieden, sondern die Variante 3 hochsignifikant bevorzugt. Gegenüber der Variante 0 (Grundwein ohne Zusatz) waren die Ergebnisse nicht eindeutig. Bei Grundwein B (Zusatz von TCA) konnte kein signifikanter Unterschied erkannt werden, allerdings wurde die Variante 0 in Bezug auf die richtigen Ergebnisse signifikant bevorzugt. Bei Grundwein A (Geosminzusatz) konnten die Proben signifikant voneinander unterschieden werden und der Grundwein ohne Zusatz wurde auch hochsignifikant bevorzugt. Bei Grundwein C Schnitt die Variante 3 gegenüber den Varianten 1 und 2 nicht besser ab, die Proben konnten nicht unterschieden werden. Die Variante 0 hingegen wurde hoch signifikant erkannt und als besser eingestuft.

Tabelle 1: **Auswertung der Dreieckstests im Kleinversuch nach der Signifikanztabelle auf dem Signifikanz-Niveau $p\leq0{,}05$ (signifikant), $p\leq0{,}01$ (hoch signifikant) und $p\leq0{,}001$ (sehr hoch signifikant) von Amerine 1959**

Grundwein	Gegen-überstellung	Anzahl-Koster	Anzahl Resultate	Anzahl richtig unterschieden (Anzahl Variante 3 besser als die Vergleichsvariante)	Signifikanter Unterschied	Signifikante Präferenz
Grundwein A	Variante 3 – Variante 0	15	30	16 (4)	$p\leq0{,}05$	$p\leq0{,}001$
	Variante 3 – Variante 1	15	30	24 (20)	$p\leq0{,}001$	$p\leq0{,}001$
	Variante 3 – Variante 2	15	30	20 (20)	$p\leq0{,}001$	$p\leq0{,}001$
Grundwein B	Variante 3 – Variante 0	15	30	14 (4)	n.s.	$p\leq0{,}01$
	Variante 3 – Variante 1	15	30	25 (22)	$p\leq0{,}001$	$p\leq0{,}001$

	Variante 3 – Variante 2	15	30	24 (22)	p≤0,001	p≤0,001
Grundwein C	Variante 3 – Variante 0	15	30	26 (0)	p≤0,001	p≤0,001
	Variante 3 – Variante 1	15	30	11 (5)	n.s.	n.s.
	Variante 3 – Variante 2	15	30	9 (4)	n.s.	n.s.

Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Filterschichten mit eingebetteten Zeolithen (patentierte Schicht der Firma Filtrox (Zwingen, Schweiz) mit dem Markennamen Fibrafix® TX) auf die Eliminierung der Weinfehler Korkgeschmack (2,4,6-Trichloranisol), Schimmelaroma (Geosmin) und Pferdeschweiß (4-Ethylphenol, 4-Ethylguaiacol, 4-Ethylcatechol) getestet. Der Versuchsaufbau ermöglichte einen Vergleich mit herkömmlichen Filterschichten (Sterilfilterschichten) in einem Kleinversuch (25 L). Mittels Gaschromatographie-Massenspektroskopie wurden nicht nur die Wirkstoffe der Weinfehler analysiert, sondern auch der Verlust an flüchtigen Substanzen wie 15 freier Monoterpene, 34 Esterverbindungen und 24 Holzaromen. Die sensorischen Analysen wurden mit Hilfe von Expertenpanels durchgeführt. Die Fibrafix® TX-Schichten waren zufriedenstellend in Bezug auf die Reduktion von 2,4,6-Trichloranisol (Leitsubstanz des Korkaromas; Reduktion > 90 %) und Geosmin (Leitsubstanz des Schimmelaromas; Reduktion > 75 %), nicht aber in Bezug auf die Reduktion von 4-Ethylphenol, 4-Ethylguaicol und 4-Ethylcatechol. Die Reduktion dieser Fehlaromen war jedoch im Allgemeinen nicht spezifisch genug, um einen Verlust an flüchtigen Verbindungen zu verhindern, insbesondere an verschiedenen Esterverbindungen und freien Monoterpenen. Die nach der Filtration (im Falle einer Kontamination mit Geosmin oder TCA) erhaltenen Weine waren sensorisch einwandfrei, aber für einige der Verkoster entsprach die Gesamtqualität dieser Weine nicht der Klassifizierung für Qualitätsweine.

Abstract

In the course of the present study, filter layers with embedded zeolites (patented layer of the company Filtrox (Zwingen, Switzerland) with the brand name Fibrafix® TX) were tested for the elimination of the wine defects, cork taint (2,4,6-trichloroanisole), mouldy aroma (geosmin), and strong “animal” phenolic aromas (4-ethylphenol, 4-ethylguaiacol, 4-ethylcatechol). The test design allowed a comparison with conventional filter layers (sterile filter layers) in a small-scale trial (25 L). By means of gas chromatography-mass spectroscopy, not only the impact compounds of the wine faults were analysed, but also the loss of volatile substances such as 15 free monoterpenes, 34 ester compounds, and 24 wood flavours. Sensory analyses were carried out by means of expert panels. The Fibrafix® TX layers were satisfactory with regard to the reduction in 2,4,6-trichloroanisole (the lead substance of cork flavour; reduction > 90%) and geosmin (the lead substance of mould flavour; reduction > 75%), but not with regard to the reduction in 4-ethylphenol, 4-ethylguaicol, and 4-ethylcatechol. However, the reduction in these off-flavours was generally not specific enough to prevent a loss of volatile compounds, especially various ester compounds and free monoterpenes. The wines obtained after filtration (in case of contamination with geosmin or TCA) were sensory faultless, but for some of the tasters, the overall quality of these wines did not correspond to the quality wine clasification.

Literatur

Beim Autor erhältlich

Adressen der Autoren

HBLAuBA für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74, 3400 Klosterneuburg

[*] Ansprechpartner: DI Dr. Christian PHILIPP, christian.philipp@weinobst.at

Bestimmung des Reifegrades von Kornelkirschen für die Verarbeitung

Determination of the ripening stage of Cornelian Cherries for processing

Manfred Gössinger[1*], Florian Kuenz[1], Silvia Wendelin[1], Karin Korntheuer[1], Lothar Wurm[1], Henry Jäger[2] und Monika Graf[1]

Einleitung

Der Reifegrad von Kornelkirschen (*Cornus mas L.*) ist ein wichtiger Parameter für die Qualität der Früchte sowie der Verarbeitungsprodukte, die daraus hergestellt werden. Die Reife der frischen Früchte kann mittels Festigkeitsmessung sowie Farbmessung üblicherweise gut bestimmt werden. Größere Verarbeitungsbetriebe kaufen Kornelkirschen meist in gefrorenem Zustand bzw. als Mark zu. In diesen Fällen ist die Festigkeit der frischen Früchte nicht mehr messbar. Eine adäquate Qualitätskontrolle ist so über diese Parameter nicht mehr möglich.
Bedingt durch die folgende Reife der Früchte auf dem Baum ist der Reifegrad der Kornelkirschen sehr stark von der Erntetechnik abhängig. Werden nur die vollreifen Früchte, die vom Baum ohne Schütteln in ein Netz abfallen, gesammelt, dann ist die Qualität der Kornelkirschen signifikant besser, als von den Früchten, die vor der Ernte (Netze) durch Schütteln der Bäume auch in die Netze fallen. In diesem Fall werden auch „unreife Früchte“ mitgesammelt, deren Qualität deutlich schlechter ist. Die bereits roten Kornelkirschen weisen zwar eine ansprechende Farbe auf, sind aber noch sehr fest, sauer und adstringierend. Erst wenn die Fruchtfleischfestigkeit abnimmt, werden die Früchte sehr aromatisch und wohlschmeckend (nicht mehr bitter und adstringent). Die Unterscheidung zwischen Erntemengen, wo vor dem Sammeln die Bäume geschüttelt bzw. nicht geschüttelt wurden, ist für Verarbeitungsbetriebe zur Beurteilung der Qualität (Preisgestaltung) sehr wichtig.
In diesem Versuch wurde untersucht, inwieweit durch die Analyse von Inhaltsstoffen der Reifegrad von Kornelkirschen näher bestimmt werden kann.

Material und Methoden

Kornelkirschen: Für die Untersuchungen wurde Kornelkirschen vom Versuchsgut Haschhof der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg (Sorten (große Früchte): *Kasanlaker, Jolico, Schumener, Schönbrunner Gourmetdirndl, Bulgarico, Kaukasische* und ein Sämling (kleine Früchte) als auch von einer bedeutenden Kornelkirschenanlage in Pillichsdorf (große Früchte: *Kasanlaker* and *Schumener* sowie ein Sämling (kleine Früchte) (beide Standorte in NÖ) in den Jahren 2014, 2015 und 2016 herangezogen. Die Früchte wurden jeweils in drei Reifestadien unterteilt: unreif (voll ausgefärbt, fest, sensorisch nicht entsprechend (nicht aromatisch, sauer, adstringierend, bitter), reif (voll ausgefärbt, deutlich weicher als unreife Früchte, sensorisch sehr gut für Frischmarkt und Verarbeitung (aromatisch, nicht sauer, nicht adstringierend oder bitter) und überreif (voll ausgefärbt, weich, sensorisch sehr gut für Verarbeitung, aber zu weich für Frischkonsum).

Verarbeitung: Die Früchte wurden nach der Ernte in die drei Reifestadien sortiert und bis zur Analyse gefroren gelagert.

Analysen: Von den Varianten wurden folgende Analysen durchgeführt: Farbmessung mittels CIELAB-System (Spektralphotometer: Minolta CM 3500d), Fruchtfleischfestigkeit (Penetrometer: Mecmesin AFG 500 N), Lösliche Trockensubstanz (°Bx), Titrierbare Säure (g/l ber. als Weinsäure), Zucker und Säuren (IC und HPLC), Phenolische Substanzen (Zimt- und Benzoesäuren sowie Flavonoide und Anthocyane) (HPLC) und Gesamtphenole (Folin Ciocalteau). Die Probenvorbereitung ist in Gössinger et al., 2022 genauer beschrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Festigkeit, Farbwerte und Inhaltsstoffe: Die Gehalte der analysierten Inhaltsstoffe variierten zum Teil sehr stark, bedingt durch die unterschiedliche Witterung in den untersuchten Jahren und der Herkunft.

Auch die Literatur beschreibt stark unterschiedliche Werte wertgebender Inhaltsstoffe in unterschiedlichen Ländern und Jahren (AKAGIC ET AL., 2020; DRKENDA ET AL., 2014). Auch der unterschiedliche Reifegrad der untersuchten Früchte könnte hier eine entscheidende Rolle spielen. In Tabelle 1 sind ausgewählte Ergebnisse (z.T. mit signifikanten Unterschieden zwischen den Reifegraden) dargestellt. Die meisten untersuchten Inhaltsstoffe (mit Ausnahme der Flavonoide) schwanken innerhalb der Sorten bzw. Jahre zu stark und zeigen so keine signifikanten Unterschiede zwischen den Reifegraden unreif und reif. Dieser ist besonders wichtig zur Beurteilung der Qualität der Rohware für die Verarbeitung.

Tabelle 1: Gehalte und STAB ausgewählter Inhaltsstoffe sowie Festigkeit und Farbwerte in Abhängigkeit der Fruchtgröße (kleine Früchte (Sämlinge) vs. große Früchte (Sorten)) und Reifegrad (Buchstaben geben signifikante Unterschiede (α= 0,05) (Tukey-Test) an)

	große Früchte (Sorten)			kleine Früchte (Sämlinge)		
Parameter	unreif	reif	überreif	unreif	reif	überreif
Festigkeit [Kg/cm²]	1,55 ± 0,78 ^{b}	0,49 ± 0,24 ^{a}	0,26 ± 0,23 ^{a}	1,31 ± 0,29 ^{b}	0,41 ± 0,24 ^{a}	0,14 ± 0,07 ^{a}
L*	34,01 ± 4,65 ^{b}	29,74 ± 3,93 ^{ab}	27,10 ± 3,08 ^{a}	28,40 ± 1,42 ^{b}	27,28 ± 1,87 ^{ab}	22,20 ± 4,65 ^{a}
a*	47,47 ± 1,94 ^{b}	46,27 ± 2,07 ^{ab}	44,94 ± 2,30 ^{a}	48,09 ± 1,10 ^{a}	47,44 ± 0,98 ^{a}	42,52 ± 5,19 ^{a}
b*	23,01 ± 1,77 ^{a}	22,66 ± 1,70 ^{a}	22,11 ± 1,58 ^{a}	25,29 ± 1,84 ^{a}	25,65 ± 1,41 ^{a}	22,14 ± 2,83 ^{a}
C*	52,78 ± 2,04 ^{a}	51,53 ± 2,46 ^{a}	50,09 ± 2,68 ^{a}	54,37 ± 0,26 ^{a}	53,96 ± 0,27 ^{a}	47,95 ± 5,91 ^{a}
h°	25,86 ± 1,77 ^{a}	26,08 ± 1,17 ^{a}	26,18 ± 0,88 ^{a}	27,74 ± 2,24 ^{a}	28,41 ± 1,80 ^{a}	27,50 ± 0,23 ^{a}
°Bx	14,3 ± 2,30 ^{a}	14,9 ± 2,80 ^{a}	15,1 ± 2,50 ^{a}	18,1 ± 1,87 ^{a}	18,6 ± 2,20 ^{a}	19,4 ± 2,40 ^{a}
glucose [g/Kg]	45,96 ± 12,43 ^{a}	49,76 ± 12,20 ^{a}	49,05 ± 9,67 ^{a}	44,15 ± 9,31 ^{a}	46,92 ± 10,36 ^{a}	50,57 ± 10,24 ^{a}
fructose [g/Kg]	45,43 ± 11,51 ^{a}	49,43 ± 12,20 ^{a}	49,56 ± 9,44 ^{a}	42,45 ± 8,36 ^{a}	42,50 ± 4,79 ^{a}	50,10 ± 7,17 ^{a}
galactose[mg/Kg]	26,49 ± 36,27 ^{a}	85,91 ± 94,15 ^{ab}	115,67 ± 86,42 ^{b}	33,92 ± 7,91 ^{a}	105,11 ± 23,99 ^{ab}	147,38 ± 48,45 ^{b}
Total acidity [g/Kg]	33,13 ± 3,10 ^{a}	32,86 ± 4,40 ^{a}	31,98 ± 4,53 ^{a}	37,01 ± 2,04 ^{a}	36,08 ± 1,08 ^{a}	36,21 ± 2,35 ^{a}
malic acid [g/Kg]	21,89 ± 5,01 ^{b}	20,92 ± 6,08 ^{ab}	17,92 ± 5,13 ^{a}	26,21 ± 5,82 ^{a}	24,24 ±3,71 ^{a}	20,72 ±1,87 ^{a}
gallic acid [mg/Kg]	9,13 ± 5,24 ^{a}	12,25 ± 7,58 ^{a}	24,66 ± 16,80 ^{b}	6,07 ± 1,58 ^{a}	8,11 ± 1,87 ^{a}	15,97 ± 3,33 ^{b}
Pel-3-glu [mg/Kg]	17,63 ± 13,54 ^{a}	32,91 ± 27,05 ^{ab}	43,43 ± 41,21 ^{b}	15,46 ± 13,61 ^{a}	21,90 ± 12,76 ^{a}	25,74 ± 16,83 ^{a}
Cy-3-glu [mg/Kg]	16,38 ± 11,72 ^{a}	36,55 ± 33,08 ^{ab}	48,92 ± 51,48 ^{b}	17,23 ± 12,31 ^{a}	22,89 ± 13,70 ^{a}	26,60 ± 16,76 ^{a}
total anthocyanins [mg/Kg]	877 ± 271 ^{a}	1322 ± 897 ^{b}	1362 ± 680 ^{b}	1304 ± 784 ^{a}	1938 ± 315 ^{a}	2054 ± 224 ^{a}
Qu-3-gal [mg/Kg]	1,25 ± 0,76 ^{a}	2,25 ± 1,15 ^{b}	2,84 ± 1,15 ^{b}	2,17 ± 1,15 ^{a}	3,73 ± 1,35 ^{ab}	5,28 ± 1,11 ^{b}
Qu-3-glur [mg/Kg]	11,78 ± 6,06 ^{a}	16,45 ± 8,63 ^{ab}	18,29 ± 10,89 ^{b}	26,78 ± 12,72 ^{a}	30,85 ± 12,85 ^{a}	41,52 ± 13,87 ^{a}
Qu-3-glu [mg/Kg]	6,59 ± 2,13 ^{a}	7,30 ± 2,64 ^{a}	7,88 ± 3,90 ^{a}	7,18 ± 3,63 ^{a}	6,48 ± 3,60 ^{a}	7,85 ± 4,13 ^{a}
Qu-3-rut [mg/Kg]	1,14 ± 0,56 ^{a}	1,45 ± 0,59 ^{ab}	1,61 ± 0,65 ^{b}	2,55 ± 1,28 ^{a}	2,65 ± 0,67 ^{a}	3,35 ± 0,95 ^{a}
Qu-3-rham [mg/Kg]	0,36 ± 0,19 ^{a}	0,50 ± 0,34 ^{a}	0,56 ± 0,53 ^{a}	0,75 ± 0,51 ^{a}	1,00 ± 0,79 ^{ab}	2,08 ± 0,92 ^{b}
Kae-3-glu [mg/Kg]	0,50 ± 0,27 ^{a}	0,93 ± 0,32 ^{b}	1,08 ± 0,41 ^{b}	1,05 ± 0,39 ^{a}	1,75 ± 0,51 ^{b}	1,97 ± 0,38 ^{b}

Flavonoide: Die Flavonoide eignen sich am besten zur Differenzierung der Reifegrade. Besonders Kaempferol-3-glucosid ist zur wichtigen Unterscheidung der Reifegrade unreif vs. reif geeignet. Große Früchte sollten mindestens einen Gehalt von 0,80 mg/kg und Sämlinge von mindestens 1,75 mg/kg zur Herstellung qualitativ hochwertiger Verarbeitungsprodukte aufweisen.

Zusammenfassung

Der Reifegrad von Kornelkirschen (*Cornus mas L.*) ist ein wichtiges Qualitätskriterium für die Verarbeitung. Unreife Früchte eignen sich nicht zur Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte. Zur Qualitätsbeurteilung ist daher die Unterscheidung zwischen unreifen und reifen Früchten für Verarbeiter essentiell. Der Reifegrad wird üblicherweise mittels Festigkeit und Farbanalysen ermittelt. In der Praxis werden aber meist gefrorene Früchte bzw. Mark von den Verarbeitern eingekauft. Hier ist die Beurteilung mittels Fruchtfleischfestigkeit nicht mehr möglich. In diesem Versuch wurde untersucht, ob mittels

chemischer Analysen der Reifegrad von Kornelkirschen unabhängig von Erntejahr und Herkunft signifikant unterschieden werden kann.
Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten analysierten Inhaltsstoffe innerhalb der Erntejahre und Herkunft sehr stark schwanken und daher für eine Differenzierung der Reifegrade nicht geeignet sind. In diesem Versuch konnte zum ersten Mal gezeigt werden, dass der Gehalt an Flavonoiden, insbesondere Kaempferol-3-glucosid, zur signifikanten Differenzierung der Reifegrade geeignet ist. Früchte mit einem Gehalt an Kaempferol-3-glucosid von mindestens 0,80 mg/kg bei großen Früchten (Sorten) und 1,75 mg/kg bei kleinen Früchten (Sämlinge) eignen sich zur Herstellung guter Verarbeitungsprodukte.

Abstract

The ripening stage of cornelian cherries (*Cornus mas L.*) is a very important parameter for processors. Unripe fruits are not appropriate for the production of products of high quality. The differentiation of unripe and ripe fruits is therefore essential for processors. The ripening stage of fresh fruits can usually be determined by means of firmness and skin colour. Processors usually don´t buy fresh fruits but frozen fruits or puree on the market. Thus they can´t measure the firmness of the fruits anymore. The goal of this work is to find ingredients which can be used to differentiate the ripening stages of cornelian cherries independent of harvest year and provenience.
Results show for the first time that by means of the flavonoid kaempferol-3-glucoside a proper differentiation of unripe and ripe fruits is possible. Ripe fruits with a content of kaempferol-3-glucoside of at least 0,80 mg/kg in big fruits (species) and 1,75 mg/kg in small fruits (wild genotypes) are appropriate for the production of high quality products from cornelian cherries.

Literatur

GÖSSINGER, M., KUENZ, F., WENDELIN, S., KORNTHEUER, K., JÄGER, H., WURM, L. UND GRAF. M. (2022): Improved quality assessment of cornelian cherry (Cornus mas L.) fruit with regard to their processing potential. J. Food Sci Technol: https://doi.org/10.1007/s13197-022-05370-y

AKAGIC, A., ORAS, A.O., ZULJEVIC, S.O., SPAHO, N., DRKENDA, P., BIJEDIC, A., MEMIC, S., HUDINA, M. (2020): Geographic variability of sugars and organic acids in selected wild fruit species. Foods 9:462

DRKENDA, P., SAPHIC, A., BEGIC-AKAGIC, A., GASI, F., VRANAC, A., HUDINA, M., BLANKE, M. (2014): Pomological characteristics of some autochthonous genotypes of cornelian cherry (Cornus mas L.) in Bosnia and Herzogovina. Erwerbs-Obstbau 56:59–66. https://doi.org/10.1007/s10341-014-0203-9

Adressen der Autoren

[1] Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Abteilung Obstverarbeitung, Wienerstrasse 74, 3400 Klosterneuburg

[2] Universität für Bodenkultur, Institut für Lebensmitteltechnologie, Muthgasse 18, 1190 Wien

[*] Ansprechpartner: Prof. HR DI Dr. Manfred Gössinger, manfred.goessinger@weinobst.at

Fruchtfäulen auf Roten Johannisbeeren (*Ribes rubrum*) und Heidelbeeren (*Vaccinium corymbosum*) aus steirischen Anlagen und CA-Lagern

Fruit rots on red current (Ribes rubrum) and blueberry (Vaccinium corymbosum) from Styrian orchards and CA Storage

Anna Gasperl[1*], Julia Jacobi[2] und Maria Müller[1*]

Introduction

The Austrian red currant and blueberry production is mainly located in Styria and Upper Austria. In 2019, 6.145 tons of soft fruit (currants, strawberries, raspberries and blueberries) have been harvested from an area of 428 hectars (STATISTIK AUSTRIA 2020).
An increase in fruit rots on red currents and blueberries stored in Styrian CA (controlled atmosphere) facilities raised concern among soft fruit distributors. *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum* sp., *Penicillium* sp. und *Fusarium* sp. had been identified by AGES in a preliminary molecular genetic analysis, initiated by some distributors and the National Chamber for Agriculture and Forestry in Styria.
Some of these fungi are yet unknown to cause fruit rot and therefore disease management is challenging. We therefore combined morphological and molecular genetic methods for a most efficient identification of fruit rot causing fungi on red currants and blueberries from Styrian orchards and CA storage facilities.

Material and Methods

Infested *Ribes rubrum* (see Fig. 1A) were collected from different orchards in August 2020. In addition, samples of *Ribes rubrum* and *Vaccinium corymbosum* from distributors in Styria were also collected and examined. Berries were placed either on potato dextrose agar (PDA) or synthetic nutrient-poor agar (SNA) plates. Mycelia formed were sub-cultivated on new plates to retrieve pure cultures. Mycelia were separated according to growth habit, morphology and pigmentation. In order to retrieve intact conidia carriers and conidia for microscopical analysis, fungi were sub-cultivated using the slide-culture technique. Some fungi required daylight for three days to form conidia.
Pure cultured fungi, which had caused the fruit rot on a certain berry, were subsequently identified based on morphological characteristics (growth habit, hyphae, pigmentation, conidia carriers and conidia) and genetic data (internal transcribed spacer regions: ITS1, ITS4). Extracted DNA from samples was sequenced and unknown sequences BLASTed against ITS1 and ITS4 regions of fungi available from the nucleotide database of NCBI.

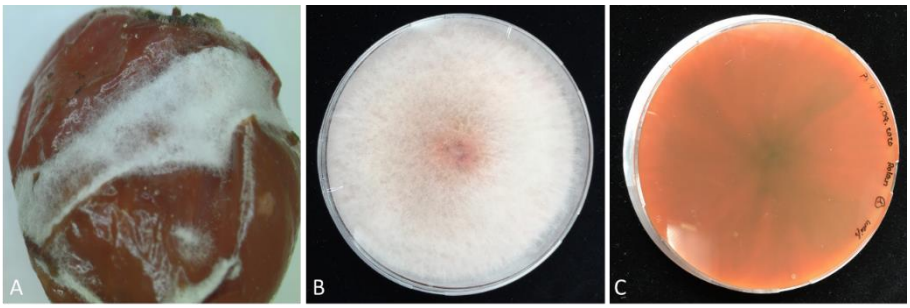


Figure 1. ***Fusarium* sp. A: Infected red currant. B: top of the agar plate, C: bottom of the agar plate. Colonies grown for 4 weeks at 20 °C on PDA (potato dextrose agar).**

Results and Discussion

The combination of morphological and genetic analyses made it possible to unambiguously assign a total of 19 fungi on red currants (out of 23 samples) to eight different genera (JACOBI et al. 2021). On blueberries, four different fungal genera were detected in nine samples (Table 1).

Table1. **Diversity of pathogenic fungi on red currants and blueberries from Styrian soft fruit orchards and storage facilities, sorted by frequency of occurrence. Identification based on morphological characteristics (growth habit, hyphae, pigmentation, conidia carriers and conidia) and genetic characteristics (internal transcribed spacer: ITS1, ITS4), JACOBI et al. (2021).**

Freiland / Folientunnel	**Lagerung**
Cladosporium sp.	*Penicillium expansum*
Botrytis cinerea	*Fusarium* sp.
Mucor cf. *fragilis*	*Neopestalotiopsis* sp.
Penicillium expansum	*Cladosporium* sp.
Penicillium bialowiezense	*Epicoccum nigrum*
Epicoccum nigrum	*Hanseniaspora uvarum*
	Trichoderma sp.

Red currants were most frequently infested by *Cladosporium* sp., *Botrytis cinerea*, *Mucor* cf. *fragilis* and *Penicillium expansum* (Fig. 2), while blueberries were infested by *Cladosporium* sp. *Cladosporium* and *Mucor* species have previously not been described as causal agents of fruit rot in currants or blueberries.

Surprisingly, *Neopestalotiopsis* sp. (Fig. 3), as well as *Trichoderma* sp. and the yeast *Hanseniaspora uvarum* (anamorph: *Kloeckera apiculata*) were identified in red currants from CA storage. In stored blueberries, in addition to *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Neopestalotiopsis* sp. and *Trichoderma* sp. were identified.

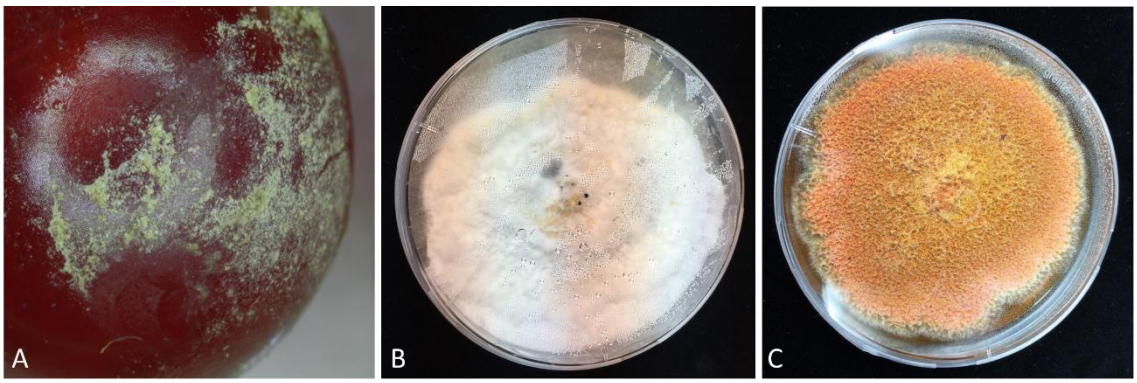


Figure 2. **Two fungi isolated from the same berry. A: Infected red currant. B: *Neopestalotiopsis* sp.; C: *Epicoccum nigrum*. Colonies grown for 4 weeks at 20 °C on PDA.**

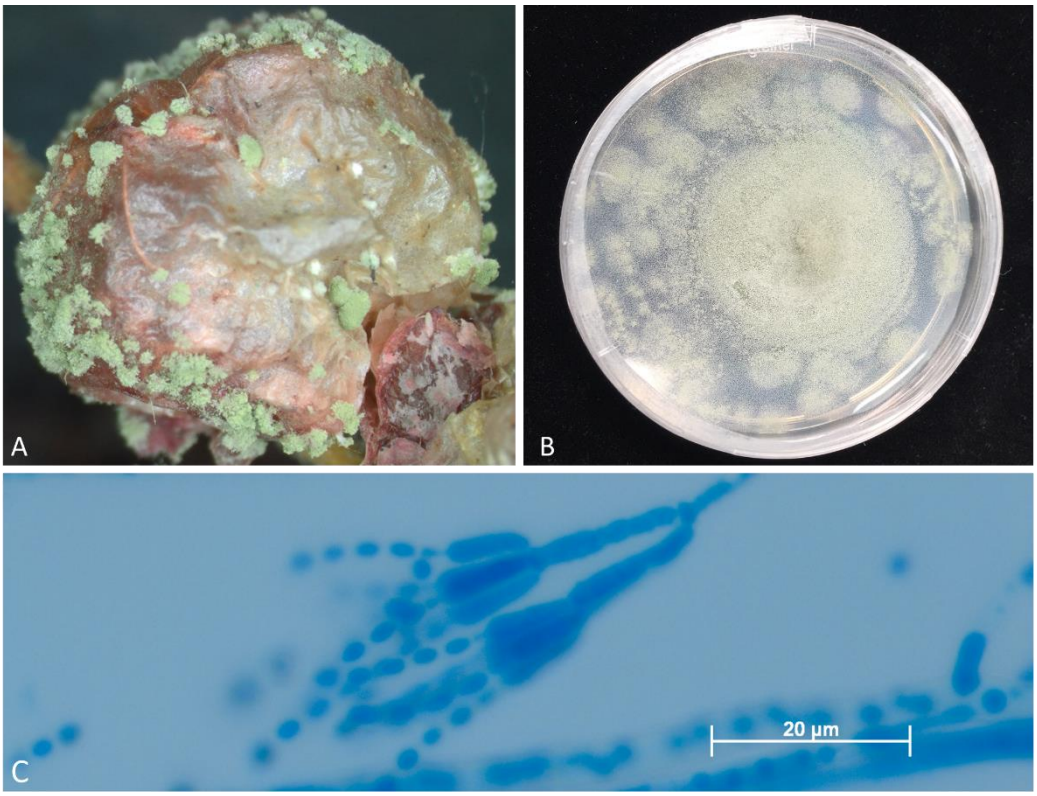


Figure 3. ***Penicillium* sp. A: Infected red currant. B: Colonies grown for 4 weeks at 20 °C on SNA (Synthetic nutrient-poor agar). C: Micrograph of a conidiophore (cotton blue), scale bar = 20 µm.**

The combination of morphological and genetic analyses is important for a definite classification at genus level. A surprising diversity of pathogenic fungi was found on Ribes rubrum and Vaccinium corymbosum samples. Clear evidence as to which of the fungi identified in this study and previously undescribed in connection with fruit rot, actually causes fruit rot, can only be obtained by infection experiments with healthy berries.

Zusammenfassung

Die südliche und westliche Steiermark hat langjährige Tradition im Anbau von Beerenobst wie Roten Johannisbeeren (*Ribes rubrum*) und Kulturheidelbeeren (*Vaccinium corymbosum*). Der Genuss von Beerenobst zeigt steigende Beliebtheit (RENHARDT 2019).
Beerenobst ist jedoch leicht verderblich und anfällig für Fruchtfäule (HANKE AND FLACHOWSKY 2017). Die vergleichsweise schlechte Haltbarkeit stellt eine große Herausforderung, insbesondere in der Frischvermarktung und während der Lagerung dar. Fruchtfäule wird in erster Linie durch *Botrytis cinerea, Monilia, Alternaria, Colletotrichum* and *Penicillium*-Arten hervorgerufen (SCHILDER et al. 2002). Die Bestimmung von Krankheitserregern ist wesentlich für eine effiziente Vorsorge gegen und Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten.

Abstract

Styria, especially southern and western Styria, is a traditional growing area for soft fruit like red currants (*Ribes rubrum*) and blueberries (*Vaccinium corymbosum*). The consumption of fresh berries is increasing in popularity (RENHARDT 2019).
However, berries are easily perishable and prone to fruit rot (HANKE AND FLACHOWSKY 2017). This is a major problem, especially for the fresh market and the associated storage of the berries. Fruit rot is mostly caused by *Botrytis cinerea, Monilia, Alternaria, Colletotrichum* and *Penicillium* species (SCHILDER et al. 2002). Identification of the disease-causing pathogens is important for disease prevention and control.

Acknowledgements
The authors sincerely thank Doris Feiertag (University of Graz, Institute of Biology) for facilitating fungal DNA extraction and purification, Styrian soft fruit farmers and storage facilities for berry samples and Manfred Wiesenhofer (National Chamber for Agriculture and Forestry in Styria) for organizing sample transfer.

References

RENHARDT 2019: Marktübersicht Beerenobst. Hg. v. AgrarMarkt Austria. https://www.ama.at/marktinformationen/obst-und-gemuse/aktuelle-informationen/2019/marktuebersicht-beerenobst (Nov 18, 2019)
HANKE, M. & FLACHOWSKY, H. 2017. Obstzüchtung und wissenschaftliche Grundlagen. Springer Berlin Heidelberg. 490 p.
SCHILDER AMC, GILLETT JM, WOODWORTH JA. 2002. The kaleidoscopic nature of blueberry fruit rots. Acta Hortic (574), S. 81–83.
STATISTIK AUSTRIA 2020: Obsternte 2019. https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/obst/index.html (Sep 22, 2020).
JABOBI J, GASPERL A, FEIERTAG D, MÜLLER M. 2021. Pilzpathogene auf steirischem Beerenobst – Welche Pilze befallen Johannisbeeren und Heidelbeeren in der Anlage bzw. im CA-Lager? Der Pflanzenarzt 6-7, 18-20.

Addresses of the co-authors

[1] Institut für Biologie, Karl-Franzens -Universität Graz, Schubertstraße 51, A-8010 Graz.

[2] Julius Kühn-Institut, Bundesforschungszentrum für Kulturpflanzen, Erwin-Baur-Str. 27, D-06484 Quedlinburg.

[*]Contact Person: A.o. Prof. Dr. Maria Müller, maria.mueller@uni-graz.at

Untersuchung von Erdbeersorten hinsichtlich ihrer Farbstabilität in der Nektarproduktion

Analysis of strawberry cultivars regarding their colour stability in nectar production

Claudia Dietl-Schuller[1], Helen Murray[1], Cordula Klaffner[1], Karin Korntheuer[2], Henning Wagner[3], Klaus Olbricht[3], Karl Stich[4] und Manfred Gössinger[1]

Einleitung

Nektar aus Erdbeeren ist farblich nicht sehr stabil. Der größte Farbverlust erfolgt innerhalb weniger Wochen Lagerung. Es gibt viele Studien, die sich mit dem Einfluss von Faktoren wie Sorte, Erntezeit, Reifegrad, Festigkeit, Gewicht, pH-Wert der Produkte, titrierbare Säure, und dem Anteil an Bioaktiven Komponenten befassen [1, 4]. Für die Farbgebung verantwortlich sind die zwei Anthocyanidine Pelargonidin und Cyanidin [3]. Im Zuge dieser Arbeit wurden 119 verschiedene Sorten mit unterschiedlicher Reifezeit aber gleichem Reifezustand untersucht. Die Verteilung der Sorten war wie folgt: 77 frühe bis mittelfrühe Sorten, 21 Sorten zur Hauptreifezeit, 9 späte Sorten und 12 remontierende Sorten. Ziel war es durch gezielte Analysen herauszufinden, wie weit die Sortenwahl Einfluss auf die Farbstabilität von Erdbeernektar hat.

Material und Methoden

Pflanzenmaterial: Die untersuchten Sorten wurden als tiefgekühltes Püree vom Forschungsinstitut Hansabred in Dresden zur Verfügung gestellt. Ernte der Rohware erfolgte von 02.06.2020 bis 24.06.2020. Die geernteten Erdbeeren wurden direkt gefroren und die Früchte aller Ernten einer Sorte gesammelt zu Püree verarbeitet. Dafür wurden die Erdbeeren nur halb angetaut. Vom ersten Frieren bis zur Nektarherstellung erreichten die Proben nie eine Temperatur über 4 °C.
Herstellung Nektar: Die Erdbeeren wurden über Nacht im Kühlraum (+4 °C) kontrolliert aufgetaut. Nicht vollständig getaute Proben wurden im Wasserbad auf +4 °C gebracht. Die Einwaage von Zucker-, Säure- und Wassermenge wurde aufgrund einzelner vorangehender Püree-Analysen für jede Sorte eigens durchgeführt. Alle Komponenten wurden mit dem Stabmixer homogenisiert, in einzelne Gläser (140 g ± 1 g) abgefüllt und pasteurisiert (80 °C für 10 Minuten) [5]. Die Lagerung erfolgte bei 20 °C.
Farbmessung: Die Farbmessung erfolgte mit einem Minolta CM3500d Photometer (Reflexionsfarbmessung, D65, 10°, Glanz ausgeschlossen, color data software CM-S100w, ver. 1,4, Japan) in Doppelbestimmung in 30 mm Glasküvetten. Anschließend wurde nach GÖSSINGER et al. [2] aus den a*-Werten und h°-Werten ein Akzeptanzfaktor (AF) berechnet. Liegt dieser bei <0,4 wird die Farbe nicht mehr vom Konsumenten akzeptiert. Sobald dieser Wert erreicht war, erfolgte keine weitere Farbmessung der Sorte. Dieser AF-Wert wurde für den Sortenvergleich herangezogen.
Phenolanalysen: Es wurde von ausgewählten Sorten (23) eine Phenol- und Anthocyan-Analyse durchgeführt. Die Auswahl beruhte auf der gemessenen Farbstabilität der Nektare. Es wurde darauf geachtet, dass Sorten aller Kategorien (1, 2, 3, 4) verwendet wurden [5].
L-Ascorbinsäure: Die L-Ascorbinsäure Konzentration wurde immer aus dem Püree bestimmt. Dazu wurde mit Schnelltestreifen (Reflectoquant®, Ascorbinsäure-Test, Lot: 03942452, Merck KGaA, Darmstadt, DEUTSCHLAND) durchgeführt.
Weitere Analysen: Bei jeder Sorte wurden Redoxpotential und die Leitfähigkeit (LF) im Püree, dem nicht pasteurisierten Nektar und dem pasteurisierten Nektar gemessen [5].
Auswertung: Die Auswertung der generierten Daten erfolgte mit SPSS 26 und Excel.

Ergebnisse und Diskussion

Um statistisch bessere Aussagen treffen zu können, erfolgte eine Kategorisierung der Sorten nach ihren AF12-Werten (Akzeptanzfaktor nach 12 Wochen Lagerung). Kategorie 1 schließt die stabilsten Proben ein, Kategorie 2 alle mittelstabilen und Kategorie 3 alle weniger stabilen Proben. Kategorie 4 wurde jenen Proben zugeteilt, die kürzer als 12-Wochen stabil waren, und für die daher kein AF12-Wert mehr

generiert werden konnte. Nach dieser Einteilung gibt es 25 Sorten mit Kategorisierung 1 (z.B.: Senga Sengana, Dover, Macherauchs Marieva), 24 mit Kategorisierung 2 (z.B.: Korona, Mieze Schindler, Rendezvous), 30 mit Kategorisierung 3 (z.B.: Clery, Honeoye, Magnus), 39 in Kategorie 4 (z.B.: Malling Centenary, Docteur Morere, Cambridge Favourite). Die jeweiligen Minima und Maxima der Parameter sind in Tabelle 3 gelistet. Es zeigt sich, dass bereits zu Beginn (AF0) die Werte sehr weit auseinanderklafften. Der niedrigste errechnete Wert liegt bei 0,427 und ist somit bereits am unteren Ende für noch akzeptable AF-Werte. Auch für LF, Redoxpotentiale und L-Ascorbinsäure Konzentration gilt dieser Trend. Tabelle 4 zeigt, dass für jeden Parameter maximal zwei homogene Gruppen gebildet werden können. Betrachtet man die Untermengen kann kein Trend für signifikante Unterschiede bezogen auf die Gruppierungen beobachtet werden. Das Redoxpotential von Lebensmitteln stellt einen Indikator für antioxidative Wirksamkeit dar. Bezogen auf die Konservierung von Lebensmitteln im Allgemeinen hat eine Verringerung des Redoxpotentials nur wenig Beitrag zur Haltbarmachung [6]. Dies spiegelt sich auch in den ermittelten Daten wider, wie in

Tabelle **5** ersichtlich. Nur das Redoxpotential im pasteurisierten Nektar (r=-0,15**) und die LF im Püree (r=0,17**) zeigen eine schwache negative Korrelation und sind signifikant [7]. Somit hat ein höheres Redoxpotential einen geringen Einfluss auf die Farbstabilität. Alle restlichen beschriebenen Werte zeigen keine signifikante Abhängigkeit zur Farbstabilität auf.

Tabelle 3: **Minimum und Maximum Werte für LF und Redoxpotential im Püree, nicht pasteurisiertem Nektar und pasteurisiertem Nektar.**

Parameter	**Minimum**	**Maximum**
AF0-Werte	0,427	1,014
AF12-Werte	<0,400	0,793
LF Püree [mS/cm]	2,04	4,91
LF nicht pasteurisierter Nektar [mS/cm]	1,07	3,27
LF pasteurisierter Nektar [mS/cm]	1,18	2,84
Redoxpotential Püree	-13,3	187,9
Redoxpotential nicht pasteurisierter Nektar	6,7	199,1
Redoxpotential pasteurisierter Nektar	38,4	217,3
Ascorbinsäure [mg/mL]	32	450

Tabelle 4: **Aufteilung in Homogene Gruppen nach den Gruppierungen für LF Püree, LF Nektar nicht pasteurisiert, LF Nektar pasteurisiert, Redoxpotential Püree, Redoxpotential Nektar nicht pasteurisiert, Redoxpotential Nektar pasteurisiert und Konzentration L-Ascorbinsäure.**

Gruppierung	**LF Püree**	**LF Nektar nicht pasteurisiert**	**LF Nektar pasteurisiert**	**Redoxpotential Püree**	**Redoxpotential Nektar nicht pasteurisiert**	**Redoxpotential Nektar pasteurisiert**	**L-Ascorbinsäure**
1	b	a	a	a	ab	b	b
2	b	a	b	b	a	a	b
3	a	a	a	b	ab	a	a
4	a	a	a	ab	b	a	b

Tabelle 5: **Korrelation zwischen Gruppenbewertung und den Parametern LF und Redoxpotential im Püree, Nektar nicht pasteurisiert, Nektar pasteurisiert und Ascorbinsäure nach Cohen (1992).**

	Grup-pierung	Korrelation
LF Püree	-0,17**	schwach
LF Nektar nicht pasteurisiert	-0,10*	schwach
LF Nektar pasteurisiert	-0,05	keine
Redoxpotential Püree	-0,07	keine
Redoxpotential Nektar nicht pasteurisiert	-0,01	keine
Redoxpotential Nektar pasteurisiert	-0,15**	schwach
L-Ascorbinsäure	0,02	keine

*: P < 0,05; Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5 % (signifikant)
**: P < 0,01; Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 1 % (hoch signifikant)

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die Farbstabilität von fruchtfleischhaltigen Erdbeernektaren aus 119 verschiedenen Sorten verglichen. Innerhalb des 12-wöchigen Lagerversuches wurden wöchentlich die Farbwerte in Doppelbestimmung bestimmt und der Akzeptanzfaktor (AF) berechnet. Die Sorten wurden in 4 Gruppen mit unterschiedlicher Farbstabilität eingeteilt. Weiters wurden Analysen von ausgewählten möglichen Einflussfaktoren auf die Farbstabilität durchgeführt. Es ist kein Zusammenhang zwischen dem Redoxpotential, der Leitfähigkeit und dem L-Ascorbinsäure Gehalt im Püree oder Nektar und der Farbstabilität der Nektare feststellbar.

Abstract

In this study the colour stability of strawberry nectars made from puree of 119 different cultivars was tested. During the storage period of 12 weeks the colour components were measured weekly in doubles. An acceptance factor (AF) was calculated. The cultivars were classified in four groups according to their colour stability. Moreover, selected parameters, which may have an impact on colour stability, were analysed. No clear correlation of the redox potential, conductivity or l-ascorbic acid content in the puree or nectar on the colour stability of the nectars could be determined.

Literatur

[1] GÖSSINGER M, GRÜNEWALD J, KAMPL C, WENDELIN S, STICH K, Berghofer E, 2014: Impact of provenance, cultivar, time of harvest and degree of ripeness of strawberries on their ingredients and colour stability of strawberry nectars made from puree. Acta Hortic. 1017, 109-118
[2] GÖSSINGER M, ULLRAM T, HERMES M, WENDELIN S, BERGHOLDS S, HALBWIRTH H, STICH K, BERGHOFER E, 2009: Effects of pre-freezing, puree content and pasteurisation regime on colour stability of strawberry nectar made from puree. J Sci Food Agric 89, 144-149
[3] GÖSSINGER M, ULLRAM T, HERMES M, WENDELIN S, BERGHOLDS S, HALBWIRTH H, STICH K, BERGHOFER E, 2009: Effects of pre-freezing, puree content and pasteurisation regime on colour stability of strawberry nectar made from puree. J Sci Food Agric 89, 144-149
[4] BUVÉ C, KEBEDE B.T, DE BATSELIER C, CARRILLO C, PHAM H.T.T, HENDRICKX M, GRAUWET T, VAN LOEY A, 2018: Kinetics of colour changes in pasteurised strawberry juice during storage. Journal of Food Engineering 216, 42-51
[5] DIETL-SCHULLER C, Untersuchungen von Erdbeersorten auf deren Potential zur Herstellung farbstabiler Nektare, Masterarbeit Universität für Bodenkultur
[6] NICOLI M.C, TONIOLO R, ANESSE M, 2004: Relationship between redox potential and chain-breaking of model systems and foods. Food Chemistry 88, 79-83
[7] Cohen J, 1992. Quantitative Methods in psychology, a Power Primer, Psychology Bulletin 112, 1

Adressen der Autoren

[1] Abteilung für Obstverarbeitung, HBLA und Bundesamt Klosterneuburg Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, Österreich

[2] Abteilung für Chemie, HBLA und Bundesamt Klosterneuburg Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, Österreich

[3] Hansabred GmbH &Co. KG, Dresden, Deutschland

[4] Department für Chemie, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich

Einfluss des Frierens auf die Farbstabilität der Erdbeernektare

Impact of freezing on the colour stability of strawberry nectars

Marlene Lindner[1], Helen Murray[1], Cordula Klaffner[1], Karl Stich[2] und Manfred Gössinger[1]

Einleitung

Erdbeeren sind nur eine kurze Zeit bei kühler Lagerung frisch und für den Verzehr attraktiv. Aus diesem Grund werden Erdbeeren häufig eingefroren und zum Zeitpunkt der Verarbeitung wieder aufgetaut. Bei Frier- und Auftauprozessen spielt die Erhaltung von Farbe, Textur und Aromen eine wesentliche Rolle (Rayman Ergün et al., 2021); (Oszmiański et al., 2009). Hinsichtlich des Einfrierens von Erdbeeren gibt es unterschiedliche Meinungen, nach Manfred Gössinger et al., 2009 hat ein Einfrieren der Erdbeeren einen positiven Effekt auf die Farbstabilität der Nektare. Laut Holzwarth *et al.*, 2012 können durch die Einfrier- und Auftauprozesse Pigmente verloren gehen, was zu einem Farbverlust führt. Außerdem kann es durch die Prozesse zu irreversiblen Schäden an den Zellwänden kommen, was in einer Minderung der Qualität zu bemerken ist.
In dieser Arbeit werden unterschiedliche Auftaumethoden verglichen, sowie der Effekt wiederholten Auftauens und Einfrierens von Erdbeeren auf die Farbstabilität untersucht.

Material und Methoden

Erdbeeren: Für die Versuche wurden die Erdbeersorten Honeoye und Elsanta aus der Ernte Juli 2021 herangezogen. Nach der Ernte wurden die Früchte von den Partnern in Polen eingefroren und verschickt, wobei die Temperatur von -18°C nicht überschritten wurde.
Auftaumethoden: Zur Ermittlung des Einflusses auf den Auftauvorgang wurden die Proben der Erdbeersorte Honeoye mit 10 unterschiedlichen Auftaumethoden behandelt (siehe Tabelle 1). Die Erdbeeren wurden bei verschiedenen Temperaturen und Zeitspannen aufgetaut, zum Teil wurden ein Wasserbad und ein Mikrowellenofen eingesetzt.

Tabelle 6: **Unterschiedliche Auftaumethoden**

Methode	Abkürzung
1h in einem 60°C Wasserbad	A
24h bei Raumtemperatur	B
48h bei 4°C	C
72h bei 4°C	D
Mikrowelle (100% Leistung) für 25 Minuten	E
48h bei Raumtemperatur	F
4h in einem 30°C Wasserbad	G
24h bei 40°C	H
24h bei Raumtemperatur, es wurde nur die Frucht ohne Überstand verarbeitet	I
24h bei einer ausgerechneten Menge Wasser	J

Wiederholtes Einfrieren und Auftauen: Bei dem Versuch wurden überreife Erdbeeren der Sorte Elsanta von zwei unterschiedlichen Erntezeitpunkten verwendet. Die tiefgefrorenen Erdbeeren wurden für 24h bei 20°C gelagert, es wurde beobachtet, dass während dieser Zeit nicht alle Erdbeeren aufgetaut waren. Von jeder Sorte wurde ein 5 kg Sack entnommen und zu Nektar verarbeitet, die restlichen Proben wurden erneut bei -22°C eingefroren. Dieser Prozess wurde in Abständen von jeweils einem Monat viermal wiederholt.
Nektarherstellung: Die aufgetauten Proben wurden mittels einer Küchenmaschine (Feuma, Deutschland) zu einem Püree verarbeitet. Das Püree wurde auf Titrierbare Säure und °Brix-Werte analysiert, um die Zusätze an Zucker und Säure, sowie die Wassermenge zu bestimmen, die für Nektare jeweils notwendigen waren. (15 °Bx, TA: 7,0 g/l, Fruchtanteil: 40%). Das Püree und die Zutaten wurden mit einem Stabmixer vermengt und händisch in 250 ml Gläser abgefüllt. Die Gläser wurden daraufhin bei

80°C für 10 min pasteurisiert und nach dem Abkühlen bei 20°C in einem dunklen Raum gelagert. (Lindner Marlene, 2022)
Messung der Farbstabilität: Für die Bestimmung der Farbstabilität wurden die bei 20°C gelagerten Proben wöchentlich bis 12 Wochen mittels des Spektrometers *Minolta CM5* Photometer getestet. Die Messung erfolgte in einer Doppelbestimmung, wobei die Nektare in eine 30 mm Glasküvette gefüllt wurden. Durch die gemessenen a*-Werte und h°-Werte wurde der Akzeptanzfaktor berechnet. (M. Gössinger et al., 2009)
Auswertung: Die Auswertung erfolgt mittels SPSS 26 und Excel.

Ergebnisse und Diskussion:

Unterschiedlichen Auftaumethoden:
In Abbildung 1 sind die Unterschiede der Auftaumethoden nach der Pasteurisierung der Nektare dargestellt.

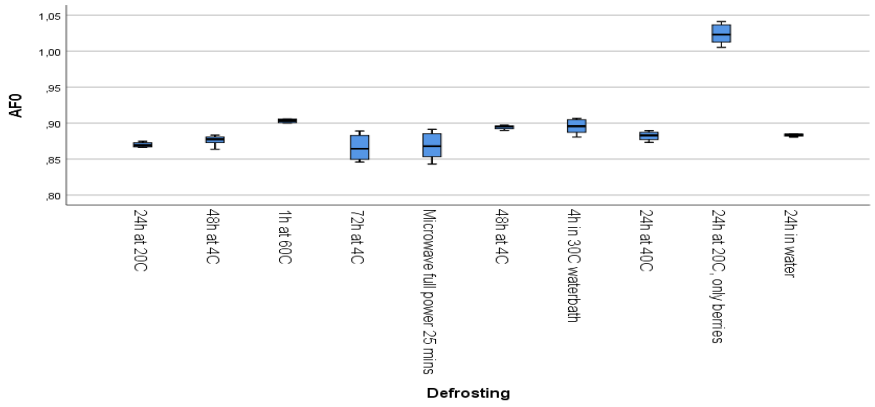


Abbildung 4: **Unterschiedliche Auftaumethoden zum Zeitpunkt AF0**

Die AF Werte nach der Pasteurisation waren mit Ausnahme der Variante I nicht signifikant unterschiedlich, die variierenden Resultate beruhen vermutlich auf der entstandenen Co-Pigmentierung. Bei Variante I wurde der Drip-loss nicht mitverarbeitet, dadurch kam zu einer Aufkonzentrierung der festen Bestandteile und damit zu einem signifikanten höheren AF nach der Pasteurisation.

Wiederholten Einfrierens und Auftauens:
Für eine vereinfachte Darstellung wird die Erdbeersorte Elsanta (überreif) vom Erntezeitpunkt 01.07.2021 als **Elsanta A** bezeichnet und die Erdbeersorte Elsanta (überreif) vom Erntezeitpunkt 07.07.2021 als **Elsanta B** beschriftet. Nachdem die Versuche noch laufen, sind hier ebenfalls die AF Werte nach der Pasteurisation dargestellt

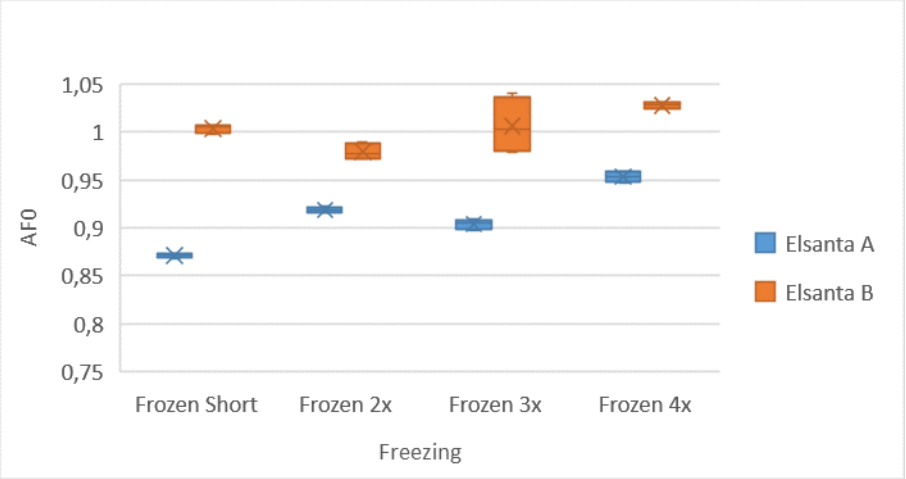


Abbildung 5: **Farbstabilität nach wiederholtem Einfrier- und Auftauprozesse, (AF0)**

In Abbildung 2 lässt sich der Einfluss des Erntezeitpunktes deutlich erkennen, die Nektare aus dem frühen Erntezeitpunkt liegen signifikant höher als die vom zweiten Erntezeitpunkt. Innerhalb der Erntezeit lässt sich kein eindeutiger Trend hinsichtlich AF-Werte nach mehrmaligem Einfrieren und Auftauen erkennen. Die bisherigen Ergebnisse der Farbstabilitätsprüfung zeigen, dass mit zunehmenden Auftauprozessen die Farbstabilität besser wird, hingegen die verschiedenen getesteten Auftauprozesse wenig Einfluss auf die Farbstabilität haben. In weiteren Versuchen muss geklärt werden, aus welchem Grund es zu einer gesteigerten Farbstabilität kommt.

Dem Partner Fa. SVZ wird für die Bereitstellung der Erdbeeren gedankt. Die Versuche wurden im Rahmen des EU Horizon 2020 Projektes (Marie Sklodowska-Curie grant agreement No 956257) gemacht.

Zusammenfassung

Um den Einfluss von Einfrier- und Auftauprozessen auf die Farbe und Farbstabilität von Erdbeernektaren zu bestimmen, wurden 10 verschiedene Methoden anhand der Erdbeersorte Honeoye untersucht. Weiters wurde mit Erdbeeren der Sorte Elsanta mehrmalige Einfrier- und Auftau-Methoden untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Farbwerte nach der Pasteurisation mit Ausnahme einer Variante nicht signifikant unterscheiden. Nur die Abtrennung der beim Auftauprozess anfallenden Flüssigkeit führte zu einem höheren Akzeptanzfaktor nach der Pasteurisation. Das mehrmalige Einfrieren und Auftauen hatte keinen eindeutigen Effekt auf die Farbwerte nach der Pasteurisation.

Abstract

10 different freezing and thawing processes were tested to determine their impact on colour and colour stability of strawberry nectars made from the cultivar *Honeoye*. Further repeated freezing and thawing methods were tested with strawberries of the cultivar *Elsanta*. Results show that the different thawing methods had no significant differences on the AF-values of the nectars after the pasteurization, except for the nectar which was processed without the drip loss. The repeated freezing and thawing process had no significant impact on the colour of strawberry nectars after pasteurisation.

Literatur

GÖSSINGER, M., MAYER, F., RADOCHA, N., HÖFLER, M., BONER, A., GROLL, E., NOSKO, E., BAUER, R., BERGHOFER, E., 2009. Consumer's Color Acceptance of Strawberry Nectars from Puree. J. Sens. Stud. 24, 78–92. https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2008.00196.x

GÖSSINGER, Manfred, MORITZ, S., HERMES, M., WENDELIN, S., SCHERBICHLER, H., HALBWIRTH, H., STICH, K., BERGHOFER, E., 2009. Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. J. Food Eng. 90, 171–178. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.018

HOLZWARTH, M., KORHUMMEL, S., CARLE, R., KAMMERER, D.R., 2012. Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (Fragaria×ananassa Duch.). Food Res. Int. 48, 241–248. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.04.004
LINDNER Marlene, 2022. Untersuchung zur Qualitätsbeurteilung von Obst für die Verarbeitung.
Oszmiański, J., Wojdyło, A., Kolniak, J., 2009. Effect of l-ascorbic acid, sugar, pectin and freeze–thaw treatment on polyphenol content of frozen strawberries. LWT - Food Sci. Technol. 42, 581–586. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.07.009
RAYMAN Ergün, A., YANAT, M., BAYSAL, T., 2021. The effects of the novel home freezing system on microstructure, color, antioxidant activity, and microbiological properties of strawberries. Int. J. Refrig. 121, 228–234. https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.10.013

Adressen der Autoren

[1] Abteilung für Obstverarbeitung, HBLA und Bundesamt Klosterneuburg Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, Österreich

[2] Department für Chemie, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich

[*]Ansprechpartnerin: Marlene Lindner BSc. Marlene.lindner@gmx.at

Zusammenfassung von Daten der Meldung und Kontrolle der Weinbehandlungsmittel in Österreich

Summary of data from the registration and control of wine treatment products in Austria

Stefanie Berghold[1*], Gerda Schubert[2] und Elsa Patzl-Fischerleitner[1]

Einleitung

Für die Bearbeitung des Weines werden schon seit langer Zeit Mittel zur Schönung und Stabilisierung verwendet. Weinbehandlungsmittel sind Stoffe, die bei önologischen Verfahren eingesetzt werden dürfen, um die Qualität des Weines zu verbessern. Diese Behandlungsmittel wurden nach Verwendungszweck und mit dem Stand der Technik immer wieder angepasst. Derzeit werden die Anwendung, Reinheits- und Identitätskriterien der Weinbehandlungsmittel in verschiedenen rechtlichen Bereichen (EU-Recht, österreichisches Weinrecht bzw. OIV-Resolutionen) definiert.
Das Rechtssystem im Bereich Wein in Österreich wird in mehreren Stufen geregelt. Die relevanten Stufen für die Behandlungsmaßnahmen und Behandlungsmittel sind das EU-Recht und das österreichische Weingesetz mit den jeweils geltenden Durchführungsbestimmungen. In diesem Bereich des Rechts besteht das Verbotsprinzip, was bedeutet, dass alles, was nicht ausdrücklich erlaubt ist, verboten ist.
Zunächst wird einmal das österreichische Weingesetz (Weingesetz 2009, BGBl I Nr. 111/2009 i.d.g.F) erwähnt, in dem grundsätzlich die önologischen Verfahren geregelt werden. Im Unterschied zu anderen Staaten sind in Österreich die Weinbehandlungsmittel einer zusätzlichen, generellen Registrierung unterworfen. Seit dem Jahr 2004 ist die Meldung der Weinbehandlungsmittel laut österreichischem Weingesetz vorgeschrieben. Die Mittel müssen bei einem der beiden Bundesämter (BA für Weinbau oder BA für Wein- und Obstbau) vorgelegt werden. Diese Präparate werden in ein Verzeichnis eingetragen, das von den beiden Bundesämtern übereinstimmend geführt wird. Ebenso wird in diesem Gesetz die Kontrolle mit der Einrichtung und Regelung der Kontrollorgane (Bundeskellereiinspektion) geregelt, denen auch die Kontrolle der Weinbehandlungsmittel obliegt.
In den übergeordneten Regelungen der Europäischen Union (EU), in der Verordnung (EU) 2019/934, werden die zugelassenen önologischen Verfahren genannt und die Verwendungsbedingungen und Grenzwerte von Behandlungsmitteln festgelegt. Ebenso werden hier die Reinheits- und Identitätskriterien für die verwendeten Stoffe geregelt. Bezüglich Spezifikationen ist die jeweilige Resolution der Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV) genannt. Die Bedingungen und Grenzwerte für die Verwendung sollten grundsätzlich den OIV-Empfehlungen entsprechen.
Die Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV) ist eine zwischenstaatliche, internationale Organisation mit wissenschaftlich-technischer Zuständigkeit in den Bereichen Rebe, Wein und anderen Reberzeugnissen. Sie ist eine Fachvereinigung, die ihrerseits Empfehlungen ausspricht. Die Mitgliederstaaten dieser Organisation haben als Grundlage für internationalen Handel technische Behandlungen festgelegt und auch die wichtigsten Substanzen für den Ausbau des Weines angeführt. Ebenso sind in den Unterlagen der OIV für diese Stoffe die Spezifikationen und deren Nachweiskriterien zu finden.
Das Ziel dieser Arbeit soll einen Überblick über die Registrierung seit Beginn der Meldepflicht geben. Dabei soll es auch zu einem Überblick über die Kontrolltätigkeiten in den Bereichen der Weinbehandlungsmittel kommen. Die gewonnenen Erkenntnisse können Probleme im Zuge der Produktion, des Handels und der Kontrolltätigkeiten aufzeigen. Dies macht es möglich, Vorteile und Verbesserungsmöglichkeiten des bestehenden Systems aufzuzeigen.

Material und Methoden

Es wurden Daten aus der Registrierung und der Analysen der von der Bundeskellereiinspektion gezogenen Proben an der HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg und des Bundesamtes für Weinbau Eisenstadt gesammelt und gemeinsam ausgewertet. Der erfasste Zeitraum beginnt mit der Führung der Liste der registrierten Weinbehandlungsmittel und der Kontrollen durch die Bundeskellereiinspektion (BKI) im Jahr 2005 und endet mit Dezember 2020.

Die Daten der Registrierung basieren auf der fortlaufend geführten Liste, die aufgrund des Weingesetzes § 3 Abs. 4 geführt wird. In dieser Verzeichnisliste wird das Mittel entsprechend dem Anwendungsbereich, ähnlicher Zusammensetzung und vergleichbarer Wirkung einer der derzeit 40 geführten Gruppen zugeordnet und mit einer fortlaufenden Nummer versehen. Für diese Arbeit wurde die Anzahl der gemeldeten Mittel pro Jahr, eingeteilt in die jeweiligen Gruppen, erfasst und die Löschungen aufgrund von fehlenden Nummern aus der Liste ermittelt.
Die Daten der analysierten Mittel beruhen auf den Untersuchungen der gezogenen Proben. Die Analysen erfolgten sowohl an der Prüfstelle der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg als auch am Bundesamt für Weinbau in Eisenstadt. Es wurden die untersuchten Parameter in 3 Kategorien (allgemeine, chemisch-physikalische und mikrobielle Parameter) eingeteilt und jeweils die Anzahl erfasst. Aufgrund der Untersuchungen und Vergleiche zu standardisierten Sollwerten wurden auch Behandlungsmittel beanstandet. Es wurde die Anzahl und der Grund der Beanstandung erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurden seit Beginn der Registrierungspflicht bis Ende 2020 3363 Mittel in der Verzeichnisliste erfasst. Einige Produkte, die nicht mehr auf dem Markt sind, wurden von den Betrieben gemeldet und deshalb aus der Liste genommen. Es wurden bereits 595 Mittel wieder aus dem Weinbehandlungsmittelverzeichnis entfernt. Somit waren Ende 2020 2768 Mittel gemeldet. Die Hefegruppe mit 598 Eintragungen ist die produktstärkste Kategorie.

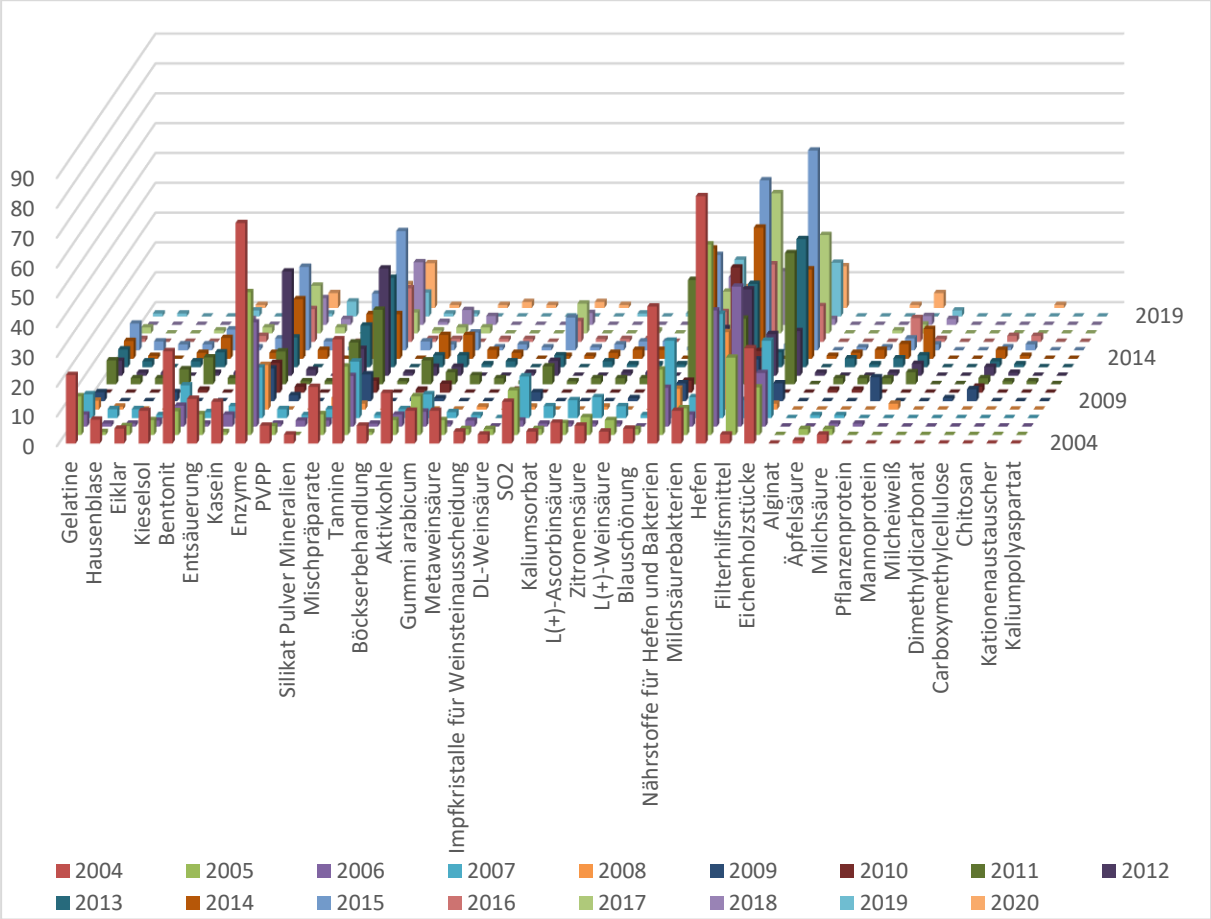


Abbildung 1: **Registrierte Weinbehandlungsmittel 2004-2020 eingeteilt in 40 Kategorien**

In den Jahren 2005 bis 2020 wurden von der Bundeskellereiinspektion 879 Mittel gezogen und von den beiden Bundesämtern untersucht. Besonders herauszustreichen ist das Jahr 2006, in dem die meisten Proben (254) bearbeitet wurden. Bis zum Jahr 2010 sank die gezogene Probenmenge jedes Jahr, danach blieb die Menge für mehrere Jahre konstant. Bei den Untersuchungen wurden insgesamt 9669 Parameter

erfasst, aufgeteilt in die 3 Kategorien sind es 2739 allgemeine, 4510 chemisch-physikalische und 2420 mikrobielle Parameter.
Von den untersuchten Weinbehandlungsmitteln wurden bis zum Jahr 2020 124 Mittel beanstandet, das sind im Durchschnitt 15 % aller untersuchten Mittel. Auch wenn eine Beanstandung aufgrund der Analysen ausgesprochen wurde, ist nichts über mögliche Folgen bekannt, da dies nicht im Zuständigkeitsbereich der analysierenden Bundesämter liegt und keine Information darüber vorhanden ist. Die meisten Beanstandungen gab es in den ersten beiden Jahren mit je 42 Nichtkonformitäten.
Seit der Einführung der Registrierung und Kontrolle der Weinbehandlungsmittel veränderte sich einiges zum Positiven im Handel. Die Mittel werden bei der Registrierung schon anhand der Unterlagen auf die Eignung überprüft. Es wurden bereits bei der Registrierung vereinzelt Produkte nicht akzeptiert, weil diese den Vorgaben nicht entsprachen. Weiters ging die Zahl der beanstandeten Weinbehandlungsmittel zurück. Somit zeigt sich sehr deutlich, dass die Registrierung und Kontrolle die Qualität der am Markt angebotenen Produkte hebt.

Zusammenfassung

In der Weinbereitung werden seit langem Mittel zur Schönung und Stabilisation von Wein eingesetzt. Durch eine Änderung des österreichischen Weingesetztes im Jahre 2004 wurde die Registrierung und Kontrolle der Weinbehandlungsmittel eingeführt. Seit Einführung der Registrierung bis Ende 2020 wurden an den beiden Bundeämtern (Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg und Bundesamt für Weinbau Eisenstadt) 3363 Mittel registriert. Die amtliche Kontrolle der Mittel obliegt der Bundeskellereiinspektion. Die Analysen der gezogenen Proben wurden an den beiden Bundesämtern durchgeführt. Die erhaltenen Werte wurden mit den jeweils geltenden Vorschriften der Reinheits- und Identitätskriterien verglichen und allenfalls Beanstandungen ausgesprochen. Es wurden im Zeitraum bis zum Jahr 2020 879 Mittel gezogen. Bei den gezogenen Mitteln wurden insgesamt 9669 Parameter untersucht. 124 Proben zeigten Nichtkonformitäten zu den gesetzlichen Vorgaben. Zu bemerken ist, dass sowohl die Registrierung als auch die Analysen und die Beanstandungen in der ersten Zeit nach der Einführung häufiger waren als in den letzten Jahren. Besonders die Beanstandungen gingen zurück, was auf eine Verbesserung der Qualität der gehandelten Behandlungsmittel hindeutet.

Abstract

In winemaking, agents for fining and stabilizing of wine have been used for a long time. Amendments of the Austrian Wine Law in 2004 introduced the registration and control of wine treatment agents. Since the introduction of registration until the end of 2020, 3363 treatment agents have been registered at the two federal offices (Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg and Bundesamt für Weinbau Eisenstadt). The official control of wine is in responsibility of the Bundeskellereiinspektion. The samples taken were analyzed at the two federal offices. The values obtained were compared with the applicable regulations of the purity and identity criteria and any complaints were made. In the period up to 2020, 879 treatment agents were examined. A total of 9669 parameters were examined for the samples taken.124 samples showed non-conformities with the legal requirements. It should be noted that registrations as well as analyses and the objection of samples were more frequent in the initial period after the introduction than in recent years. In particular, the number of samples, which do not fulfill the regulatory requirements decreased, which indicates an improvement in quality of treatment agents traded.

Adressen der Autoren

[1] Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneuburg

[2] Bundesamt für Weinbau, Gölbeszeile 1, 7000 Eisenstadt

[*] Ansprechpartner: DI Stefanie BERGHOLD BEd, stefanie.berghold@weinobst.at

Eignungsprüfung von Holzchips aus verschiedenen Holzarten und Hölzern für die Weinbereitung

Suitability test of wood chips from different wood species for winemaking

Harald Scheiblhofer, Laurenz Schöfmann, Alexander Schruiff, Martin Mayer, Michael Winkler, Christian Philip, Elsa Patzl-Fischerleitner, Susanne Schneider, Veronika Schober und Monika Schilcher

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, welche regionalen Hölzer für die Weinbereitung neben der Eiche in der Zukunft eine Rolle spielen könnten. Da das Holz der meisten Hölzer nicht für die Fassherstellung geeignet ist, wurde dieser Versuch mittels selbst produzierter Chips durchgeführt. Es wurden insgesamt 13 verschieden Holzarten (getoastet und ungetoastet) untersucht: Kirsche, Maulbeere, Marille, Johannisbeere, Weingartenpfirsich, Rebe, Haselnuss, Akazie, Kastanie, Zirbe, Lärche und Fichte. Im Vordergrund dieser Arbeit stand vor allem die Praxistauglichkeit der einzelnen Holzarten zu untersuchen. In einer Blindverkostung mit WeinexpertInnen wurden die einzelnen Varianten beschrieben und deren Akzeptanz bzw. Potential abgefragt. Sensorisch konnten sich vor allem zwei Holzarten, neben der Eiche, als mögliche Alternative beweisen. Sowohl die Haselnuss als auch die Kastanie konnten bei der Verkostung überzeugen. Bei der Haselnuss überzeugte vor allem die getoastete Variante. Die Nadelhölzer fielen durch ihr bekanntes, intensives, aber weinfremdes Aroma auf. Dies würde sie möglicherweise für eine neue Art von weinhaltigen Getränken eignen, die eine andere Kundenschicht als klassische Weintrinker anspricht. Für weitere Untersuchungen boten sich vor allem die Rebe und die schwarze Johannisbeere an.

Abstract

The aim of this paper was to find out which regional woods could play a role in vinification besides oak in the future. Since the wood of most plants is not suitable for barrel production, this trial was carried out using chips. Each type of wood was examined once without toasting and once with medium toasting. A total of 13 different types of wood were examined: cherry, mulberry, apricot, blackcurrant, peach, vine, hazelnut, acacia, chestnut, swiss stone pine, larch and spruce and oak. In terms of sensory properties, two types of wood, in addition to oak, proved to be possible alternatives. The vine and blackcurrant in particular lent themselves to further research.

Problemstellung

Die Auswirkungen von 225 Liter Eichenholzfässer (Barriques) bzw. Eichenholzchips sind in der Weinbranche schon lang bekannt, doch leider ist das Wissen zu diesem Thema hauptsächlich auf die amerikanische Eiche (Quercus alba), Stieleiche (Quercus robur L.) und die Traubeneiche (Quercus petraea) beschränkt. Da in der letzten Zeit in der Weinszene ein leichter Trend zu weniger Holzeinsatz im Wein breit macht und Weine immer wieder als „over oaked“ beschrieben werden, ist es sinnvoll den Einsatz von Barriques aus Eiche als beliebtestes Holzeinsatzmittel zu überdenken. Außerdem gibt es aktuell viele Ansätze für „alternative“ Weinbereitungsmethoden, die zu neuen und oft auch ungewohnten Aromen führen. Um diesen Trend aufzugreifen ist es auch wichtig, Alternativen zu Eichenholz im Wein zu untersuchen.

Material und Methoden

Als Null-Variante für den Versuch wurde ein klassischer Zweigelt (Rotburger) aus dem Jahr 2020 ausgewählt, welcher vom Weingut Scheiblhofer aus Andau (Burgenland) zur Verfügung gestellt wurde. Da es in der EU verboten ist, Chips aus anderen Holzarten als Quercus-Arten dem Wein zuzuführen, sind solche Chips auch nicht auf dem Markt zu finden und mussten daher selbst produzieren werden.
Die Gehölzer wurden zum Teil selbst besorgt. Der Rest wurde von der Fassbinderei VBS Schön zur Verfügung gestellt.

Die Obstgehölzer wurden im Juni 2020 geschnitten und die Reben wurden im Frühjahr im Zuge einer Rodung geschnitten. Von jeder Holzart wurden ungetoastete Chips und Chips mit einem Medium Toasting hergestellt. Die Holzchips wurden von der Firma VBS Schön mittels Elektrohäcksler zerkleinert. Die Hälfte der Chips wurde mit einem Medium Toasting versehen. Dafür wurden die Holzstücke für 20 Minuten bei 180 °C in einen Backofen gelegt. Die Flaschen mit dem Wein wurden 2 Monate gemeinsam mit den Chips gelagert. Die Lagertemperatur lag bei rund 13 °C. Als Lagerdauer wurden etwas 2 Monate gewählt, damit aus den bisher vorhandenen Erfahrungen mit Eichenchips alle Inhaltsstoffe genügend Zeit hatten, um aus dem Holz ausgelaugt zu werden. Um ausreichend Wiederholungen für eine statistische Absicherung der Ergebnisse zu haben, wurde jede Variante fünfmal wiederholt. Als Dosage haben wurden einheitlich 6 g/L (+/- 0,1 g/L) verwendet.

Verkostung:
Die Holzarten wurden in der Reihenfolge Kirsche, Weinrebe, Eiche, Marille, Haselnuss, Weingartenpfirsich, schwarze Johannisbeere, Akazie, Lärche, Kastanie, Fichte, Maulbeere und Zirbe verkostet. In einem Durchgang wurde jeweils ein Glas ungetoastete und ein Glas getoastete Probe derselben Holzart verkostet, beschrieben und bewertet. Als Referenzprobe war immer ein Glas unbehandelter Null-Variante eingeschenkt. Die Varianten wurden jeweils mit Punkten von eins bis 20 bewertet, wobei der Wert zehn für die Null-Variante definiert wurde. Somit wurde deutlich ersichtlich, ob das Holz den Wein verbesserte (11-20) oder verschlechterte (9-1). Zu Beginn jeder Serie hatte jede/r VerkosterIn die Möglichkeit in Ruhe die beiden Proben zu verkosten, zu beschreiben und Punkte zu vergeben. Anschließend wurde offen diskutiert. Dabei musste jede/r KosterIn einzeln seine persönlichen Eindrücke darlegen und am Ende wurde versucht ein gemeinsames Resümee zu ziehen. Erst nach dieser Diskussion und der Beurteilung der jeweiligen Variante wurde den KosterInnen die gerade beurteilte Holzart genannt und die nächste Probe eingeschenkt.

Abgepackte Holzchips

Chips in der Flasche
(linkes Bild)

vollgefüllte Flaschen
(rechtes Bild)

Ergebnisse

Tabelle: Gesamtphenol-Werte aller untersuchten Holzarten

Gesamtphenole [g/L berechnet als Kaffeesäure]

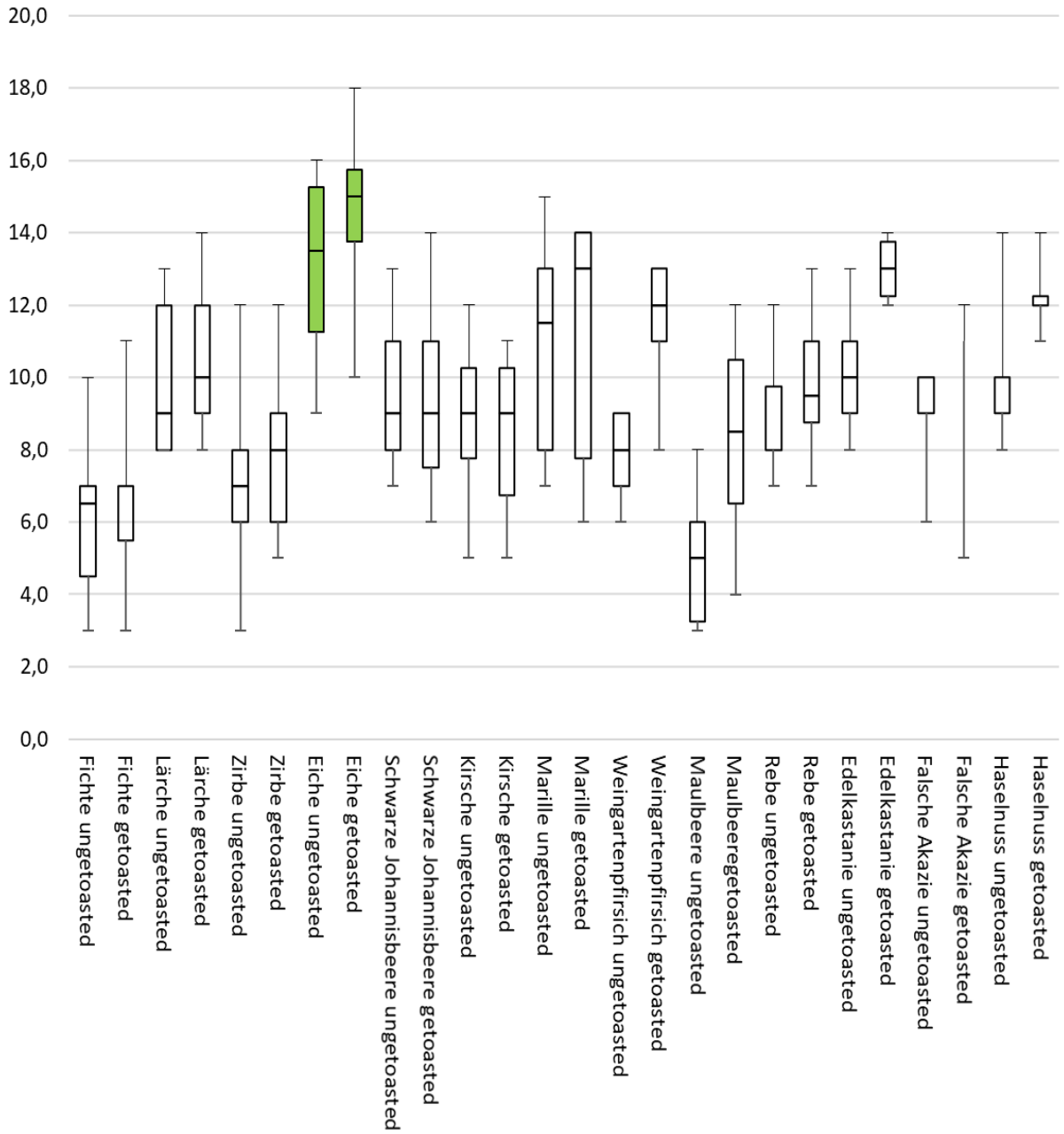
Tukey-B-Test[a]

VarxTosting	Untergruppe für Alpha = 0.05.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Johannisbeere getoastet	1,4								
Johannisbeere ungetoastete		1,7							
Haselnuss getoastet		1,7	1,7						
Haselnuss ungetoastet		1,7	1,7	1,7					
Rebe ungetoastet		1,8	1,8	1,8	1,8				
Weingartenpfirsich getoastet		1,8	1,8	1,8	1,8				
Kirsche getoastet		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8			
Kirsche ungetoastet		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8			
Lärche ungetoastet			1,9	1,9	1,9	1,9			
0 Variante			1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		
Weingartenpfirsich ungetoastet			1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		
Lärche getoastet			1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		
Marille getoastet			1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		
Fichte getoastet			1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		
Fichte ungetoastet				2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Rebe getoastet					2,0	2,0	2,0	2,0	
Maulbeere ungetoastet					2,0	2,0	2,0	2,0	
Eiche getoastet					2,0	2,0	2,0	2,0	
Eiche ungetoastet					2,0	2,0	2,0	2,0	
Maulbeere getoastet					2,0	2,0	2,0	2,0	
Marille ungetoastet					2,0	2,0	2,0	2,0	
Zirbe getoastet						2,0	2,0	2,0	
Akazie getoastet						2,0	2,0	2,0	
Zirbe ungetoastet						2,1	2,1	2,1	
Akazie ungetoastet							2,1	2,1	
Kastanie getoastet								2,2	2,2
Kastanie ungetoastet									2,3

Bei den Gesamtphenolgehalten gab es nur wenig Unterschied. Mehr oder weniger auffällig war nur die Johannisbeere mit einem statistisch belegbarem unterdurchschnittlichem Wert und die Kastanie mit einem überdurchschnittlichem Wert.

Sensorische Ergebnisse:
Sensorisch konnten sich vor allem die getoastete Haselnuss als auch die Kastanie neben der Eiche (grüner Boxplot) als mögliche Alternative beweisen. Die Nadelhölzer fielen durch ihr bekanntes, intensives, aber weinfremdes Aroma auf. Für weitere Untersuchungen boten sich vor allem die Rebe und die schwarze Johannisbeere an. Bei diesen beiden Holzarten gab es teilweise sehr widersprüchliche Ergebnisse und auch immer wieder sehr positiven Zwischenergebnissen, die aber aus nicht ganz klaren Gründen abschließend nicht bestätigt werden konnten.

Abbildung: Vergleich aller Varianten nach Punkten bei der Verkostung:



Adresse der Autoren

HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

*Ansprechpartner: Prof. Dipl.-Ing. Harald Scheiblhofer, harald.scheiblhofer@weinobst.at

Reduktion von Histamin in Wein

Reduction of histamine in wine.

Michael Winkler, Harald Scheiblhofer*, Christoph Detz,
Katharina Schwertführer und Sophie Smoley

Einleitung

Mit verschiedenen Behandlungsmitteln wurde versucht, den Histaminwert in fertigen Weinen mit einem erhöhten Histaminwert zu senken. Bei der Reduktion des Histaminwertes wurde dazu der jeweilige Wein in 1-Liter Flaschen gefüllt und danach die Versuche gestartet. Jeder Flasche wurden andere Behandlungsmittel unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen wie Temperatur, Einwirkzeit, pH-Wert, Menge und andere zugesetzt. Im Anschluss wurden die Proben filtriert und deren Histamingehalt gemessen.

Veruchsplan

Behandlung → / Grundwein↓	2 g/L Na-Bentoit	1 g/L Na-Bentoit	4 g/L Na-Bentoit	2 g/L Ca Benonit	2 g/L Na/Ca Benonit	1 Tag Behand-lung	1 Woche Behand-lung	4 °C	30 °C	pH 3,0	pH 3,4	pH 3,8	Vorquellen in "normalem" Wasser	Vorquellen in destilliertem Wasser
8 mg/L Histamin pH 4,11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14 mg/L Histamin pH 4,11	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
8 mg/L Histamin pH 3,3	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X

Behandlung → / Grundwein↓	50 g/hL Kohle	20 g/hL Gelatine	20 g/hL Casein	50 g/hL PVPP	200 g/hL Chips	Mischung: Kohle, PVPP, Gelatine, Casein, Chips	Mischung: Na-Bentonit, Kohle, PVPP, Chips	Mischung: Na-Bentonit, Kohle, Gelatine, Casein, PVPP, Chips
8 mg/L Histamin pH 4,11	X	X	X	X	X	X	X	X

X = diese Versuche wurde durchgeführt; 2 g/L Na-Bentonit wurde bei allen Zeit-, Temperatur, pH-Wert- und Vorquellversuchen verwendet; die Bentonite wurden nicht vorgequollen, außer bei den beiden Vorquellversuchen

Material und Methoden

- Versuchswein der Rebsorte Zweigelt (Rotburger)
  - Grundwein A mit 8 mg/L Histamin und pH-Wert 4,11
  - Grundwein B mit 14 mg/L Histamin (mit Histamin-Lösung erhöht) und pH-Wert 4,11
  - Grundwein C mit 8 mg/L Histamin und pH-Wert 3,3 (mit Weinsäure herabgesenkt))
  - Bentonite
  - Natrium- Bentonit (GranuBent PORE-TEC von Erbslöh)
  - Calcium- Bentonit (Ca-Granulat von Erbslöh)
  - Natrium- Calcium- Bentonit (NaCalit PORE-TEC von Erbslöh)
  - Weiterer Behandlungsmittel
  - Kohle (Granucol von Erbslöh)
  - Gelatine (Flotationsgelatine von Eaton)
  - K- Casein (Filtra Casein von Lallemand)
  - Polyvinylpolypyrrolidon (Granulat von Sulfometa)
  - Eichenchips (Enoquer Quercus SP von IOC)

Ergebnisse und Diskussion

Das überraschendste Ergebnis war, dass das allgemein gebräuchliche Natrium-Calcium-Mischbentonit entgegen der allgemeinen Literatur zu dem Thema, den Histaminwert stärker gesenkt hat als das Natriumbentonit (Herr, 2010). Auch hatte das Vorquellen des Bentonits, so wie es eigentlich von den Herstellerfirmen empfohlen wird, keinen Einfluss bzw. tendenziell sogar einen negativen Einfluss auf den Grad der Verringerung des Histaminwertes im Vergleich zum Einsatz ohne dem Vorquellen. Auch der Einfluss einer unterschiedlichen Schönungsdauer und unterschiedlicher Temperaturen wurde getestet.

Für beide Einflussfaktoren konnte ein signifikanter Einfluss auf die Wirkung betreffend Verringerung des Histaminwertes nachgewiesen werden. Die Durchführung der Bentonitschönung bei unterschiedlichen pH-Werten brachte widersprüchliche Ergebnisse. Ein sehr großer Einfluss des pH-Wertes dürfte allerdings nicht gegeben sein. Nicht überraschend war, dass die anderen getesteten Behandlungsmittel wie Kohle, Gelatine, PVPP, Casein und Chips keine Auswirkung auf den Histamingehalt hatten.

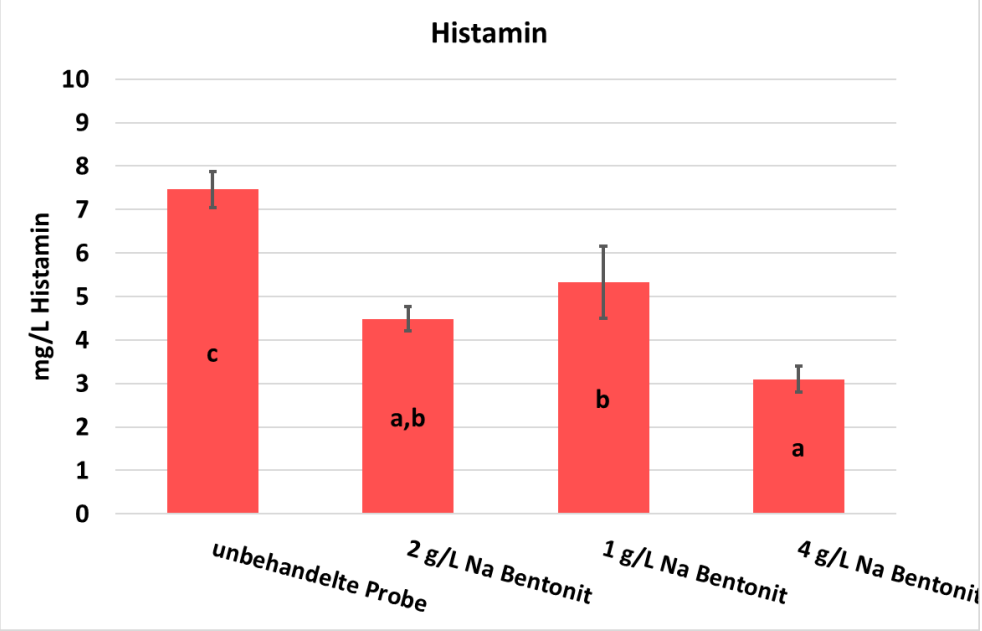


Abbildung 1: **In dem Diagramm ist erkennbar, dass die Durchführung einer Bentonitschönung mit Natriumbentonit den Histaminwert signifikant gesenkt hat. Die höchste Menge, 4 g/L Na-Bentonit hat den geringsten Histamingehalt erzielt, jedoch besteht kein signifikanter Unterschied zwischen 4 g/L und 2 g/L Aufwandmenge. Somit kann man für die Praxis festhalten, dass eine höhere Aufwandsmenge an Na-Bentonit den Histaminwert zwar mehr senkt, allerdings nur bis zu einer gewissen Höchstmenge, ab der die stärkere Reduktion durch den nicht mehr signifikanten Mehrwert, eine höhere Aufwandmenge und damit höhere Kosten sowie höhere Weinbelastung, nicht mehr sinnvoll ist.**

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Diplomarbeit war die Entstehung von Histamin besser zu verstehen und den Einfluss verschiedener Parameter genauer zu untersuchen. Die durchgeführten Versuche ergaben, dass der biologische Säureabbau keinen, oder zumindest nicht immer einen Einfluss auf die Entstehung von Histamin hat. Um den Histaminwert zu verringern stellte sich das Natrium-Calcium-Mischbentonit als das bestwirkende Behandlungsmittel heraus.

Abstract

The aim of this diploma thesis was to better understand the formation of histamine and to investigate the influence of different parameters in more detail. The experiments showed that the biological degradation of acids has no, or at least not always an influence on the formation of histamine. In order to reduce the histamine level, the sodium-calcium mixed bentonite proved to be the most effective treatment agent.

Adressen der Autoren

[1] Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Wiener Straße 74, 3400 Klosterneburg

[*] Ansprechpartner: DI Harald Scheiblhofer, harald.scheiblhofer@weinobst.at

Pflanzenfasern im Vergleich zu anderen Schönungsmitteln zur Reduktion von Pestizidrückständen und die Auswirkung auf das Aromaprofil von österreichischen Weiß- und Rotweinen

Plant fibers compared to other fining agents for the reduction of pesticide residues and the effect on the volatile profile of Austrian white and red wines.

Christian Philipp*, Phillip Eder, Elsa Patzl-Fischerleitner und Reinhard Eder

Einleitung

Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung des Potentials einer breiten Anzahl an Schönungsmittel Pflanzenschutzmittelrückstände in Weiß- und Rotwein zu reduzieren. Unter den Schönungsmitteln befinden sich erstmals neue Entwicklungen, wie die kürzlich von der OIV zugelassenen selektiven Pflanzenfasern aber auch Heferindenpräparate und Mischpräparte. Des Weiteren soll die Auswirkung der Behandlung auf verschiedene Aromastoffe wie freie Monoterpene, Ester und höhere Alkohole untersucht werden.

Material und Methoden

Insgesamt wurden 23 Pestizidstandards zur Analyse verwendet und ein Rot- und ein Weißwein gezielt damit kontaminiert. Die Auswahl der getesteten Pestizide basierte auf einer Einschätzung der Häufigkeit der Anwendung im österreichischen Weinbau, der Kontrolle von beliebten, aber nicht mehr zugelassenen Pflanzenschutzmittel und die Verwendung verschiedener Wirkstoffe aus den Gruppen der Insektizide, Fungizide und Herbizide. Acht Schönungsmitteln (Absolut Wein, Reskue, NaCalit, Granucol GE, Carbotec GE, Purtiy D, Flowpure und Grandeco) wurden im Zuge der Versuche verglichen. Alle Versuchsproben wurden mittels QuEChERS-GC-TQMS auf 23 Rückstände mit der Methode von Philipp et al. 2021 analysiert. Von den Versuchsweinen wurden zur Abschätzung der Beeinträchtigung des Weinaromas insgesamt 48 Aromastoffe der Aromagruppen Ester, höhere Alkohole, C6-Alkohle und freie Monoterpene mit drei verschiedenen GC-SIM-MS-Methoden bestimmt (Philipp et al., 2019; 2020).

Ergebnisse und Interpretation

Der Abbildung 1 sind die Wiederfindungen der Pflanzenschutzmittelrückstandsgruppen Botrytizide, Fungizide (ohne Botrytizide), Herbizide und Insektizide sowie Gesamtrückstände nach der Schönung mit den verschiedenen Behandlungsmitteln für den untersuchten Weißwein zu entnehmen. Am stärksten war die Reduktion bei der Summe der untersuchten Insektiziden, wo bei allen Präparaten außer Bentonit mehr als 50 % des Insektizidgehalts reduziert (Wiederfindung kleiner 50 %) wurden. Die Reduktion der Botryitizide, Fungizide (ohne Botrytizide) und des einen Herbizids sind in etwa gleich, wobei bei den Schönungsmitteln auf Basis von Hefenrindenpräparaten die Reduktion bei den Botrytiziden im Vergleich zu den anderen Wirkstoffen tendenziell stärker ausgefallen sind, während bei den anderen Schönungsmitteln das untersuchte Herbizid stärker reduziert wurden. Die Reduktion bei den Kohlepräparaten lag zwischen 50 und 80 % (Wiederfindung 50 % - 20 %), die der Pflanzenfaser zwischen 40 – 60 % (Wiederfindung 60 – 40 %), die der beiden Mischpräparate Purity D und Carbo Tec zwischen 30 – 60 % (Wiederfindung 70 – 40 %), wobei hier Purity D besser abgeschnitten hat, die der beiden Schönungsmittel auf Basis von Heferindenpräparate zwischen 15 -60 % (Wiederfindung 85 – 40 %) und von Bentonit zwischen 10 – 15 % (Wiederfindung 90 – 85 %). Ein ähnliches Bild ergibt sich beim Rotwein (Abbildung 2). Die Kohlepräparate reduzierten die Pestizid-Rückstände am besten, gefolgt von der Pflanzenfaser Flowpure, den Mischpräparaten und den Heferindenpräparaten. Bei NaCalit war die Reduktion am geringsten. Die untersuchten Insektizide wurden stärker reduziert als die anderen Präparate.

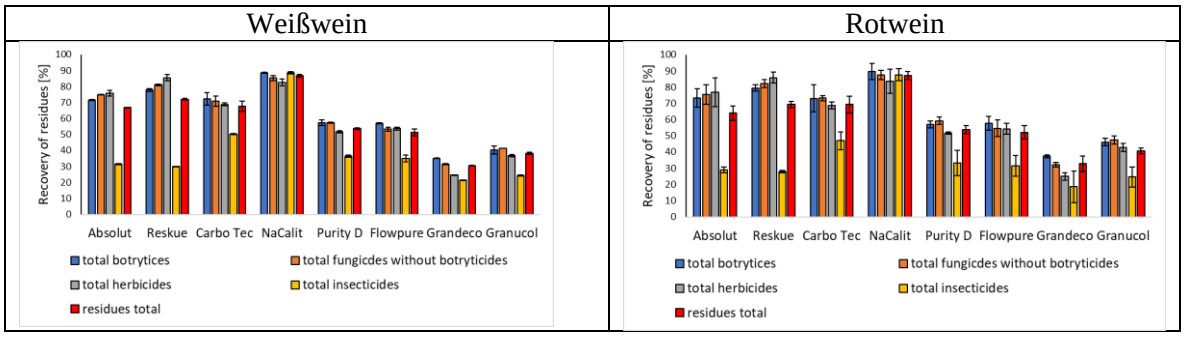


Abbildung 1: **Wiederfindung von Pflanzenschutzmittelrückständen nach der Schönung im Weißwein und Rotwein**

Von den Versuchsweinen wurden Aromaprofile bestimmt. Dabei wurden freie Monoterpene, höhere Alkhole, C6- Alkohole und Esterverbindungen begutachtet. In der Abbildungen 2 sind die Wiederfindungen der jeweiligen Aromastoffgruppen für Weißwein und Rotwein angeführt. Bei den freien Monoterpenen im Weißwein sieht man eine signifikante Reduktion der Gehalte bei allen Schönungsmitteln außer dem Mischpräparat Carbo-Tec (minus 0,3 %) und dem Heferindenpräparat Reskue (minus 0,5 %), wobei der Gehalt mit dem Kohlepräparat Grandeco (minus 28 %) am stärksten reduziert wurde. Beim Rotwein wurden hingegen keine signifikanten Reduktionen festgestellt, außer beim Schönungsmittel Grandeco (minus 30 %). Bei den Einzelverbindungen im Weißwein zeigte sich, dass cis- und trans Linalooloxid sowie Hotrienol und Geraniol beim Bentonit stark reduziert wurde, während die Verbindungen Nerol, Citronellol und Geraniol sowie wie Hotrienol (nur Grandeco) durch die Kohlepräparate stark beeinflusst wurden. Beim Rotwein war die Reduktion von Grandeco bei allen Verbindungen, wo es signifikante Unterschiede gab am größten, außer bei Nerol, dort wurde die Verbindung mit Granucol am stärksten reduziert. Die höheren Alkohole wurden sowohl im Weiß- als auch Rotwein nicht signifikant reduziert. Bei den Einzelverbindungen gab es jedoch beim Weißwein sowohl bei 1-Propanol als auch bei Isobutanol geringe Unterschiede, während der Unterschied beim Rotwein auf die Reduktion von Butanol zurückzuführen sind. Während bei den freien Monoterpene bis zu 30 % der Aromastoffe reduziert wurden, waren es bei den höheren Alkoholen weniger als 4 %. Auch bei den C6-Alkholen gab es bei einer maximalen Reduktion von 3 % (Grandeco Rotwein) keine signifikanten Effekte. Bei den Major Ethylestern gab es signifikante Effekte sowohl bei den Weiß- als auch bei den Rotweinen, wobei es auch hier teilweise Unterschiede gab. Während die beiden Mischpräparate Purity D und Carbo-Tec, das Heferindenpräparat Reskue, die beiden Kohlepräparate Grandeco und Granucol sowie die Pflanzenfaser Flowpure beim Weißwein signifikant zu Reduktionen der Major Ethylestern geführt haben, war das beim Rotwein nicht der Fall. Interessanterweise zeigte beim Rotwein anders als beim Weißwein der Einsatz von NaCalit einen signifikanten Einfluss auf die Summe der Major-Ethylester. Betrachtet man die Einzelverbindungen zeigten sich die Reduktionen vor allem bei Ethyl lactate und beim Weißwein auch bei Ethyl acetat, wobei sich in absoluten Zahlen wenig tat. Die relative Abnahme der Major Ethylester wurde bei Weißwein auf maximal 10 % (Purity D) eingestuft, während beim Rotwein höhere Reduktionen bis zu 20% (Purity D) erreicht wurden. Die Minor Ethylester wurden beim Weißwein stark durch die Kohlepräparate, die Heferindenpräparate und die Mischpräparate reduziert, während Bentonit keinen und die Pflanzenfasern einen geringen Einfluss auf den Gehalt dieser Aromastoffgruppe zeigten. Beim Rotwein führte nur die Behandlung mit Flowpure zu keiner signifikanten Reduktion dieser Aromastoffgruppe. Ein ähnliches Bild ergab sich bei den Methylestern, Isoamylestern und höhere Alkohol Acetate. Hier sind vor allem Purity D, Granucol und Grandeco (beim Rotwein) auffällig durch starke Abreicherung dieser Esterverbindungen. Bei den übrigen Estern gab es beim Rotwein und beim Weißwein ebenfalls durch die Kohlepräparate eine erwartete Reduktion während beim Weißwein auf den ersten Blick unerwartet die Pflanzenfasern diese Estergruppe stärker reduzierte.

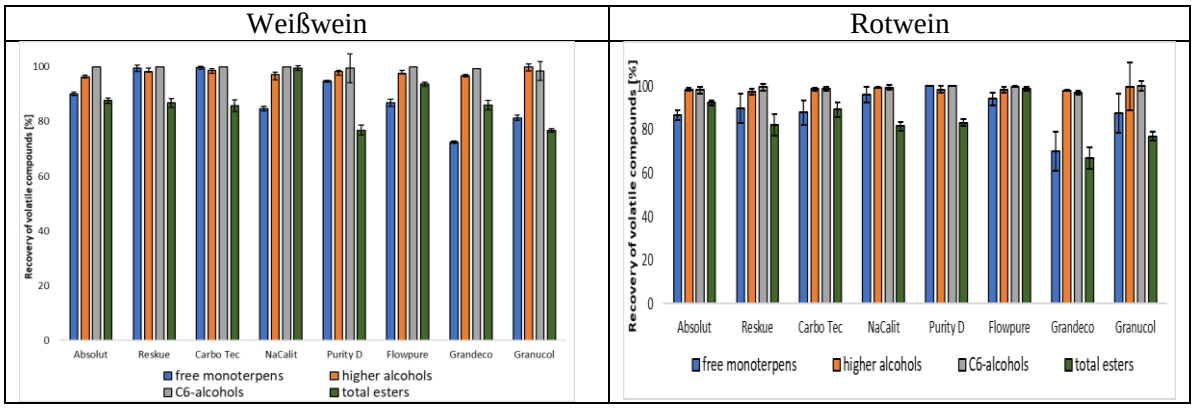


Abbildung 2: **Wiederfindung von Aromastoffen nach der Schönung im Weißwein und Rotwein**

Zusammenfassung

Im Rahmen der Studie wurden ein Weiß- und ein Rotwein mit einer Mischung aus 23 Pestizidrückständen aus der Gruppe der Fungizide (einschließlich Botrytizide), Herbizide und Insektizide versetzt. Untersucht wurde der Einfluss von zwei Aktivkohleprodukten, einer Bentonit-Tonerde, erstmals zwei handelsüblichen gemischten Schönungsmitteln aus Bentonit und Holzkohle, erstmals zwei Hefeschalenprodukten und erstmals einem neuartigen Filterzusatz auf Basis von Pflanzenfasern auf die Rückstandskonzentrationen und die Aromaprofile. Dieser Ansatz ist innovativ, da keine bekannten Studien sowohl die Auswirkungen auf die Rückstandskonzentrationen als auch die Aromaprofile im Detail betrachtet haben. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass alle getesteten Mittel sowohl die Rückstände als auch die Aromastoffe im Wein reduzierten, wobei Aktivkohle die stärkste und Bentonit die schwächste Wirkung hatte. Die gemischten Mittel und Heferindenprodukte, die speziell für die Rückstandsreduzierung entwickelt wurden, zeigten weniger Aromaschäden als die Holzkohleprodukte, aber auch eine geringere, aber immer noch gute Rückstandsreduzierung. Pflanzenfasern zeigten eine gute Reduzierung bei mäßiger Aromaschädigung, aber diese Ergebnisse müssen unter praktischen Bedingungen bestätigt werden.

Abstract

In the course of the study, a white and a red wine were spiked with a mix of 23 pesticide residues from the group of fungicides (including botryticides), herbicides and insecticides. The influence of two activated charcoal products, a bentonite clay, for the first time two commercial mixed fining agents made of bentonite and charcoal, for the first time two yeast rind products and for the first time a novel filter additive based on plant fibers on the residue concentrations and the aroma profiles was investigated. This approach is innovative because no known studies considered both the effect on residue levels and in detail the aroma profiles. The results of this study show that all the agents tested reduced both residues and aroma compounds in wine, with activated charcoal having the strongest effect and bentonite the weakest. The mixed agents and yeast rind products specifically designed for residue reduction showed less aroma damage than charcoal products but also lower but still good residue reduction. Plant fibers showed good reduction with moderate aroma damage, but these results need to be confirmed under practical conditions.

Literatur

Beim Autor erhältlich

Adressen der Autoren

HBLAuBA für Wein- und Obstbau, Wienerstraße 74, 3400 Klosterneuburg

* Ansprechpartner: DI Dr. Christian PHILIPP, christian.philipp@weinobst.at

Biokontrolleffekte eines pilzlichen Endophyten am Beispiel der *Fusarium* Welke in Tomate

Biocontrol effects of a fungal endophyte on the example of Fusarium wilt in tomato

Karin Hage-Ahmed[1*], Anna Marie Hallasgo[1], Negar Ghezel Sefloo[1], Constanze Hauser[1], Krzysztof Wieczorek[1], Markus Gorfer[2] und Siegrid Steinkellner[1]

Zusammenfassung

Bodenbürtige Pathogene wie *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (*Fol*) stellen aufgrund ihres langen Überdauerungsvermögens im Boden eine besondere Herausforderung für den Pflanzenschutz dar. Gleichzeitig eignet sich dieses Pflanze-Pathogen System, um mögliche Biokontrolleffekte von antagonistischen Mikroorganismen zu untersuchen. Der erst kürzlich beschriebene pilzliche Endophyt *Serendipita herbamans* zeigte in Glashausversuchen eine Reduktion der Befallshäufigkeit durch *Fol* um 50-60% und auch wachstumsfördernde Effekte. Im Gegensatz zu seinem intensiv beforschten Verwandten, *S. indica*, wurde *S. herbamans* aus europäischen Böden isoliert und stellt somit eine Alternative unter den gegebenen Umweltbedingungen dar. Die Mechanismen zu diesen Beobachtungen an *S. herbamans* sind noch weitgehend unerforscht, stellen aber eine wichtige Vorrausetzung für eine eventuelle Anwendung dar. In Klimakammerversuchen wurde die Besiedelung und Interaktion zwischen *Fol* und *S. herbamans* an Tomatenpflanzen im zeitlichen Verlauf mittels Konfocalmikroskopie untersucht. Weiters wurden systemische Effekte in Split-Root Systemen mittels qPCR und Sekundärmetabolitenmuster mittels LC-MS untersucht.
Es konnte gezeigt werden, dass die beobachteten bioprotektiven Effekte sowohl auf lokalen Effekten in den Wurzeln als auch auf systemischen Effekten innerhalb der Pflanze beruhten. Mikroskopisch zeigte *S. herbamans* die Ausbildung einer sehr dichte Hyphenmatte um die Wurzeln, die die Sporen des Erregers daran hinderte, die Wurzeln zu infizieren. Darüber hinaus aktiviert *S. herbamans* das Abwehrsystem der Pflanze im Hypo- bzw. Epikotyl, wo eine zweite Abwehrlinie der Pflanze entsteht.

Abstract

Soil-borne pathogens such as *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (*Fol*) pose a particular challenge for crop protection due to their ability to survive in the soil for a long time. At the same time, this plant-pathogen system is suitable for investigating possible biocontrol effects of antagonistic microorganisms. In greenhouse experiments, the fungal endophyte *Serendipita herbamans*, which was only recently described, showed a reduction in *Fol* disease incidence by 50-60% and also had growth-promoting effects. In contrast to its intensively studied relative, *S. indica*, *S. herbamans* was isolated from European soils and thus represents an alternative under the given environmental conditions. The mechanisms of these bioprotective effects of *S. herbamans* are still largely unexplored but represent an important prerequisite for a possible application.
In climate chamber experiments, the colonization and interaction between *Fol* and *S. herbamans* on tomato plants was examined over time using confocal microscopy. Furthermore, systemic effects in split-root systems were investigated using qPCR and secondary metabolite patterns were explored using LC-MS analysis.
It could be shown that the observed bioprotective effects were based both on local effects in the roots and on systemic effects within the plant. Microscopically, *S. herbamans* showed the formation of a very dense hyphal mat around the roots, preventing the spores of the pathogen from infecting the roots. In addition, *S. herbamans* activates the plant's defense system in the hypo- and epicotyl, where a second line of defense of the plant develops.

Danksagung

Diese Arbeit wurde gefördert aus den Mitteln des österreichischen Wissenschaftsfonds (FWF: P30051-B32).

Adressen der Autoren

[1] Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenschutz, Konrad-Lorenz-Strasse 24, A-3430 Tulln

[2] Austrian Institute of Technology GmbH, Bioresources, Center for Health & Bioresources, Konrad-Lorenz-Strasse 24, A-3430 Tulln

[*] Ansprechpartnerin: DI Dr. Karin Hage-Ahmed, karin.hageahmed@boku.ac.at

Das Entomopathogen *Metarhizium brunneum* als Endophyt: Pflanzenbesiedelung zum Wohle von Mais und Zuckerrübe?

The entomopathogen Metarhizium brunneum as an endophyte: plant colonisation for the benefit of maize and sugar beet?

Maria Zottele und Hermann Strasser*

Einleitung

Entomopathogene Pilze werden seit mehr als 100 Jahren als wichtige natürliche Feinde von Arthropoden untersucht. Eine wachsende Zahl jüngster Studien zeigt, dass entomopathogene Pilze neben ihrem Potential der direkten biologischen Bekämpfung von Insektenherbivoren durch inundative Freisetzung auch als Besiedler von Pflanzengewebe eine wichtige Rolle bei der Förderung des Pflanzenwachstums spielen können (Gange et al., 2019). Diese kürzlich entdeckte Funktion des endophytischen Wachstums ist von besonderem Interesse und könnte eine wirksame Alternative bzw. Ergänzung zur konventionellen inundativen Ausbringung solcher Bioinsektizide bieten. Es hat sich gezeigt, dass das endophytische Wachstum der Pilze den Pflanzen mehrere Vorteile bringen kann: u.a. haben sie das Potential abiotischen Stress bei Pflanzen abzumildern und bieten einen erhöhten Schutz sowohl gegen Schadinsekten als auch gegen Krankheitserreger (Krell et al., 2018). Diese Möglichkeit des Endophytismus soll nun auch bei Zuckerrübe und Mais getestet werden, um einen erweiterten Einsatz im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes bieten zu können.

Material und Methoden

Applikation: Eine *Metarhizium* Sporensuspension wird entweder als Sprühapplikation auf die Blätter von Mais- und Zuckerrübenpflanzen (BBCH 13/32 bzw. 12/19; n=40 pro Behandlung) aufgetragen oder der Boden im Wurzelballenbereich mit einer definierten Lösung inokuliert (Injektions- bzw. Sprühvolumen pro Pflanze: 70 ml). Dafür wird die entsprechende Sporenmenge des Produktes Granmet™- WP (Agrifutur s.r.l, Alfianello) in Wasser eingewogen (auf eine Konzentration von $1*10^6$ Sporen ml^{-1}) und mit Antischiuma und NeoWett versetzt (laut Dosierempfehlung). Als Kontrolle werden mit Wasser behandelte Pflanzen mitgeführt.
Probennahme - *Metarhizium*- Monitoring: Nach 7, 14, 21 und 28 Tagen werden jeweils 10 Pflanzen aus dem Gewächshaus entnommen. Aus der Topferde wird die *Metarhizium* Abundanz nach Laengle et al. (2005) bestimmt. Von besprühten Pflanzen wird zudem die *Metarhizium* Dichte pro cm² Blattoberfläche bestimmt.
Untersuchung auf Endophytismus: Die Pflanzen werden nach Guo et al. (2000) oberflächendesinfiziert und anschließend in die Segmente Wurzeln, Stamm und Blätter aufgeteilt. Aus diesen Segmenten werden Teile entnommen und auf selektivem Sabouraud- 4%-Glukose- Agarmedium aufgelegt und bei 25°C inkubiert. Pilzliches Wachstum wird makro- sowie mikroskopisch beurteilt, *Metarhizium* spp. Kolonien isoliert und mittels genetischer Analysen auf Genotyp- Niveau identifiziert (Mayerhofer et al., 2015).
Beurteilung Pflanzenwachstum: Um die Auswirkung der Behandlungen auf das Pflanzenwachstum und die Pflanzengesundheit beurteilen zu können, wird zu allen Probenahmezeitpunkten der TraitFinder (Phenospex) zum Einsatz kommen und Parameter wie Größe, Biomasse und Grünanteil beurteilt.
Bioassay: Um zu testen, inwieweit endophytisches Wachstum von *Metarhizium* das Verhalten und die Vitalität von Rübenderbrüsslern beeinflusst, werden sowohl Choice- als auch Non- Choice Bioassays durchgeführt. Dafür werden entweder Pilz- behandelte sowie Kontroll- Pflanzen den Käfern für 24h zur Auswahl gestellt, oder den Käfern nur eine Behandlungsart gereicht. Nach den 24h werden bei allen Pflanzen die Fraßschäden bestimmt und die Käfer bis zu ihrem Tod in Quarantäne gehalten. Auftretende Mykosen werden isoliert und beurteilt.

Diskussion

Unser Projekt hat zum Ziel, jene möglichen Vorteile zu beschreiben, die mit dem Zusammenwirken zwischen entomopathogenen Pilzen der Gattung *Metarhizium* (EPF) - mit endophytischem Potential - und den Wirtspflanzen Mais und Zuckerrübe verbunden sind. Wir wollen zeigen, welche

Wirkmechanismen zur Verbesserung der Pflanzengesundheit bzw. zur Vermittlung der Pflanzenabwehr gegen Schädlinge und Krankheitserreger genutzt werden können. Daraus folgend sollen auch neue Anwendungsmöglichkeiten von *Metarhizium* im integrierten Pflanzenschutz aufgezeigt werden. *Metarhizium* hat im Vergleich zu Stämmen der Gattung *Beauveria* ein geringeres Potential Pflanzengewebe zu besiedeln (Vidal und Jaber 2015). Daher ist vorrangig zu klären, ob Mais und Zuckerrübe überhaupt als Partnerpflanze besiedelt werden. Während mehrere Studien zum Thema endophytisches Wachstum von *Metarhizium* in Mais bereits veröffentlicht wurden (Ahmad et al. 2020, Flonc et al. 2021, Ramos et al. 2020, González-Pérez et al. 2022), wurde die Zuckerrübe bisher vernachlässigt. Laut Literatur werden Maispflanzen von unterschiedlichen *Metarhizium* Arten kolonisiert. Allerdings wurden je nach Studie Unterschiede im Endophytisierungsgrad sowie in ihrer Lokation bezüglich einer Reisolation festgestellt. Während Flonc et al. (2021) eine Rate von 60% erfolgreicher Kolonisation durch *M. robertsii* erfassten, und dies vorrangig in Blättern und Wurzeln, konnten Ramos et al. (2020) bei *M. anisopliae* eine höhere Besiedelungsrate (73,5%), allerdings nur im Wurzelbereich, nachweisen. Flonc und Co-Autoren vermuten, dass die Applikationtechnik und die Wirkstoffformulierung eine entscheidende Rolle in der Besiedelung des Pflanzengewebes spielen. In Voruntersuchungen mit Zuckerrübenpflänzchen konnten wir bereits nachweisen, dass *M. brunneum* grundsätzlich dazu in der Lage ist, auch in der Jungpflanze endophytisch zu wachsen (Abbildung). Wie schon bei Bohne und Tomate (Jaber und Enkerli 2016, Jaber und Enkerli 2017, Krell et al., 2018) konnte auch bei Mais ein positiver Effekt des endophytischen Wachstums auf das Pflanzenwachstum festgestellt werden (Ahmad et al. 2020, González-Pérez et al. 2022). Insbesondere wurde ein besseres Höhenwachstum und eine bessere Verwurzelung festgestellt. Daher war auch die Biomasse der behandelten Pflanzen ,im Vergleich zur Biomasse der Kontrollpflanzen, signifikant höher. Da Jaber und Enkerli (2017) diesen Effekt bei Bohne nur zu Beginn der Behandlung in der ersten Zeit nach der Inokulation beobachten konnten, muss ein besonders Augenmerk auf den zeitlichen Verlauf in der Bonitierung der Pflanzen gelegt werden. Je nach Art des Schadinsekts konnte durch die Konsumation von endophytisch bewachsenem Pflanzenmaterial eine reduzierte Wachstumsrate (z.B. Ypsiloneule an Mais; Ahmad et al. 2020), reduzierte Reproduktionsrate (z.B. Blattlaus an Bohne) oder erhöhte Mortalitätsrate (z.B. Baumwolleule an Bohne; Vidal und Jaber 2015) festgestellt werden. Ob und in welcher Art nun die beiden Schädlinge Maiswurzelbohrer und Rübenderbrüssler durch den Fraß an endophytisch kolonisierten Mais- und Zuckerrübenpflanzen Schaden nehmen, soll nun aufgeklärt werden.

A

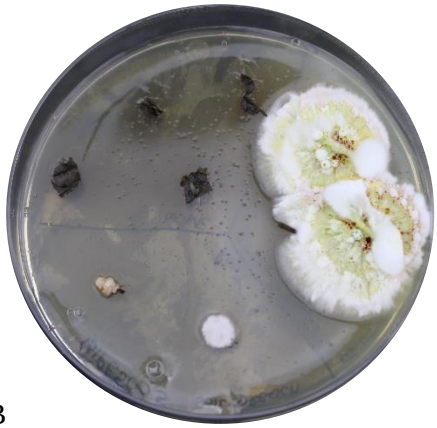

B

Abbildung: **Nach Behandlung von Jungpflanzen (A) soll ein endophytisches Wachstum des Pilzes erfolgen. Der Grad der Kolonisation wird durch Reisolation des Pilzes auf Selektivmedium beurteilt (B)**

Zusammenfassung

Das biologisches Insektizid *Metarhizium* ist in der Lage, als Endophyt asymptomatisch Pflanzenorgane bzw. -gewebe zu besiedeln. Diese Eigenschaft erweitert grundsätzlich das Anwendungsspektrum des entomopathogenen Pilzes als biologisches Pflanzenschutzmittel. Vor diesem Hintergrund werden nun

Studien durchgeführt, um das endophytische Potenzial von *Metarhizium* spp. gegenüber zweier wichtigen Kulturschädlingen in Österreich - Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*) und Rübenderbrüssler (*Asproparthenis punctiventris*) - zu erforschen. Unter Verwendung des Granmet™-Produktes *M. brunneum* BIPESCO 5 soll der Grad der Pflanzenbesiedelung sowie der Grad der Schädigung der Pflanzen in Beziehung gesetzt werden. Auch andere pflanzenwuchsfördernde Eigenschaften, die möglicherweise von *Metarhizium* vermittelt werden, sind Gegenstand unserer Untersuchungen.

Abstract

According to new findings, the biological insecticide *Metarhizium* is able to colonise plant tissue asymptomatically as an endophyte. This property basically expands the range of applications of the entomopathogenic fungus as a biological pesticide. With this in focus, studies are now being conducted to investigate the endophytic potential of *Metarhizium* spp. against two important crop pests in Austria-western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) and sugar beet weevil (*Asproparthenis punctiventris*). Using the Granmet™ product of *M. brunneum* BIPESCO 5, the degree of plant colonization as well as the degree of plant damage will be related. Other plant growth promoting poperties possibly mediated by *Metarhizium* are also the subject of our investigations.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Frau Prof. Dr. Lara R. Jaber (University of Jordan, Amman) für die wissenschaftliche Unterstützung und den Firmen Agrifutur s.r.l. (Alfianello, Italien) und Samen Schwarzenberger GmbH (Völs, Österreich) für die Bereitstellung des Produktes.

Literatur

AHMAD I, del MAR JIMÉNEZ-GASCOB M, LUTHE D S, SHAKEEL S N, BARBERCHECK M E, 2020: Endophytic *Metarhizium robertsii* promotes maize growth, suppresses insect growth, and alters plant defense gene expression. Biological Control 144, 104167.

FLONC B, BARBERCHECK M E, AHMAD I, 2021: Observations on the Relationships between Endophytic *Metarhizium robertsii*, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), and Maize. Pathogens 10 (6), 713.

GANGE A C, KORICHEVA J, CURRIE A F, JABER L R, VIDAL S, 2019: Meta-analysis of the role of entomopathogenic and unspecialized fungal endophytes as plant bodyguards. New Phytologist 223, 2002-2010.

GONZÁLEZ-PÉREZ E, ORTEGA-AMARO M A, BAUTISTA E, DELGADO-SÀNCHEZ P, JIMÉNEZ-BREMONT J F, 2022: The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* enhances *Arabidopsis*, tomato, and maize plant growth. Plant Physiology and Biochemistry 176, 34-43.

GUO L D, HYDE K D, LIEW E C Y, 2000: Identification of endophytic fungi from *Livistona chinensis* based on morphology and rDNA sequences. New Phytologist 147, 617–630.

JABER L R, ENKERLI J, 2016: Effect of seed treatment duration on growth and colonization of *Vicia faba* by endophytic *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum.* Biological Control 103, 187-195.

JABER L R, ENKERLI J, 2017: Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth? Biocontrol Scielnce andTechnology 27 (1), 28-41.

KRELL V, JAKOBS-SCHOENWANDT D, VIDAL S., PATEL A V, 2018: Encapsulation of *Metarhizium brunneum* enhances endophytism in tomato plants. Biological Control 116, 62-73.

LAENGLE T, PERNFUSS B, SEGER C, STRASSER H, 2005: Field efficacy evaluation of *Beauveria brongniartii* against *Melolontha melolontha* in potato cultures. Sydowia 57(1), 54-93.

MAYERHOFER J, LUTZ A, WIDMER F, REHNER S, LEUCHTMANN A, ENKERLI J, 2015: Multiplexed microsatellite markers for seven *Metarhizium* species. In: Journal of Invertebrate Pathology 132, 132-134.

RAMOS Y, TAIBO A D, JIMÈNEZ J A, PORTAL O, 2020: Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. Egyptian Journal of Biological Pest Control 30, 20.

VIDAL S, JABER L R, 2015: Entomopathogenic fungi as endophytes: Plant-endophyte-herbivore interactions and prospects for use in biological control. Current Science 109 (1), 46-54.

Adressen der Autoren

Leopold- Franzens Universität Innsbruck, BIPESCO Team Innsbruck, Institut für Mikrobiologie, Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck

*Ansprechpartner: Dr. Hermann STRASSER, hermann.strasser@uibk.ac.at

Mykorrhizierung unterschiedlicher Roggensorten unter konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung

Mycorrhization of rye cultivars under conventional and organic agriculture

Jordan Lebesmühlbacher[1,2*], Karin Hage-Ahmed[2] und Heinrich Grausgruber[1]

Einleitung

Arbuskuläre Mykorrhiza Pilze (AMP) sind Pilze, welche in einer Symbiose mit Pflanzen leben. AMP wachsen in den Cortex der Pflanzenwurzeln hinein, und versorgen die Pflanze mit Nährstoffen wie N, P, K, so wie S, Mg und Spurenelemente. Weiteres bieten AMP Schutz vor biotischem, so wie abiotischem Stress (Smith und Read 2008). Neben Pflanzen interagieren AMP mit anderen Mikroorganismen im Boden und sind Bestandteil des Bodennahrungsnetzwerks (Ordoñez et al. 2016). Durch ihr Hyphenwachstum und der Ausscheidung von Stoffen wie Glomalin, stabilisieren sie Bodenaggregate und erhöhen die Bodenfruchtbarkeit (Agnihotri et al. 2022)

Obwohl die Symbiose sich im Allgemeinen positiv auf die Pflanzenentwicklung auswirkt, kann es unter Umständen auch zu negativen Auswirkungen kommen. Die Interaktion zwischen Pilz und Pflanze wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen beispielsweise Klima, Nährstoffversorgung der Böden, Pflanzenart und Bewirtschaftungsmaßnahmen (Smith und Read 2008).

Die Symbiose mit AMP ist im Pflanzenreich weit verbreitet und kommt in fast allen Ökosystemen vor. Nach Schätzungen gehen etwa 80% aller Pflanzenarten diese Symbiose ein. Jedoch kommen bei manchen Pflanzenfamilien, bzw. bei manchen Gattungen die Symbiose nicht vor. Weiteres gibt es, wie beispielsweise bei Weizen, zwischen Sorten derselben Art Unterschiede in der Fähigkeit diese Symbiose zu bilden und von ihr profitieren zu können (Smith und Read 2008).

Während viele Kulturarten im Hinblick auf ihre Interaktion mit AMP schon weitgehend untersucht wurden, gibt es zu anderen, wie beispielsweise Roggen (*Secale cereale*), noch kaum Daten. Wegen seiner hohen Widerstandskraft und seinen geringen Ansprüchen an Boden und Klima wird Roggen vor allem in ungünstigeren Lagen kultiviert. Während des Mittelalters war Roggen das meistangebaute Getreide Nord- und Mitteleuropas. Durch die hofeigene Vermehrung von Saatgut, entstanden unter der natürlichen Selektion, regional angepasste Landsorten. Die gezielte Züchtung von Roggen begann gegen Ende des 19. Jahrhunderts mit der Selektion von verbesserten Populationssorten. Die Hybridzüchtung von Roggen entwickelte sich erst ab den 1970er Jahren und setzte die Entdeckung der cytoplasmatischen männlichen Sterilität und selbstfertiler Mutanten voraus. Der züchterische Fortschritt ging daher bei Roggen langsamer voran als bei anderen Getreidearten. Als Folge ging der Roggenanbau nach dem Zweiten Weltkrieg stark zurück (Miedaner 1997).

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung verschiedener Roggensorten, im Hinblick auf die Kolonisierung von AMP unter biologischer und konventioneller Bewirtschaftung.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde im Herbst 2020 in Raasdorf (Österreich) angelegt. Der Bodentyp ist ein kalkhaltiger Tschernosem, die Bodenart reicht von lehmigem Schluff bis Lehm. Der Standort kann insgesamt als eher hochwertiges Ackerland eingestuft werden. Die konventionelle Fläche wurde mit 160 kg N, 60 kg P, und 90 kg K pro Hektar gedüngt, die Vorfrucht war Hartweizen. Auf der biologischen Fläche wurde keine Düngung durchgeführt, die Vorfrucht war Luzerne.

Es wurden sechs Sorten aus dem Repertoire des RYE-SUS Projektes ausgewählt, darunter drei Landsorten (Sangaste aus dem Jahr 1875, Norddeutscher Champagner (1898) und Lungauer Tauern (1924)), zwei moderne Populationssorten (Elego (2009) und Elias (2013)) und eine Hybridsorte (SU Forsetti (2013)).

Der Anbau erfolgte in 6,25 m² großen Parzellen. Auf der biologischen Fläche gab es 4 Wiederholungen pro Sorte und 2 auf der konventionellen. Gesät wurde am 26. Oktober 2020 (konventionell) bzw. am 28. Oktober (biologisch). Die Probennahme zur Untersuchung der Mykorrhizierung erfolgte am 2. Juni 2021, während des Ährenschiebens (BBCH 55). Es wurden pro Parzelle vier Pflanzen entnommen, die Wurzeln wurden gewaschen und mit der Methode nach Vierheilig et al. (1998) gefärbt und nach der Methode von Trouvelot et al. (1986) mit der Unterstützung des Inoq-Calculators von Mercy (2017)

ausgewertet. Die Datenanalyse erfolgte mit R 4.0.0 (R Core Team 2020), die Daten der Mykorrhizierung wurden mit einem gemischt linearen Modell ausgewertet. Es wurde mittels ANOVA (Typ III) und F-Test zu einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ auf Unterschiede zwischen den Sorten und der Bewirtschaftung getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Daten der Mykorrhizierung zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten (p>0,05). Sowohl die Landsorten, Populationssorten und die Hybridsorte zeigten einen hohen Anteil an kolonisierten Wurzelfragmenten (Abb. 2A). Die Auswertung der Kolonisierung erfolgte anhand einer einmaligen Probenahme, welche während eines bereits fortgeschrittenen Entwicklungsstadiums erfolgte. Die Daten müssen somit als Momentaufnahme betrachtet werden. Der Kolonisationsverlauf von AMP folgt typischerweise einer sigmoidalen Kurve, mit einer anfangs langsamen Kolonisierung, gefolgt von einer raschen Besiedelung, bis die maximale Kolonisierung erreicht ist und die Kurve abflacht (Smith und Read 2008). Je nachdem wie lange die erste Phase dauert, kann es sein, dass zu einem anderen Zeitpunkt stärkere Unterschiede sichtbar gewesen wären.

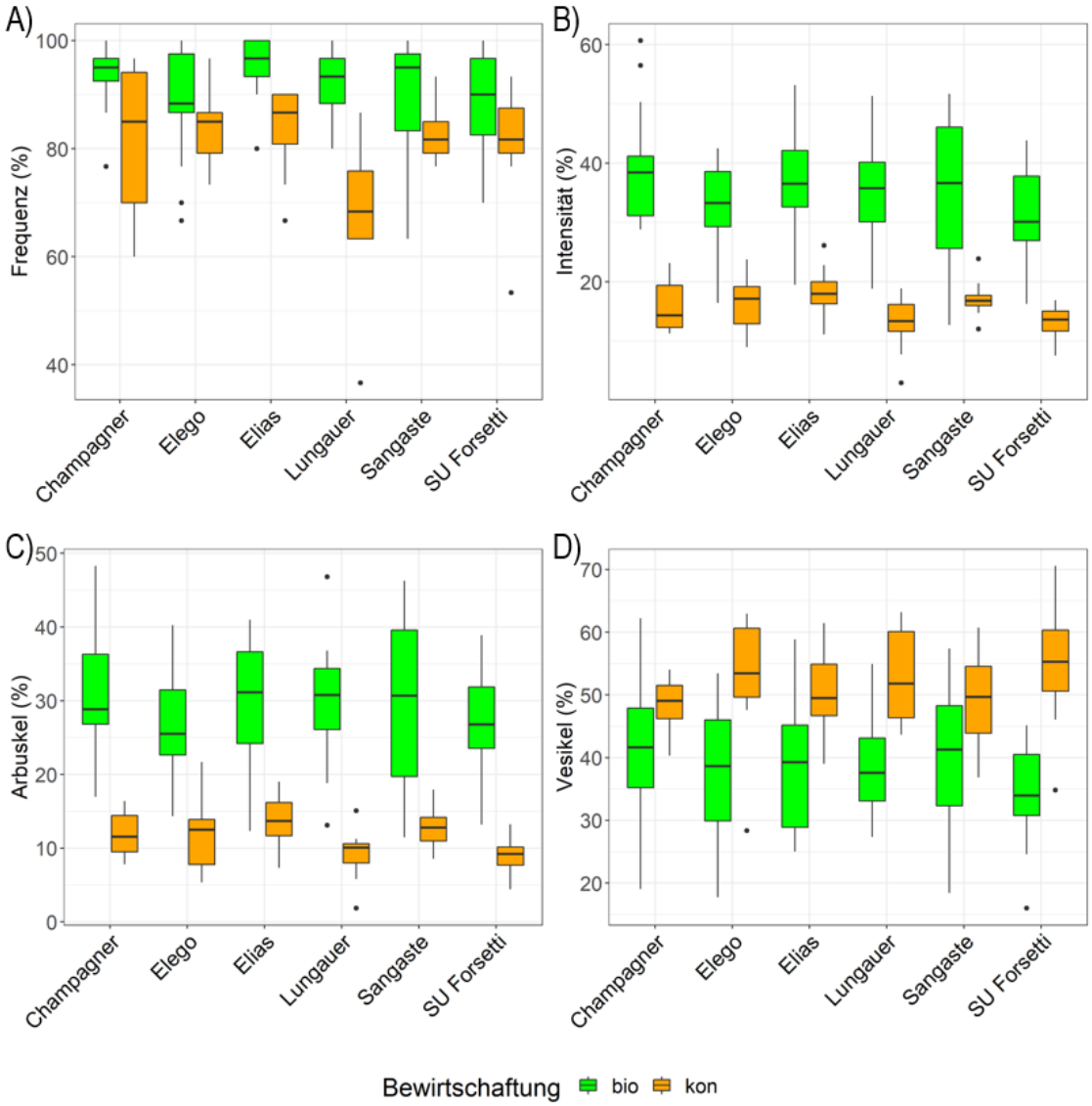


Abbildung 6: **Variabilität in verschiedenen Mykorrhizierungsparameter: A) Häufigkeit der mykorrhizierten Wurzelfragmente; die Unterschiede zwischen biologischer und konventioneller Bewirtschaftung waren mit p<0,01 signifikant. B) Stärke der Kolonisierung (p<0,001); C) Häufigkeit der Arbuskel (p<0,001); D) Häufigkeit der Vesikel (n.s.).**

Zwischen den beiden Bewirtschaftungsformen, konventionell und biologisch, gab es signifikante Unterschiede (Abb. 1). In den Wurzeln der biologischen Variante konnten Mykorrhiza häufiger beobachtet werden. Die Frequenz der mykorrhizierten Wurzelstücke (Abb. 1A) lag in der biologischen Variante im Durchschnitt 11% über der konventionellen. Die Intensität der Mykorrhizierung (Abb. 1B) betrug bei der konventionellen Variante durchschnittlich 16% und in der Biologischen 35%. Die Intensität der Mykorrhizierung gibt an, wie stark die kolonisierten Wurzelfragmente besiedelt sind. Die biologische Bewirtschaftung zeigte nicht nur häufigere und stärker besiedelte Wurzeln, auch die Häufigkeit der Arbuskel (Abb. 1C) lag im Durchschnitt um 18% höher als die der konventionellen Bewirtschaftung. Die Häufigkeit der Arbuskel (Abb. 2B) ist insofern ein wichtiger Parameter, da durch sie der Nährstoffaustausch zwischen Pilz und Pflanze stattfindet und sie ein Indiz über die Funktionalität der Symbiose gibt. Die Häufigkeit der Vesikel ergab keinen signifikanten Unterschied (Abb. 1D). Vesikel sind bläschenförmige Strukturen (Abb. 2C), welche in den Wurzeln gebildet werden. Sie beinhalten vor allem Lipide und dienen der Nährstoffspeicherung. AMP können von Sporen, dem Hyphennetzwerk oder von bereits kolonisierten Pflanzenwurzeln ausgehend neue Pflanzen besiedeln. Bei Letzteren spielen Vesikel als Speicherorgan eine wichtige Rolle (Smith und Read 2008). Die Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungsformen lassen sich auf die Praktiken der unterschiedlichen Wirtschaftsweisen zurückführen. Die Düngung mit leicht löslichen Nährstoffen und die Verwendung von Pestiziden, vor allem Fungizide, können sich negativ auf AMP auswirken. Bei hoher Näherstoffverfügbarkeit im Boden haben Pflanzen keinen Vorteil aus der Symbiose und bevorzugen die direkte Nährstoffaufnahme über die Wurzeln. Andererseits kann eine zu geringe Nährstoffverfügbarkeit die Symbiose ebenso beeinträchtigen, da der AMP die Nährstoffe selbst benötigt (Smith und Read 2008).

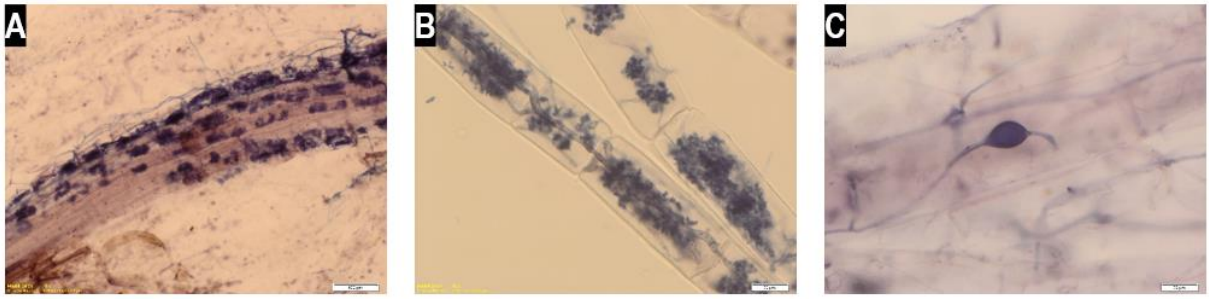


Abbildung 7: **Mycorrhizierung von Roggenwurzeln: A) Kolonisierte Wurzel; B) Nahaufnahme Arbuskel; C) Nahaufnahme Vesikel**

Zusammenfassung

Arbuskuläre Mykorrhiza Pilze (AMP) verbessern nicht nur die Nährstoffversorgung von Pflanzen, sondern erhöhen auch die Toleranz gegen biotischen so wie abiotischen Stress. Sie sind ein fester Bestandteil von Agrarökosystemen und fördern die Bodenfruchtbarkeit. In dieser Studie wurden sechs unterschiedliche Roggensorten, darunter drei Landrassen, zwei Populationssorten und eine Hybridsorte, auf die Kolonisierung mit AMP unter biologischer und konventioneller Bewirtschaftung untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass alle Sorten gleichermaßen von AMP kolonisiert werden können und es keinen Unterschied zwischen alten und neuen Züchtungen gibt. Jedoch konnte gezeigt werden, dass die Kolonisierung von AMP unter biologischer Bewirtschaftung höher ist als unter konventioneller.

Abstract

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) support the nutrient supply of plants and increase the tolerance against biotic and abiotic stress. AMF are important soil inhabitants in agroecosystems and foster soil fertility. In this study, six different rye cultivars, among them three old landraces, two population cultivars and one hybrid cultivar, were investigated according to their mycorrhizal colonization potential under organic and conventional farming systems. The results showed no difference in colonization potential between the cultivars and no difference between old and new cultivars. However, it was demonstrated that there is a significant difference between farming systems. Mycorrhizal colonization was significantly higher under organic cultivation.

Finanzierung

This work was funded by the Austrian Federal Ministry of Agriculture, Regions and Tourism (BMLRT; grant number 101407) within the ERA-Net Cofund Action under H2020 on Sustainable Crop Production (SusCrop; grant agreement 771134). J.L. received funding by the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No 771367 (ECOBREED).

Literatur

AGNIHOTRI R, SHARMA MP, PRAKASH A, RAMESH A, BHATTACHARJYA S, PATRA AK, MANNA MC, KURGANOVA, I, KUZYAKOV Y, 2022: Glycoproteins of arbuscular mycorrhiza for soil carbon sequestration: Review of mechanisms and controls. Sci Total Env 806, 150571. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150571

MERCY L, 2017: INOQ Calculator Advanced. INOQ GmbH, Schnega. DOI: 10.13140/RG.2.2.13641.03684

MIEDANER T, 1997: Roggen. Vom Unkraut zur Volksnahrung. Frankfurt/Main: DLG-Verlag.

ORDOÑEZ YM, FERNANDEZ BR, LARA LS, RODRIGUEZ A, URIBE-VÉLEZ D, SANDERS IR, 2016: Bacteria with phosphate solubilizing capacity alter mycorrhizal fungal growth both inside and outside the root and in the presence of native microbial communities. PloS one 11, e0154438. DOI: 10.1371/journal.pone.0154438

R CORE TEAM, 2020: R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

SMITH SE, READ DJ, 2008: Mycorrhizal symbiosis. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier/Acad. Press.

TROUVELOT A, KOUGH JL, GIANINAZZI-PEARSON V, 1986: Mesure du taux de mycorhization VA d´un systéme radiculaire. Recherche de méthodes d´estimation ayant une signification fonctionnelle. In: GIANINAZZI-PEARSON V, GIANINAZZI S (eds.), Physiological and genetical aspects of mycorrhizae, pp. 217-221. Paris, INRA.

VIERHEILIG H, COUGHLAN AP, WYSS U, PICHÉ Y, 1998: Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. Appl Environ Microbiol 64, 5004–5007. DOI: 10.1128/AEM.64.12.5004-5007.1998.

Adressen der Autoren

[1] Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenzüchtung, Konrad-Lorenz-Str. 24, 3430 Tulln an der Donau

[2] Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenschutz, Konrad-Lorenz-Str. 24, 3430 Tulln an der Donau

* Ansprechpartner: Jordan LEBESMÜHLBACHER, B.Sc., jordanl@students.boku.ac.at

Fusarium proliferatum als Haupterreger von Fusarium-bedingten Schäden an Knoblauch

Fusarium proliferatum as main pathogen of Fusarium-related infections of garlic

Katharina Gasser[1*], Karin Hage-Ahmed[1], Maria Neubacher[1], Maria König[1], Alexander Schwaighofer[1], Jakob Stark[1], Josef Keferböck[2] und Siegrid Steinkellner[1]

Einleitung

Die österreichische Knoblauchproduktion hat sich in den vergangenen zehn Jahren vervierfacht und lag im Jahr 2020 bei 1.320 t Knoblauch, die auf 240 ha produziert wurden (FAO, 19.04.2022). Mit dieser Menge kann etwa 23 % des heimischen Bedarfes gedeckt werden (Keferböck, 2022). Nach wie vor stammt Knoblauch, der im österreichischen Handel angeboten wird, allerdings zum Großteil aus dem Ausland. Dabei hat sich in den letzten Jahren mit einem Anteil von 45 % am gesamten importierten Knoblauch Spanien als Lieferland durchgesetzt (Keferböck, 2022). Der Anstieg der einheimischen Produktion wird durch zunehmende krankheitsbedingte Ertrags- und Qualitätseinbußen eingebremst. Um die Ursache dieser Verluste zu identifizieren, wurden Untersuchungen zur Befallssituation des Pflanz- und Lagergutes mit Fokus auf das *Fusarium*-Artenspektrum durchgeführt. Darauf aufbauend sollen Lösungsansätze für die Praxis erarbeitet werden.

Material und Methoden

Pflanzgut: Die Erhebung zum Pflanzgutbefall wurde in den Jahren 2019 und 2020 durchgeführt. Das Pflanzgut stammte aus Spanien und Frankreich und umfasste im ersten Jahr die Sorten Garcua, Gardacho, Gardos, Messidor, Sabagold und Therador. Im zweiten Jahr wurden die Untersuchungen auf die drei marktstärksten Sorten Garcua, Garpek und Sabagold eingeschränkt. Von jeder Sorte wurden je 80 Zwiebeln untersucht. Um auch latenten Befall des Pflanzgutes zu erfassen, wurden Knoblauchzwiebeln einzeln in Alufolie verpackt und für 14 Tage bei 28 °C inkubiert (Dugan et al, 2007). Im Anschluss folgte eine visuelle Bonitur der einzelnen Zwiebeln. Als erstes wurde die Qualität der Schale anhand einer vierstelligen Skala (1= weiß, unauffällig; 5= ausgeprägte dunkelbraune Verfärbungen) bewertet. Die einzelnen geschälten Zehen jeder Zwiebel wurden abhängig von Symptomen anhand einer fünfstelligen Skala 1= symptomlos, 5= 100 % befallen) erfasst. Für die Isolierung des Pathogens wurde je Zwiebel eine Zehe entnommen. Nach einer Oberflächendesinfektion wurden die Zehen halbiert auf einem Nährmedium ausgelegt und für 5-7 Tage bei Raumtemperatur inkubiert. Von Kulturen, die auf *Fusarium* hinwiesen, wurden jeweils Reinkulturen erstellt und die Pilze mittels PCR oder Sequenzierung bestimmt.
Lagergut: Das Lagergut stammte von 2 österreichischen Knoblauchproduzenten, jeweils aus Kühllagerung und Hallenlagerung. Für die Erhebungen im Jahr 2020 wurden die Sorten Garcua und Sabagold herangezogen. Im ersten Jahr wurden Proben zu vier Zeitpunkten zwischen Einlagerung im August und Auslagerung im Jänner entnommen. Jede Probenahme umfasste 30 Zwiebeln als biologische Replikate. Die Bonitur von Schale und Zehen, sowie Isolierung des Pathogens erfolgte analog zu den Untersuchungen des Pflanzgutes.

Ergebnisse und Diskussion

Die Schalenbonitur (Daten nicht dargestellt) zeigt keine markanten Unterschiede zwischen den Sorten und lässt keine Rückschlüsse auf den Befall der Zehen zu. Die Notenverteilung der visuellen Zehenbonitur des Pflanzgutes (Abbildung 1) zeigt einen sortenabhängigen Befall des Knoblauchs. Die Sorte Sabagold erzielte in beiden Jahren die höchsten Befallswerte unter den untersuchten Sorten. Im Jahr 2019 zeigte die Sorte Gardos den geringsten Befall, im Jahr 2020 die Sorte Garpek. Der Befall lag 2020 hinter dem Befall 2019 zurück.

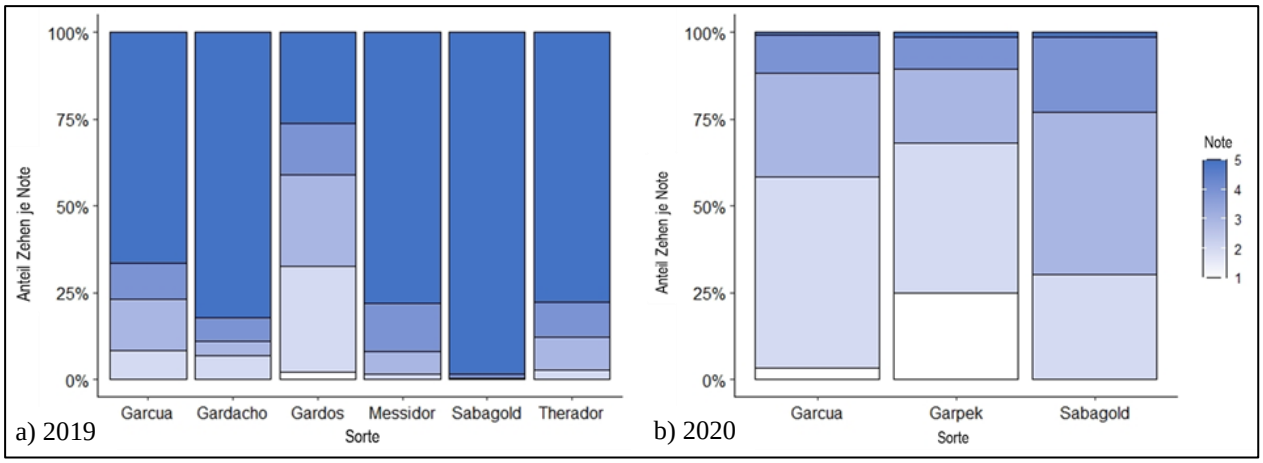


Abbildung 1: **Notenverteilung der Zehenbonitur von Pflanzgut aus den Jahren 2019 (a) und 2020 (b). (1= symptomlos, 5= 100 % befallen; n= 80)**

Nach Isolierung des Pathogens konnte die hohe Befallssituation bestätigt werden. Im Jahr 2019 waren 100 % der untersuchten Zwiebeln der Sorten Gardacho und Sabagold Fusarium-positiv. Es folgten die Sorten Garcua und Therador mit je 99 % und Messidor mit 96 %. Den geringsten Befall zeigte die Sorte Gardos mit 34 % Fusarium-befallenen Zwiebeln. Auch im Jahr 2020 wiesen die drei Sorten Sabagold (98 %), Garcua (97 %) und Garpek (85 %) eine starke Kontamination mit Fusarium auf. Bei den isolierten Pilzen handelte es sich zum größten Teil um F. proliferatum. Daneben wurde v.a. F. oxysporum festgestellt. Beide sind bereits bekannte Pathogene an Knoblauch (Galvez et al, 2017; Leyronas et al., 2018; Horakova 2021).

Die Bonitur des einheimisch produzierten Lagergutes aus dem Jahr 2020 zeigt eine geringere Symptomatik im Vergleich zum Pflanzgut. Unter Hallenlagerung wurden im Vergleich zur Kühllagerung etwas mehr stark befallene Knoblauchzwiebeln festgestellt. Im zeitlichen Verlauf konnte nur ein geringer Befallsanstieg festgestellt werden. Die umfassende Untersuchung des Lagerguts auf das Fusarium-Artenspektrum bestätigte F. proliferatum als Hauptpathogen im Knoblauch (Daten nicht dargestellt).

Zusammenfassung

Aufgrund der zunehmenden krankheitsbedingten Ertrags- und Qualitätsverluste in der österreichischen Knoblauchproduktion wurde das importierte Pflanzgut (2019, 2020) sowie das geerntete Lagermaterial (2020) untersucht. Zu diesem Zweck wurde eine visuelle Bonitur der ganzen Knoblauchzwiebeln und der geschälten Zehen durchgeführt. Weiters wurden Pilzisolate gewonnenen und molekularbiologisch bestimmt. Die Ergebnisse zeigen einen sortenabhängigen Befall mit Fusarien. Die Schalenbonitur der ganzen Zwiebel spiegelt nicht den Befall der Zehen wider. Sowohl im Pflanzgut als auch im Lagermaterial wurde *F. proliferatum* als Hauptpathogen identifiziert.

Abstract

Due to the increasing disease-related yield and quality losses in Austrian garlic production, the imported planting material (2019, 2020) as well as the harvested stored material (2020) was examined. For this purpose, a visual assessment of whole garlic bulbs and peeled cloves was carried out. Furthermore, fungal isolates were obtained and determined using molecular tools. The results show a cultivar-dependent infestation with *Fusarium* sp. The peel ratings do not reflect the infestation of the cloves. *Fusarium proliferatum* was identified as the main pathogen in both the planting material and the stored material.

Finanzierung

Diese Arbeit wurde durchgeführt im Rahmen des EIP-Agri Projektes „Maßnahmen gegen bodenbürtige Krankheiten im Knoblauchanbau zur Absicherung des Anbaues in Österreich“ gefördert

durch das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, sowie vom europäischen Landwirtschaftsfond für die Entwicklung des ländlichen Raums.

Literatur

FAO, 2022: FAOSTAT https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize, Abgerufen am 19/04/2022

KEFERBÖCK J, 2022: Projekt EIP Knoblauch, Bodenbürtige Krankheiten bei Knoblauch; Ein Projekt für die Sicherung des Anbaus in Österreich. Knoblauchfachtag LKNÖ, 15.02.2022, online Webinar.

DUGAN F M, HELLIER B C, LUPIEN S L, 2007: Pathogenic fungi in garlic seed cloves from the United States and China, and efficacy of fungicides against pathogens in garlic germplasm in Washington State. In: J Phytopathol, 155 (7-8):437-445.

GÁLVEZ L, URBANIKA M, WASKIEWIZ A, STEPIEN L, PALMERO D, 2017: *Fusarium proliferatum* - causal agent of garlic bulb rot in Spain: genetic variability and mycotoxin production. In: Food Microbiol., 67, 41-48

LEYRONAS C, CHRÉTIEN P L, TROULET C, DUFFAUD M, VILLENEUVE F, MORRIS C E, HUNYADI H, 2018: First report of *Fusarium proliferatum* causing garlic clove rot in France. In: Plant Dis, 102 (12), 2658.

Adressen der Autoren

[1] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Pflanzenschutz, Konrad Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln an der Donau,

[2] Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Wiener Straße 64, A-3100 St. Pölten

[*] Ansprechpartner: DI Katharina Gasser, katharina.gasser@boku.ac.at

Pilzkrankheiten an beliebten Ziergehölzen

Fungal diseases on popular ornamental shrubs

Astrid Plenk

Einleitung

Ziergehölze geben einem Garten Kontinuität und einen Rahmen, da sie im Allgemeinen langlebig sind und nicht wie die Sommerblumenbepflanzung jährlich wechseln. Den äußeren Rahmen bilden Gehölze für die Hecke. Besonders beliebt sind hierbei immergrüne Gehölze wie Thujen, Eiben, Kirschlorbeer, immergrüner Liguster oder immergrüner Schneeball. Jedoch werden im Hinblick auf die Förderung der Biodiversität gemischte blühende und fruchtende Hecken immer beliebter. Neben Flieder, Forsythien, oder Weigelien werden Gehölze wie Glanzmispeln, Blut-Johannisbeeren und andere mehr immer beliebter. Aber auch mit Solitärsträuchern und kleineren Bäumen kann man Akzente setzen.
Treten hier Krankheiten auf, so hilft eine rasche Diagnose bei der deren Bekämpfung.

Material und Methoden

Für die Detektion der Krankheitserreger wurden kleine Thujentriebe oberflächendesinfiziert und in einer feuchten Kammer bei Zimmertemperatur bebrütet.
Die Bestimmungsarbeiten der Pilze erfolgten mit den gängigen mykologischen Routinemethoden der Lichtmikroskopie. Die Pilzstrukturen wurden mit Wittmann's Blau (WITTMANN, 1970) gefärbt.

Ergebnisse und Diskussion

Folgende Pilze konnten an verschiedenen Ziergehölzen in den letzten Jahren festgestellt werden.

Taxus baccata – Phyllosticta philoprina

An Eiben-Nadeln treten zwei verschiedene *Phyllosticta*-Arten auf *Phyllosticta concentrica* und *Phyllosticta philoprina*. Das Schadbild ist ähnlich. Die „Nadeln" der Eibe welken und verfärben sich braunrot. Darauf pustelförmige und in die Nadeln eingesenkte, schwarzbraune Pyknidien in denen zahlreiche Konidien gelbildet werden. Diese sind bei *Phyllosticta philoprina* polyform, kugelig, breitellipsoid, auch zylindrisch und verkehrt eiförmig, hyalin, unseptiert, glatt, von einer relativ dicken Schleimhülle umgeben mit schlauchförmigem Anhängsel. Weiters werden doliforme, zylindrische, hyaline, glatte, mit zwei Guttulen ausgestattete Spermatien gebildet. *Die* Hauptfruchtform *ist* Guignardia philoprina. Bei *Phyllosticta concentrica* hngegen sind die Konidien nur von einer dünnen, oft nur schwer sichtbaren Schleimhülle umgeben.
Bei einem starken Befall kommt es zu einem raschen vergilben der Nadeln und einem massiven Nadelverlust. [http://www.pilzflora-ehingen.de/pilzflora/arthtml/pphiloprina.php]

Thuja orientalis - Phyllosticta thujae

Phyllosticta thujae ist eine *relativ* neue Krankheit, die 2017 erstmals in Österreich nachgewiesen werden konnte. Die Erstbeschreibung von Phyllosticta thujae erfolgte 1989 von J. Bissett und M.E. Plam in Canada (BISSETT, J.& PALM,1989). Der erste Fund in Europa stammt aus dem Jahr 2015 aus der Schweiz (BEENKEN& SENN-IRLET, 2016).
Zur Biologie des Pilzes ist bisher wenig bekannt. Die ersten Infektionen erfolgen im Frühjahr an den Triebspitzen, vor allem bei feuchter Witterung. Die betroffenen Blattschuppen vergilben. Mit Fortschreiten der Infektion verbräunt der ganze Trieb. Bei feuchter Witterung brechen die schwarz gefärbten Pyknidien durch die Epidermis und diese setzen eine große Anzahl von Konidien frei. Diese werden dann durch Spritzwasser und Wind weiterverbreitet. Besonders anfällig sind geschwächte Pflanzen, aber auch nach einem Rückschnitt steigt die Infektionsgefahr.

Die schwarz gefärbten Pyknidien werden meist an den Triebspitzen gebildet. Sie haben einen Durchmesser von 85 - 160 µm. Die hyalinen, ovoiden Konidien sind einzellig und haben eine typische, dicke Schleimschicht und ein Anhängsel. Die Länge der Konidien liegt zwischen 7.1 - 14.8 µm, die Breite zwischen 4.8 - 6.8 µm. Die Anhängsel sind mit durchschnittlich etwa 15 µm relativ lang.

Prunus laurocerasus – Podosphaera tridactyla

Eine Besonderheit weist der Echte Mehltau des Kirschlorbeer auf, denn während die meisten Echten Mehltaupilze auf der Blattoberseite ihren typischen weißen Pilzbelag ausbilden, findet man diesen auf den Blattunterseiten. Meist werden nur die jungen Blätter und Triebe befallen, die in der Folge verkrüppeln (Blattwölbungen). Auch das Triebwachstum ist meist gebremst. Die Infektion erfolgt über die Blattuntereichen. Verwechselt kann das Schadbild mit einem Wanzenbefall oder mit einem Frostschaden verwechselt werden. Mit einer guten Lupe kann man jedoch das Pilzmyzel auf den Blattunterseiten gut erkennen. Hier werden auch die zahlreichen Konidien, die zur Verbreitung der Krankheit dienen, abgeschnürt [ELLIS & ELLIS, 1985].
Da in der Regel nur junge Pflanzengewebe befallen werden, sollte man nach Möglichkeit von einem Sommerschnitt absehen, da gerade der Neuaustrieb besonders stark gefährdet ist. Dieser sollte daher, wenn möglich, im Herbst oder im zeitigen Frühjahr erfolgen. *[*http://www.pilzflora-ehingen.de/pilzflora/arthtml/ptridactyla.php*]*

Kerria japonica - Blumeriella kerriae

Seit einigen Jahren tritt an *Kerria japonica,* dem Ranunkelstrauch, eine Blattkrankheit auf, die ursprünglich aus Nordamerika stammt. Anfang den 20. Jahrhunderts wurde es dort als *Blumeriella kerriae* (Synonym: *Coccomyces kerriae, Higginsia kerriae*) beschrieben.
Die Krankheit tritt regional teils sehr stark auf. Das Schadbild ist typisch. An den erkrankten Blättern treten rotbraune, 1-4 mm kleine, unscharf begrenzte Blattflecken auf, die sich rasch vergrößern. Diese sind sowohl auf der Blattoberseite als auch auf der Blattunterseite gut erkennbar. Bevorzugt treten die Flecken am Blattrand auf. Ein stärkerer Befall führt zum Eintrocknen und Absterben der Blätter, die auch frühzeitig abgeworfen werden können. Auf den Flecken kann man bei entsprechender Vergrößerung die Fruchtkörper der Nebenfruchtform Cylindrosporium kerriae erkennen. Bei feuchter Witterung werden in ihnen die zahlreichen Konidien gebildet, die zu Beginn als Schleim erkennbar sind. Trocknet dieser ein, so bleibt ein weißlicher Belag zurück. Nach Hinweisen aus der Literatur bildet der Pilz zum Herbst zusätzlich kleine Mikrokonidien gebildet. Neben den Blattflecken treten auch Infektionen an den Trieben auf. An diesen findet man zahlreiche rundlich-ovale, braun verfärbte, mehrere Millimeter große Flecken in denen eine Vielzahl an Fruchtköpern (Acervuli) gebildet werden. Infizierte Triebe stellen für mehrere Jahre eine Infektionsquelle dar. Die Überwinterung und Bildung der Hauptfruchtform Blumeriella kerriae erfolgt im Falllaub. Die hier im Frühjahr gebildeten Ascosporen sorgen zusammen mit den an den Trieben gebildeten Konidien nach ihrer Freisetzung und Verbreitung für die ersten Infektionen [ROBINSON et al., 2017].
Der Pilz tritt nur am Ranunkelstrauch auf, andere Wirtspflanzen sind bisher nicht bekannt. Er ist systematisch sehr eng mit der Sprühfleckenkrankheit der Kirsche (*Blumeriella jaapii*) verwandt und ähnelt diesem in der Symptomatik und Biologie.

Pachysandra terminalis – Volutella pachysandrae

Als Bodendecker ist das Dickmännchen Pachysandra terminalis für schattige Lagen sehr beliebt, doch kann es her immer wieder zu Absterbeerscheinungen kommen. Häufig sind hierfür Infektionen durch *Volutella pachysandrae* (Hauptfruchtform: *Pseudonectria pachysandricol)* verantwortlich. Bevorzugt werden allerdings geschwächte Pflanzen befallen. Als typisches Schadbild treten braun bis schwarz verfärbte Blattflecken auf. Diese sind teilweise von konzentrischen Ringen umgeben. Werden Triebe befallen, so verfärben sich diese schwarz, werden weich und sind eingesunken und sterben letztlich ab [XIAO et al., 2021].
Gefördert wird die Entwicklung von *Volutella pachysandrae* durch höhere Temperaturen (über 20°C) sowie Feuchtigkeit, die in einem dichten Bestand rasch gegeben sind. Im fortgeschrittenen Stadium

zeigen sich auf den Stängelabschnitten und den Blattunterseiten die in Massen produzierten lachsrosa gefärbten Fruchtkörper des Pilzes. Die Blattunterseite erscheint hierdurch teilweise vollständig rosa verfärbt. Eine Überdauerung des Pilzes erfolgt insbesondere im infizierten Laub.

Liquidambar styraciflua – Phomopsis sp.

Erreger der Gattung *Phomopsis* verursachen an zahlreichen Pflanzen ein Triebsterben. Bevorzugt werden geschwächte Pflanzen befallen. Förderlich für einen Befall sind daher längere Trockenperioden, unter denen die Pflanzen zu leiden hatten oder auch standortbedingte Probleme (u.a. Pflanzungen an ungeeignetem Standort, unsachgemäße Lagerung vor der Pflanzung, mangelnde oder reduzierte Bewässerung). Bei ausreichender Feuchtigkeit werden dann die zahlreichen, kleinen, dunkelgefärbten Pyknidien gebildet. In diesen werden dann in hoher Zahl die einzelligen α-Sporen und die fadenförmigen, an einem Ende zu einem hacken gekrümmten β-Sporen gebildet. Bei Regen werden diese dann durch Spritzwasser weiterverbreitet. Über Wunden können diese dann neue Infektionen verursachen.

Literatur

BEENKEN, L. & B. SENN-IRLET, 2016: Neomyceten in der Schweiz. WSL Berichte, Heft 50, 2016

BISSETT, J., & M.E. PALM, 1989: Species of *Phyllosticta* on conifer. Canadian Journal of Botany. 67(11): 3378-3385

ELLIS M. B. & J. P. ELLIS (1985) - Microfungi on Land Plants. An Identification Handbook. Croom Helm. London&Sydney.

XIAO Yang, VANINA L. CASTROAGUDÍN, Margery L. DauGhtrey, Andrew L. LOYD, Jerry E. WEILAND, Nina SHISHKOFF, Fulya BAYSAL-GUREL, Luisa SANTAMARIA, Catalina SALGADO-SALAZAR, James A. LAMONDIA, Jo Anne CROUCH, Douglas G. LUSTER, (2021) A Diagnostic Guide for Volutella Blight Affecting Buxaceae, Plant Health Progress, 10.1094/PHP-02-21-0052-DG, **22**, 4, (578-590),

ROBINSON RJ, KÖNYVES K, SCRACE J, 2017. First record of the fungus *Blumeriella kerriae* in the UK. *New Disease Reports* **35**, 34. [http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2017.035.034]

WITTMANN W., 1970: Ein neues Rezept zur Herstellung mykologischer Präparate. PflSchber., Bd. 41, Heft 5/6/7, p. 91-94.

http://www.pilzflora-ehingen.de/pilzflora/arthtml/pphiloprina.php
http://www.pilzflora-ehingen.de/pilzflora/arthtml/ptridactyla.php

Adresse der Autorin

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: Mag. Astrid Plenk, astrid.pelnk@ages.at

Gesundheitserreger an Pflanzen?

Health agents on plants?

Tomislav Cernava

Die Produktion von Nutzpflanzen wird zunehmend durch verschiedene bakterielle und pilzliche Krankheitserreger beeinträchtigt, die eine erhebliche Bedrohung für die wachsende Weltbevölkerung darstellen. Die derzeitigen Maßnahmen zur Bekämpfung verheerender Pflanzenkrankheiten beruhen in erster Linie auf chemischen Substanzen, die sich häufig negativ auf Nichtzielorganismen und die Umwelt auswirken. Ergebnisse aus der Mikrobiomforschung haben in den letzten Jahrzehnten gezeigt, dass nützliche Funktionen des Mikrobioms nicht nur für die Pflanzenproduktion, sondern auch für die menschliche Gesundheit nutzbar gemacht werden können [BERG et al., 2020]. In bestimmten Nutzpflanzen wurden bestimmte Bakterien gefunden, die ihren Wirtspflanzen Krankheitsresistenz verleihen. Obwohl bekannt ist, dass das Zusammenspiel von Mikroben und Pflanzen zu einer verbesserten Pflanzengesundheit führen kann, ist das Phänomen von ganzheitlich krankheitsvorbeugenden Bakterien neu [CERNAVA & BERG. 2020]. Das allgemeine Konzept lässt sich möglicherweise sogar auf weitere Organismengruppen jenseits der Pflanzen ausdehnen. Wir schlagen daher die Einführung des spezifischen Begriffs *Soterobiont* vor, um eine eindeutige Definition von krankheitsvorbeugenden Mikroorganismen innerhalb des Mikrobioms höherer Organismen zu ermöglichen. In Zukunft werden gezielte Studien erforderlich sein, um weitere *Soterobionten* zu entdecken und ihr Potenzial für biotechnologische Anwendungen in der Landwirtschaft nutzbar zu machen. Zu solchen Anwendungen könnten neue Formulierungen auf Mikrobiom-Basis gehören, die landwirtschaftliche Böden mit nützlichen Mikroorganismen anreichern.

Literatur

BERG, G., RYBAKOVA, D., FISCHER, D., CERNAVA, T., Vergès, M. C. C., Charles, T., et al. (2020). Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome, 8*: 103.

CERNAVA, T., and BERG, G. (2022). The emergence of disease-preventing bacteria within the plant microbiota. *Environmental Microbiology,* doi: doi.org/10.1111/1462-2920.15896

Adresse des Autors

Institut für Umweltbiotechnologie, Technische Universität Graz, Petersgasse 12, 8010 Graz, Österreich

Pilzlicher Sekundärmetabolismus, biologischer Pflanzenschutz und Lebensmittelsicherheit. Eine molekulargenetische Einschätzung.

Fungal secondary metabolites, biological plant protection and consumers' safety. A molecular consideration.

Holger B. Deising

Einleitung

Stetige Fortschritte in den Bereichen der Pflanzenzüchtung, der Pflanzendüngung und des Pflanzenschutzes haben über viele Dekaden hinweg dazu geführt, dass die Nahrungsmittelproduktion weltweit substanziell verbessert wurde. Trotz dieser Fortschritte sind jedoch gegenwärtig nahezu 800 Millionen Menschen - insbesondere in Asien und Afrika - chronisch unterernährt. Man kann davon ausgehen, dass die Nahrungsmittelproduktion bis zum Jahr 2050 um mindestens 60% gesteigert werden muss, um den steigenden Bedarf der global wachsenden Bevölkerung zu decken (MEEMKEN und QAIM 2018). Weltweit wurde in den Jahren zwischen 2005 und 2015 die ökologische Landwirtschaft von 15 auf 51 Millionen ha ausgedehnt. In Deutschland wurde dem entsprechend von der Bundesregierung das Ziel formuliert, bis zum Jahr 2030 mindestens 30% der landwirtschaftlich genutzten Flächen ökologisch zu bewirtschaften (https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/EU-Agrarpolitik-Foerderung/gap-strategieplan-kurzueberblick.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Das Paradoxon dieser Zielsetzung besteht darin, dass die Ausdehnung der ökologisch bewirtschafteten Fläche die Nahrungsmittelproduktion nicht steigert, sondern deutlich reduziert. Metastudien unterschiedlicher Autoren gehen davon aus, dass der Ertrag im ökologischen Landbau um 20-25% geringer als im konventionellen Landbau ist (siehe Zusammenfassung in MEEMKEN und QAIM 2018).

Zwar nicht das einzige, aber doch eines der zentralen Probleme des ökologischen Landbaus ist das Fehlen effizienter Pflanzenschutzmittel. Ohne Pflanzenschutz werden die potenziellen Ernteverluste in Weizen, Soja und Baumwolle auf ca. 26-29% und in Mais, Reis und Kartoffeln auf 31, 37 und 40% geschätzt (OERKE 2006). Diese Zahlen belegen eindrucksvoll, dass Pflanzenschutz unverzichtbar ist. Im ökologischen Landbau wird u.a. versucht, das Manko fehlender Pflanzenschutzmittel durch den Einsatz antagonistischer Mikroorganismen auszugleichen (OLIVEIRA-GARCIA et al. 2021, DEISING et al. 2017). Bei der Kontrolle pflanzenpathogener Mikroorganismen durch antagonistische Mikroorganismen bringt man Antagonisten in bedeutender Zahl in Agrarökosysteme ein. Auf diese Weise erzeugt man Konfrontationen zwischen einer Vielzahl von weitgehend unbekannten mikrobiellen Interaktionspartnern. Bei der Beurteilung dieser biologischen Pflanzenschutzstrategie ist es wichtig zu sehen, dass mikrobielle Konfrontationen in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle durch die Synthese toxischer Sekundärmetabolite entschieden werden (KÜNZLER 2018). Durch die Anwendung antagonistischer Mikroorganismen im ökologischen Landbau befördert man also die Synthese von unbekannten Biochemikalien mit unbekannter Toxizität (DEISING et al. 2017). Diese Pflanzenschutzstrategie könnte ein erhebliches und bisher wenig wahrgenommenes Risiko für die Verbraucherinnen und Verbraucher darstellen.

Dieser Beitrag soll dazu dienen, diese Risiken näher zu definieren.

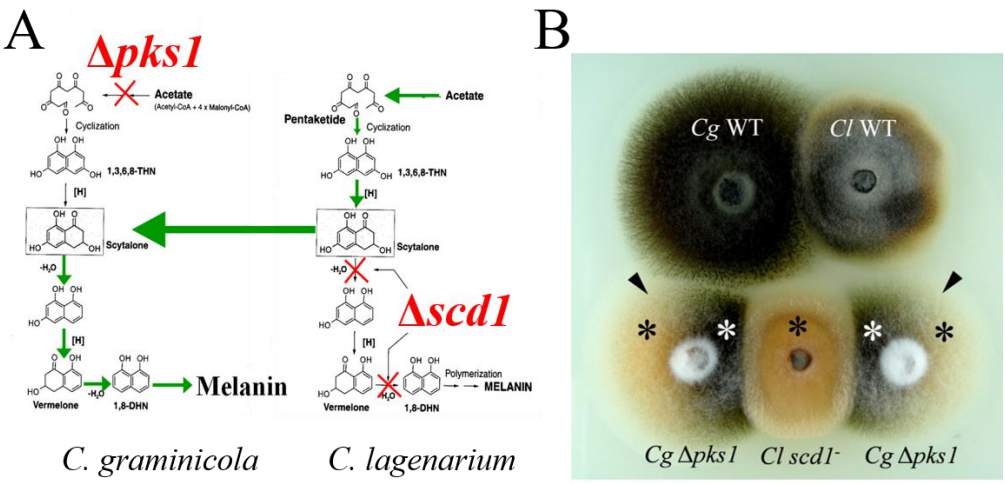
Die genetische Basis mikrobieller Konfrontationen

Ganz unabhängig davon, ob es sich um Bakterien oder Pilze, um Pathogene oder um Biocontrol-Organismen handelt, haben Mikroorganismen ein enormes Potenzial zur Synthese strukturell und funktionell diverser Chemikalien, die als Sekundärmetabolite (SMs) bezeichnet werden. Der strukturellen Diversität und Vielzahl dieser SMs entsprechend existieren in Mikroorganismen zahlreiche Sekundärmetabolismus-Gencluster. Die Genome unterschiedlicher *Aspergillus* Species, z.B. die von *A. terreus*, *A. flavus*, *A. oryzae* und *A. niger* enthalten mehr als 50 dieser Cluster und man geht davon aus, dass der Modellpilz *A. nidulans* mindestens 32 Polyketide (PKs), 14 Nichtribosomale Peptide (NRPs) und zwei Indol-Alkaloide synthetisieren kann (BRAKHAGE et al. 2008; RANK et al. 2010). Das Genom des Weizenpathogens *Fusarium graminearum* enthält 20 Nichtribosomale Peptid Synthetase-(NRPS), 15 Polyketid Synthase (PKS), und 17 Terpensynthase-Gene. Bedeutenderweise enthalten auch die vermeintlich harmlosen Biocontrol-Pilze eine Vielzahl von Sekundärmetabolismus-Genclustern. Die Genome der Entomopathogene *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* und *Cordyceps militaris* enthalten 73, 45 und

37 Sekundärmetabolismus-Gencluster (XIAO et al. 2012, SBARAINI et al. 2016) und die der im biologischen Pflanzenschutz eingesetzten mycoparasitären *Trichoderma* Species zwischen 27 und 55 (ZEILINGER et al. 2016). Diese Zahlen verdeutlichen, dass als harmlos angesehene Biocontrol-Agentien in gleicher Weise wie Pflanzenpathogene und bekannte Mikroorganismen prinzipiell in der Lage sind, putativ toxische SMs zu bilden. Um es zu wiederholen: Mikrobielle Konfrontationen werden mehrheitlich chemisch entschieden (KÜNZLER 2018)!

Die enorme akute Toxizität pilzlicher Sekundärmetabolite wird anhand der Vergleiche mit anderen bekanntermaßen hoch-toxischen Verbindungen deutlich. Als Maß für die akute Toxizität wird die Dosis einer Substanz verwendet, die bei einmaliger Gabe für 50% der Versuchstiere, üblicherweise Ratten, letal ist (LD_{50}-Werte). Die LD_{50}-Werte der von bestimmten *Aspergillus*, *Penicilluim* und *Fusarium*-Arten synthetisierten SMs Aflatoxin B1, Patulin und dem T2-Toxin werden mit 7,2-17,9; 6,8 und 3,8 mg/kg angegeben. Die entsprechenden Werte für die neurotoxischen synthetischen Insektizide DDT, Permethrin und Imidacloprid liegen demgegenüber bei 300; >4000 und 450 mg/kg. Fungizide wie Tebuconazol oder Kresoxim-Methyl hingegen weisen LD_{50}-Werte von 1700-4000 und >5000 mg/kg auf und liegen damit im Toxizitätsbereich von Kochsalz (ca. 3700 mg/kg)! Das bakterielle Botulinum-Neurotoxin (BoNT) von *Clostridium botulinum*, das zwar kein SM, sondern ein Peptid-basiertes Toxin ist, ist mit einer LD_{50} von 0.000001 mg/kg ca. 300 Millionen-mal so toxisch wie das seit langem verbotene Nervengift DDT (DEISING et al. 2017, und Literatur darin). Doch die eigentliche Gefahr, die von mikrobiellen Sekundärmetaboliten ausgeht, besteht nicht in ihrer akuten Toxizität, sondern in ihrer Karzinogenität. Das von verschiedenen *Aspergillus* Arten gebildete Aflatoxin wird nach der Aufnahme mit der Nahrung durch P450 Cytochrom Oxidasen aktiviert, reagiert mit Guanin, bildet DNA-Addukte und führt auf diese Weise Mutationen herbei. Aflatoxin zählt zu den natürlichen Substanzen mit dem höchsten bekannten karzinogenen Potenzial (DEISING et al. 2017, und Literatur darin)!

Ein wichtiger Besorgnis erregender Aspekt für die Verbrauchersicherheit ist, dass bei der Vielzahl der pilzlichen Sekundärmetabolismus-Gencluster nur wenige ihrer Produkte bekannt sind. Einer der in Hinsicht auf Sekundärmetabolismus am besten untersuchten Pilze ist *A. nidulans*. In diesem Ascomyceten gibt es 68 (!) SM Gencluster auf insgesamt 8 Chromosomen, aber nur von 20 dieser Cluster sind die chemischen Produkte bekannt (MACHELEIDT et al. 2016). Eine Erklärung dafür, dass relativ wenige SMs bekannt sind, besteht in der Regulation der SM Synthese durch zahlreiche biotische und in gewissem Umfang auch durch abiotische Faktoren. In *A. niger* sind mehr als 70% der Gencluster, die für PKS, NRPS und PKS-NRPS Hybride kodierenden, unter Standard-Laborbedingungen transkriptionell inaktiv (FISCH et al. 2009). Interessanterweise wird die Expression von Sekundärmetabolismus Genclustern nicht nur durch allgemeine und spezifische Transkriptionsfaktoren, sondern vor allem durch eine Reihe von epigenetischen Faktoren kontrolliert. Die Komplexität und die hierarchische Struktur der Regulation der SM Synthese lässt vermuten, dass SMs eine entscheidende Rolle bei der pilzlichen Stressantwort und/oder –adaptation spielen (MACHELEIDT et al. 2016, BRAKHAGE 2013). In diesem Kontext ist es plausibel, dass pilzliche Toxine als Komponenten der Stressantwort (PONS 2015) auch in natürlichen Habitaten mit kompetitive Mikroben-Gemeinschaften von Bedeutung sind und dass die Toxine die Zusammensetzung der Gemeinschaften beeinflussen. Bemerkenswert ist, dass für die meisten diesen Gemeinschaften weder die beteiligte Mikroben-Arten, noch die SMs, die unter den Konfrontationsbedingungen gebildet werden, bekannt sind. Die Komplexität der SMs, die in solchen Konsortien entstehen, wird zusätzlich dadurch erhöht, dass diejenigen SMs, die von einer Art synthetisierten und sekretiert werden, von einer anderen aufgenommen, modifiziert und ggf. erneut sekretiert werden. Dass dieses Zusammenspiel von Synthese, Sekretion, Aufnahme und weiterer Umsetzung über Artgrenzen hinweg in der Tat erfolgt, lässt sich genetisch am Beispiel zweier Melanin-Biosynthesemutanten zeigen (Abb. 1).



bbildung 1: **Konzertierte Melaninbiosynthese in unterschiedlichen *Colletotrichum*-Arten mit Defekten in unterschiedlichen Genen des Melaninbiosynthese-Wegs. Erklärung: Siehe Text. Aus: DEISING et al. 2017.**

In unterschiedlichen *Colletotrichum*-Arten, so auch in den Wildtyp (WT)-Stämmen der Mais- und Gurken-Pathogene *Colletotrichum graminicola* und *Colletotrichum lagenarium*, wird das dunkel gefärbte Polyketid Melanin über den Dihydroxynaphthalen-Weg synthetisiert. Das Reaktionsprodukt der Polyketidsynthase 1 (Pks1) wird zum 1,3,6,8-Tetrahydroxynaphthalen (1,3,6,8-THN) cyclisiert, und zwei aufeinander folgende Reduktions- und Dehydratisierungsreaktionen führen zum 1,8-Dihydroxynaphthalen (1,8-DHN). 1,8-DHN wird folgend in einer Radikalreaktion zum hoch-polymeren DHN-Melanin verknüpft (Abb. 1A). Die WT-Stämme von *C. graminicola* und *C. lagenarium* sind aufgrund der Einlagerung von Melanin in ihre Zellwände dunkel pigmentiert (Abb. 1B; *Cg*WT und *Cl*WT). Wird der Biosyntheseweg durch gezielte Mutagenese, beispielsweise des für *PKS1* oder des für die Scytalon-Dehydratase codierenden *SCD1* Gens unterbrochen, ist die Melanin-Biosynthese nicht mehr möglich und die resultierenden Mutanten, Δ*pks1* und Δ*scd1*, sind nicht pigmentiert (Abb. 1B, dunkle Sterne). Werden jedoch die Δ*pks1* und Δ*scd1* Mutanten der beiden unterschiedlichen *Colletotrichum*-Arten nebeneinander ausplattiert, so sind diejenigen Mycelbereiche von *C. graminicola* Δ*pks1*, die an den Δ*scd1* Stamm von *C. lagenarium* grenzen, dunkel gefärbt (Abb. 1B, weiße Sterne). Der Grund für die lokale Melanisierung von Δ*pks1* ist, dass in der Δ*scd1* Mutante von *C. lagenarium* der Melaninbiosyntheseweg nur bis zum Scytalon ablaufen kann. Aufgrund der Deletion des *SCD1* Gens kann Scytalon aber nicht dehydratisiert werden, reichert sich an und wird sekretiert. Die Hyphen von Δ*pks1* Mutanten von *C. graminicola* sind nicht pigmentiert, weil die Melaninbiosynthese aufgrund des Fehlens der Polyketidsynthase 1 nicht initiiert werden kann. Der *C. graminicola* Δ*pks1* Stamm kann aber das Scytalon, das von den Δ*scd1* Hyphen von *C. lagenarium* sekretiert wurde, aufnehmen und weiter bis hin zum 1,8-DHN umsetzen, so dass Melanin gebildet wird (Abb. 1B, weiße Sterne). Dieses Experiment zeigt ganz eindeutig, dass SMs über Artgrenzen hinweg ausgetauscht und enzymatisch weiter umgesetzt werden können (DEISING et al. 2017).

Wie oben dargestellt, kann man davon ausgehen, dass in Mikroorganismen, die sich in Konfrontation mit anderen befinden, schweigende Sekundärmetabolismus-Gencluster aktiviert werden. Dabei mag die Zahl dieser aktivierten Sekundärmetabolismus-Gencluster von den interagierenden Arten und der Anzahl interagierender Species in mikrobiellen Gemeinschaften abhängen. Bringt man zur biologischen Kontrolle von pflanzenpathogenen Mikroorganismen Antagonisten in Agrar-Ökosysteme ein, so steigert man notwendiger Weise die Zahl der Konfrontationen und verschiebt die Abundanz der Arten. Das ist zwar die Absicht des biologischen Pflanzenschutzes, aber in der Konsequenz werden dadurch in den beteiligten Mikroorganismen schweigende Sekundärmetabolismus-Gencluster aktiviert. Neue und unbekannte SMs werden sekretiert, von anderen Mikroorganismen aufgenommen, ggf. enzymatisch modifiziert und wieder sekretiert. In der Konsequenz schaffen wir so im Mikroorganismen-basierten biologischen Pflanzenschutz ein Szenario, in dem neue Substanzen in unbekannter Zahl gebildet werden, deren chemische Struktur, Wirkung und Toxizität niemand kennt.

Ist eine Risikoabschätzung für die Bildung neuer Sekundärmetabolite denkbar?

Eine direkte Suche nach neuen Sekundärmetaboliten ist aufgrund ihrer unbekannten chemischen Struktur und der vermeintlichen Interaktions-Spezifität der Aktivierung der für ihre Synthese erforderlichen Sekundärmetabolismus-Gene schwierig. Allerdings wäre es denkbar, RNA-Seq-Studien zur Voraussetzung für die Zulassung von Mikroorganismen im biologischen Pflanzenschutz zu machen. Es gibt inzwischen weit über 1000 sequenzierte Pilzgenome, so dass man definierte Mikroben-Konsortien in Mikrokosmen einbringen und die Aktivierung von Sekundärmetabolismus-Gencluster in den beteiligten Arten untersuchen könnte. So wäre es denkbar, erste Transkriptom-basierte Informationen über die Mechanismen der mikrobiellen Konfrontationen zu gewinnen. Im Falle der Unterstützung der Hypothese, die Konfrontation zwischen einem neuen ‚*biocontrol agent*' und verschiedenen Modell-Mikroben könnte zur Synthese neuer unbekannter Substanzen führen, wäre eine genauere chemische Analyse der mikrobiellen SMs vor der Zulassung des neuen Pflanzenschutzpräparates angeraten.

Zusammenfassung

Der Mikroorganismen-basierte biologische Pflanzenschutz birgt die Gefahr der Aktivierung stiller mikrobieller Sekundärmetabolismus-Gencluster mit der Konsequenz der Kontamination von Nahrungs- und Futtermitteln mit bisher unbekannten und putativ hochtoxischen Bio-Chemikalien. Dieser Beitrag diskutiert die Risiken des Mikroben-basierten Pflanzenschutzes und schlägt Möglichkeiten der Risikoabschätzung vor Zulassung derartiger Präparate vor.

Abstract

Microorganism-based biological plant protection bears the risk of activation of microbial secondary metabolism gene clusters, leading to contaminations of food and fodder with so far unknown and putatively highly toxic bio-chemicals. This article discusses the risks of microbe-based plant protection and suggests options of risk assessment before such products are released to the market.

Literatur

BRAKHAGE AA, SCHUEMANN J, BERGMANN S, SCHERLACH K, SCHROECKH V, HERTWECK C 2008: Activation of fungal silent gene clusters: a new avenue to drug discovery. In: Natural Compounds as Drugs. PETERSEN F, AMSTUTZ R (Eds.); Birkhäuser: Basel, 2008; 1–12.

BRAKHAGE AA 2013: Regulation of fungal secondary metabolism. Nat. Rev. Microbiol. 11, 21-32.

DEISING HB, GASE I, KUBO, Y 2017: The unpredictable risk imposed by microbial secondary metabolites: How safe is biological control of plant diseases? *J* Plant Dis Prot 124, 413-419.

FISCH KM, GILLASPY AF, GIPSON M, HENRIKSON JC, HOOVER AR, JACKSON L, NAJAR FZ, WÄGELE H, CICHEWICZ RH 2009: Chemical induction of silent biosynthetic pathway transcription in *Aspergillus niger*. J Ind Microbiol Biotechnol 36, 1199-1213.

KÜNZLER M 2018: How fungi defend themselves against microbial competitors and animal predators. PLoS Pathog 14, e1007184.

MACHELEIDT J, MATTERN DJ, FISCHER J, NETZKER T, WEBER J, SCHROECKH V, VALIANTE V, BRAKHAGE AA 2016: Regulation and role of fungal secondary metabolites. Annu Rev Genet 50, 371-392.

MEEMKEN E-M, QAIM M 2018: Organic agriculture, food security, and the environment. Annu Rev Res Econ 10, 39-63.

OERKE EC 2006: Crop losses to pests. J Agric Sci 144, 31-43.

OLIVEIRA-GARCIA E, VON TIEDEMANN A, DEISING HB 2021: The measure mix matters: multiple-component plant protection is indispensable for coping with the enormous genome plasticity and mutation rates in pathogenic microorganisms. J Plant Dis Prot 128, 3-6.

PONTS N 2015: Mycotoxins are a component of *Fusarium graminearum* stress-response system. Front Microbiol 6, 1234.

RANK C, LARSEN T, FRISVAD J 2010: Functional systems biology of Aspergillus. In *Aspergillus:* Molecular Biology and Genomics. MACHIDA M, GOMI K (Eds.), Academic Press: Wymondham, Norfolk, 173–198.

SBARAINI N, GUEDES RLM, ANDREIS FC; JUNGES Â, DE MORAIS GL, VAINSTEIN MH, DE VASCONCELOS ATR, SCHRANK A 2016: Secondary metabolite gene clusters in the entomopathogen fungus *Metarhizium anisopliae*: genome identification and patterns of expression in a cuticle infection model. BMC Genom 17, Suppl. 8, 736.
XIAO G, YING S-H, ZHENG P, WANG Z-L, ZHANG S, XIE X-Q, SHANG Y, St. LEGER RJ, ZHAO G-P, WANG C, FENG M-G 2012: xiaGenomic perspectives on the evolution of fungal entomopathogenicity in *Beauveria bassiana*. Sci Rep 2, 483.

Adressen des Autors

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Lehrstuhl für Phytopathologie und Pflanzenschutz, Betty-Heimann-Str. 3, D-60120 Halle (Saale).

Ansprechpartner: Prof. Dr. Holger Deising, Email: holger.deising@landw.uni-halle.de

Mikrobiom und Pflanzenschutz im Apfel

Microbiome and plant protection in apples

Birgit Wassermann

Das Mikrobiom beschreibt die Gesamtheit der Mikroorgansimen (Bacteria, Pilze, Archaeen, Protisten) und all ihrer Funktionen. Während der überwiegende Teil der Mikroorganismen einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Apfelpflanze hat, sind mikrobielle Pathogene im Feld und im Lager ein immer größer werdendes Problem. Gleichzeitig steigt das Bedürfnis der Bevölkerung nach Pestizid-frei produzierten Lebensmitteln, die Regulierung von Pestiziden werden weiter verschärft und die schädlichen Einflüsse auf unsere Umwelt durch Pestizidapplikationen werden immer offensichtlicher. Neue, umweltfreundliche Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz zu finden, ist heute wichtiger denn je. Das Mikrobiom bietet ein immenses Potential an Funktionen, um Apfelpflanzen im Feld und im Lager zu vor Pathogenbefall zu schützen. Um effektive Produkte zu entwickeln, bedarf es jedoch an intensiver Forschung, um die komplexen Interaktionen mit der Pflanze, zu verstehen. Die Apfelpflanze stellt einen wichtigen Modellorganismus in der Mikrobiomforschung dar und lieferte bereits wichtige Erkenntnisse. Heute wissen wir, dass wir mittels Pflanzenzüchtigung auch das Mikrobiom beeinflussen und sogar den Verwandtschaftsgrad von Apfelsorten anhand des Mikrobioms erkennen können. Jeder Teilbereich des Apfels und auch der Apfelfrucht beherbergt ein spezifisches Mikrobiom und ein gesunder Apfel kann bis zu 100 Millionen Bakterienzellen enthalten. Während der Lagerung verändert sich das Mikrobiom signifikant und auch klassische Nachernte-Behandlungen, wie Heißwasserbäder, Wachs und niedrige Temperaturen, haben einen großen Einfluss auf das Mikrobiom. Unsere Studien zeigten außerdem, dass die kombinierte Behandlung aus Heißwasserbad und positiven Bakterien den Befall durch *Penicillium* und *Neofabraea* während der Lagerung signifikant reduziert. Auch im Feld wurden bereits positive Ergebnisse durch den Einsatz mikrobieller Produkte erzielt. Generell stellt die Nutzung des Pflanzenmikrobioms die vielversprechendste Methode dar, um eine ausreichende Menge an Lebensmitteln für die Weltbevölkerung zu produzieren, ohne die Gesundheit der Ökosysteme weiter zu belasten.

Adresse der Autorin

Institut für Umweltbiotechnologie, Technische Universität Graz, Petersgasse 12, 8010 Graz, Österreich

Eichenresilienz – von Frostspannern, Eichenwicklern und ihren parasitischen Feinden

Oak resilience – of winter moths, oak leafrollers and their parasitic enemies

Martin Mayrhofer*, Thomas Zankl, Christa Schafellner und Axel Schopf

Einleitung

In mitteleuropäischen Waldökosystemen spielen trockentolerante Laubholzarten wie Eichen eine immer wichtigere Rolle, um eine Anpassung der Wälder an den Klimawandel voranzutreiben. Der durch Schadinsekten verursachte Verlust an Blattmasse wirkt allerdings als zusätzlicher Stressfaktor. In Jahren mit hoher Populationsdichte kann Raupenfraß, vornehmlich durch Arten aus den Schmetterlingsfamilien der Spanner (Lep., Geometridae) und Wickler (Lep., Tortricidae) bis zum Kahlfraß der Bäume führen. Die durch die früh fressenden Raupen verursachte Entlaubung alleine bewirkt noch keine Mortalität, denn die Eichen treiben erneut aus (Johannistriebe) und können durch verstärkte Photosynthese ausreichend Speicherkohlenhydrate produzieren. Kommen in Folge noch andere Schadfaktoren hinzu (Spätfrost, Luftschadstoffe, Mehltaupilze, Befall durch Schwammspinner, Eichenprozessionsspinner und Eichenprachtkäfer), können die Bäume jedoch absterben, man spricht von der sog. Eichenkomplexkrankheit.

Eine wichtige Rolle in der Populationsdynamik von sogenannten Schadinsekten spielen Parasitoide und Prädatoren. Die laufende Masterarbeit zielt auf die Frage ab, ob natürliche Gegenspieler die Resilienz von Eichenbeständen beeinflussen. Dabei soll das Potenzial von Parasitoiden wichtiger Eichenschädlinge wie der Kleine und Große Frostspanner (*Operophtera brumata, Erannis defoliaria*) sowie der Grüne Eichenwickler (*Tortrix viridana*) untersucht werden. Ähnlichkeiten und Unterschiede im Parasitoidenspektrum und Parasitierungsgrad in verschiedenen Beständen sollen jene Arten aufzeigen, die Fluktuationen in der Populationsdynamik der Eichenschädlinge mitbestimmen.

Material und Methoden

Auswahl der Standorte: Im Frühjahr 2020 wurden im Münsterland (Nordrhein-Westfalen, Deutschland) vier Eichenbestände mit unterschiedlichen ökologischen Wertigkeiten (Insektenreichtum/-armut, Bestand mit/ohne funktionalen Waldrand mit/ohne blühende Strauchvegetation, Wälder mit/ohne blühende, krautige Pflanzen) und unterschiedlicher Historie bezüglich Fraßintensität der Eichenschmetterlinge ausgewählt. In den Jahren 2021 und 2022 wurden Vorkommen und Dichte parasitischer Wespen (vor allem Schlupfwespen) und parasitischer Fliegen (vor allem Raupenfliegen) in diesen Beständen erhoben.

Sammeln von Insekten: Für das Spektrum der Larvenparasitoide wurden Frostspanner-Raupen im Frühjahr an zwei Sammelterminen aus den Kronen geholt und bis zur Verpuppung oder bis zum Schlupf der Parasitoiden im Labor gezüchtet. Zur Erhebung der Larven-Puppen-Parasitoide, die Raupen parasitieren, aber erst aus den Schmetterlingspuppen schlüpfen, wurden abbaumende Raupen unter den Baumkronen abgefangen und ihre Entwicklung als Puppen in Erdkokons kontrolliert. Das Spektrum der echten Puppenparasitoide wurde an Puppen im Boden (Kleiner und Großer Frostspanner) oder Puppen in Blattwickeln in der Krone (Eichenwickler) untersucht.

Für die Sammlung der Puppen des Kleinen und Großen Frostspanners wurden Bodenproben unter jeweils 10 Bäumen pro Bestand entnommen, insgesamt 40 Probepunkte. Nach dem Aussieben vor Ort wurden Puppen und Tönnchen in mit feuchter Watte gefüllte Kunststoffröhrchen an das Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz (IFFF) der Universität für Bodenkultur zur Bestimmung geschickt. Die Puppen des Eichenwicklers wurden mittels Hubwagen und Teleskop-scheren aus den Baumkronen entnommen, insgesamt 100 Puppen je Probefläche.

Raupen aus dem Kronenbereich von Altbäumen wurden mit Hilfe von Seilschleuder und Auffangplanen gesammelt, bei Jungbäumen kam ein Klopfschirm zum Einsatz. Die Raupen wurden nach Arten getrennt in Gruppen zu jeweils zehn Individuen in Gläsern gehalten und bis zur Verpuppung gezüchtet. Aus den Raupen geschlüpfte Parasitoide wurden entnommen und tiefgefroren. An den Puppen wurde das Geschlecht bestimmt, anschließend wurden sie seziert und auf Parasitierung überprüft. Vorhandene Parasiten wurden tiefgefroren und ans IFFF versandt.

Abbaumende Raupen des Kleinen und Großen Frostspanners wurden in runden Auffangbehältern (Durchmesser ca. 90 cm) gesammelt. Dazu wurden pro Bestand 20 selbstaufspannende Gartenlaubsäcke mit einem Wasserablassgitter unter der Kronentraufe aufgestellt. Der Boden wurde mit Steinen beschwert und mit Torfmooserde gefüllt, um den Tieren die Kokonbildung zur Verpuppung zu ermöglichen. In den Laubsäcken fanden sich Eier, Larven, Puppen und Imagines von diversen Insektenordnungen, vereinzelt auch von anderen Arthropoden.
Bestimmung der Insekten: Alle Proben wurden am IFFF mit einem Binokular kontrolliert und bestimmt. Larven und Puppen von Schmetterlingen wurden u.a. mit dem Bestimmungsschlüssel „Die Raupen und Puppen der Eichenschmetterlinge Mitteleuropas" (PATOCKA 1980) identifiziert. Nach der Art-bestimmung wurden sie seziert, Larven, Puppen oder Imagines von Parasitoiden wurden gesondert aufbewahrt, unparasitierte Raupen oder Puppen wurden nach der Sektion entsorgt. Adulte parasitische Wespen und Tachinen wurden präpariert, Larven in Ethanol konserviert. Die gesammelten Parasitoide wurden morphologisch anhand von Schlüsselmerkmalen bestimmt, unbekannte Arten mit Hilfe von Experten identifiziert.
Kokons von parasitischen Wespen und Tönnchen parasitischer Fliegen wurden zunächst möglichst genau klassifiziert und bei Zimmertemperatur in Kunststoffbechern mit befeuchtetem Papier aufbewahrt. Wespen und Fliegen, die aus den Kokons bzw. Tönnchen schlüpften, wurden zur späteren Bestimmung (morphologisch, DNA-Barcoding) eingefroren bzw. präpariert und in einem luft- und schädlingsdichten Insektenkasten aufbewahrt. Weibliche Imagines wurden dagegen mit Honig und Wasser versorgt und bis zu ihrem natürlichen Tod in kleinen Käfigen gehalten.

Ergebnisse und Diskussion

Lepidoptera: Die Schmetterlingspuppen in den Bodenproben waren in erster Linie Vertreter aus den Familien der Eulenfalter (Noctuidae), Spanner (Geometridae) und Wickler (Tortricidae). Im Folgenden werden Biologie und Bedeutung der drei wichtigsten früh fressenden Eichenschädlinge, Kleiner und Großer Frostspanner sowie Eichenwickler, kurz beschrieben.
Biologie *Operophtera brumata* (Lep., Geometridae): Der Kleine Frostspanner ist über ganz Eurasien sowie Nordafrika verbreitet, nach Nordamerika wurde der Falter 1920 verschleppt. Die Raupen dieser univoltinen, polyphagen Spannerart fressen von April bis Anfang Juni an Eichen (Hauptwirt *Quercus robur*) sowie an den Gattungen *Corylus* sp., *Malus* sp. und *Prunus* sp. (TIKKANEN 1998). Der Kleine Frostspanner zählt gemeinsam mit dem Großen Frostspanner *Erannis defoliaria* und dem Buchenfrostspanner *Operophtera fagata* zu den früh fressenden Arten (GÖßWEIN und LOBINGER 2014). Die zeitliche Koinzidenz zwischen Raupenschlupf und Austrieb der Eiche ist von großer Bedeutung für das Überleben und Populationswachstum des Insekts, da geschlossene Knospen von den jungen Raupen nicht gefressen werden. Die fünf Larvenstadien werden in einem Zeitraum von 35-40 Tagen durchlaufen, die Dauer der Entwicklung wird dabei stark von der Temperatur beeinflusst (SECHSER 1969). Die erwachsenen Raupen baumen ab und verpuppen sich in einem kleinen Erdkokon in der oberen Bodenschicht (GÖßWEIN und LOBINGER 2014). Die adulten Falter schlüpfen von Mitte/Ende Oktober bis Anfang Dezember, nach den ersten Frühfrösten (Name!). Die Männchen schwärmen in der Dämmerung, die flugunfähigen Weibchen klettern die Stämme der Wirtsbäume hinauf und legen nach der Begattung ihre Eier in Rindenritzen. Die Überwinterung der nächsten Generation erfolgt im Eistadium. Die Populationen unterliegen starken Fluktuationen, alle 8-10 Jahre treten Massenvermehrungen mit Kahlfraß auf.
Für die Populationsdynamik des Kleinen Frostspanners spielen einerseits die Synchronizität zwischen Schlupf der Raupen und Knospenaustrieb und andererseits die dichteabhängige Prädation der Puppen in der Erde sowie Parasitoide und Krankheiten eine Rolle (VARLEY and GRADWELL 1958). Zu den wichtigsten Parasitoiden zählen die Tachinenarten *Cyzenis albicans* und *Lyphia dubia* sowie die Ichneumoniden *Agrypon flaveolatum, Phobocampe crassiuscula* und *Pimpla contemplator* (SECHSER 1969).
Biologie *Erannis defoliaria* (Lep., Geometridae): Die Lebensweise des Großen Frostspanners ähnelt dem des Kleinen Frostspanners. Die Flügelspannweite ist beim Männchen des Großen Frostspanners etwas größer, die Flügel der Weibchen, die beim Kleinen Frostspanner zu Stummel reduziert sind, fehlen beim Großen Frostspanner gänzlich. Die Raupen können eine Länge von 35 mm erreichen (GÖßWEIN und LOBINGER 2014).

Biologie *Tortrix viridana* (Lep., Tortricidae): Die Raupen des Grünen Eichenwicklers fressen polyphag an Laubgehölzen, wobei die Eiche die Hauptwirtsbaumart ist (HACKER und MÜLLER 2006). Die Raupen schlüpfen Ende April und fressen drei bis vier Wochen in den Baumkronen, in dieser Zeit durchlaufen sie fünf Larvenstadien. Mit Hilfe von Gespinstfäden spinnen sie das Blatt zu einem Blattwickel zusammen und fressen das angrenzende Blattgewebe. Die Verpuppung erfolgt ebenfalls in diesem Blattwickel. Bis zum Schlupf der Falter dauert es 2-3 Wochen (SCHWERDTFEGER 1961). Die Weibchen legen 60-70 Eier bevorzugt an die Endtriebe der Kronen paarweise an der Basis der Knospen ab. Die Überwinterung erfolgt im Eistadium (SCHWERDTFEGER 1961).
Hymenoptera und Diptera: Bei den Hautflüglern dominierten parasitische Arten aus der Überfamilie der Erzwespen (Chalcidoidea), der Familie der Echten Schlupfwespen (Ichneumonidae) sowie der Brackwespen (Braconidae). In der Ordnung der Fliegen waren es Vertreter aus der Familie der Raupenfliegen (Tachinidae).
Bei den Ichneumoniden stammten die meisten Individuen aus der Unterfamilie der Ophioninae, am häufigsten vertreten war die Art *Ophion minutus*. Diese in der nördlichen temperierten Zone verbreitete Art zählt zu den Koinobionten, die Wespe parasitiert Raupen aus der Familie der Geometridae, bevorzugt werden die Gattungen *Agriopis* sp. sowie *Erannis* sp. Die adulten Wespen sind nachtaktiv. Weitere parasitische Arten, die aus den untersuchten Bodenproben stammen, sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: **Parasitische Wespenarten aus den Familien Ichneumonidae bzw. Perilampidae aus 2021 gesammelten Bodenproben der vier Eichenbestände im Münsterland**

Artname	Familie	Unterfamilie
Ophion confusus, Ophion parvulus	Ichneumonidae	Ophioninae
Stauropoctonus bombycivorus	Ichneumonidae	Ophioninae
Dusona insignata, Dusona polita, Dusona bicoloripes	Ichneumonidae	Campoleginae
Pleolophus brachypterus	Ichneumonidae	Cryptinae
Cratichneumon culex	Ichneumonidae	Ichneumoninae
Pimpla contemplator	Ichneumonidae	Pimplinae
Perilampus ruficornis	Perilampidae	Perilampinae

Versuche im Labor: Für eine mögliche Zucht von parasitischen Wespen im Labor auf Ersatzwirten und eine anschließende Freilassung in Eichenbeständen könnten sich die folgenden vier Arten eignen: die Puppenparasitoide Pimpla turionellae und Itoplectis maculator sowie die Larvenparasitoide Eulophus larvarum und Macrocentrus linearis. Diese Arten wurden in den ausgewählten Beständen gefunden, aufgrund ihrer geringen Dichte scheinen sie aber kaum populationsdämpfend auf die Eichenschädlinge zu wirken.
Die vier Wespenarten werden im Labor auf ihre Zuchttauglichkeit an Alternativwirten wie Galleria mellonella, Cydia pomonella, Lymantria dispar, Spodoptora litoralis, Helicoverpa armigera getestet. Die adulten Wespen werden mit Honig und Wasser gefüttert. Die Weibchen der Puppenparasitoide betreiben sog. Host-feeding, das heißt sie nehmen Hämolymphe ihrer Wirte auf (Aminosäurequelle), die in der Regel sterben.
Versuche im Freiland: Im nächsten Schritt werden in einem Semifreilandversuch einige Hundert im Labor gezüchtete Puppen von O. brumata und im Freiland gesammelte Puppen von T. viridana in einem mit getopften Eichen- bzw. Hainbuchen-Bäumchen bestückten insektendichten Zelt per Zufall verteilt. In diese Zelte werden Weibchen der Puppenparasitoide freigelassen, um zu testen, ob sie in der Lage sind potenzielle Wirte aufzuspüren und erfolgreich zu parasitieren. Ein paralleler Versuch dazu wird im Freiland in den vier Eichenbeständen durchgeführt. Dazu werden einige Tausend Galleria-Puppen als Ersatzwirte an den Eichenstämmen mit Bienenwachs befestigt und in zwei Beständen zusätzlich 100-200 parasitische Wespen (Weibchen, Männchen) freigelassen, die beiden anderen Bestände dienen als Kontrolle ohne Anreicherung von parasitischen Wespen. Nach 3-4 Tagen werden die Puppen eingeholt und im Labor bis zum Schlupf der parasitischen Wespen bzw. zum Schlupf der Wachsmotten gehalten. Aus den Daten lassen sich der Parasitierungserfolg und die Parasitierungsrate der Puppenparasiten berechnen.
Ziel des Projekts ist es, die Dichte an parasitischen Wespen im Bestand so weit zu erhöhen und zu stabilisieren, dass sie einen nachhaltigen Beitrag zur Populationsdämpfung der Eichenschädlinge leisten können.

Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt „Eichenresilienz" zielt darauf ab, die Widerstandsfähigkeit von Eichenwäldern durch die gezielte Förderung und Ausbringung von parasitischen Wespen als natürliche Gegenspieler der dominierenden Eichenschädlinge Kleiner und Großer Frostspanner (*Operophtera brumata*, *Erannis defoliaria*) und Grüner Eichenwickler (*Tortrix viridana*) zu erhöhen. Dafür wird zunächst das Spektrum der natürlich vorkommenden Parasitoide in den einzelnen Entwicklungsstadien ihrer Wirte und in Abhängigkeit von der jeweiligen Populationsdichte der Eichenschädlinge auf vier ausgewählten Versuchsflächen im Münsterland (Nordrhein-Westfalen, BRD) bestimmt. Darauf basierend erfolgt eine Auswahl an Arten, die im Labor an sogenannten Alternativwirten vermehrt und anschließend auf den Untersuchungs-flächen freigelassen werden, wo sie ihr Potenzial als Gegenspieler entfalten und dazu beitragen können, die Populationsdichte von Eichenschädlingen niedrig zu halten und Massen-vermehrungen möglichst zu unterbinden.

Abstract

The research project 'Oak resilience' aims to increase the resiliency of oak forests through the targeted promotion and release of parasitic wasps as natural enemies of the dominant oak pests, the winter moths (*Operophtera brumata*, *Erannis defoliaria*) and the green oak leafroller (*Tortrix viridana*). For this purpose, the spectrum of the naturally occurring parasitoids attacking the individual stages of their hosts and in relation to the respective population density of the oak pests is determined on four selected oak stands in the Münsterland (North Rhine-Westphalia, Germany). Based on this survey, a selection of parasitoids species is made, which can be reared in the laboratory on so-called alternative hosts and then released in the study plots, where they can exert their potential as natural enemies and help to keep the population density of oak pests low and eventually prevent mass outbreaks.

Danksagung

Unser herzlicher Dank gilt Dr. Martin Schwarz, Stiftung für Natur des Naturschutzbundes Oberösterreich, für die Unterstützung bei der Bestimmung der Ichneumoniden-Arten. Die Masterarbeit von M. Mayrhofer im Rahmen des Projekts Eichenresilienz wird finanziell gefördert.

Literatur

HACKER H H, MÜLLER J, 2006: Die Schmetterlinge der bayerischen Naturwaldreservate. Eine Charakterisierung der süddeutschen Lebensraumtypen anhand der Lepidoptera (Insecta). Werner Wolf Verlag, Bindlach, 272 S, ISBN: 9783939986003.

PATOCKA J, 1980: Die Raupen und Puppen der Eichenschmetterlinge Mitteleuropas; Monographien zur angewandten Entomologie, Verlag Paul Parey, 188 S, ISBN: 9783490108180.

SCHWERDTFEGER F, 1961: Das Eichenwickler-Problem. Auftreten, Schaden, Massenwechsel und Möglichkeiten der Bekämpfung von Tortrix viridana L. in Nordwest Deutschland. Landwirtschafts-verlag GmbH, Hiltrup, 173 S.

GÖßWEIN S, LOBINGER G, 2014: Waldschutzrelevante Organismen an der Traubeneiche. LWF Wissen 75, 80-88.

SECHSER B, 1969: Der Parasitenkomplex des Kleinen Frostspanners (Operophtera brumata L.) (Lep. Geometridae) unter besonderer Berücksichtigung der Kokonparasiten. Z Angew Ent 66, 1-35.

TIKKANEN O P, ROININEN H, NIEMELÄ P, TAHVANAINEN J, ZINOVJEV A, 1998: Use of host plants by Operophtera brumata L. (Lep., Geometridae) during the first recorded outbreak in the subcontinental boreal zone of Fennoscandia. J Appl Ent 122, 247-253.

VARLEY G C, GRADWELL G R, 1958: Oak defoliators in England. Proc 10th Int Congr Entomol 4, 133-136.

Adressen der Autoren

Universität für Bodenkultur, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

*Ansprechpartner: Martin MAYRHOFER BSc, martin.mayrhofer@students.boku.ac.at

Laborzucht parasitischer Wespen – Einblick in Versuche zur biologischen Kontrolle von Forstschädlingen

Laboratory rearing of parasitic wasps – Insights into experiments on biological control of forest pests

Thomas Zankl*, Martin Mayrhofer, Christa Schafellner und Axel Schopf

Einleitung

Massenvermehrungen des Kleinen und Großen Frostspanners (*Operophtera brumata* und *Erannis defoliaria*) (Lep., Geometridae) sowie des Grünen Eichenwicklers (*Tortrix viridana*) (Lep. Tortricidae) können in Eichenwäldern beträchtliche Schäden hervorrufen. Im Zuge des Forschungsprojekts „Eichenresilienz" sollen jene natürlichen parasitischen Gegenspieler identifiziert werden, die sich zur Massenzucht im Labor und anschließenden Freilassung eignen. Eine Erhöhung der Populationsdichte von Parasitoiden soll die Widerstandsfähigkeit betroffener Eichenwälder gegenüber den Schadinsekten erhöhen. Bevorstehende Massenvermehrungen könnten somit potenziell bereits im Ansatz unterbunden werden. Die Laborzucht von Parasitoiden setzt die kontinuierliche Verfügbarkeit geeigneter Wirtstiere voraus. Aufgrund der univoltinen Entwicklung von Frostspanner und Eichenwickler mit einer mehrmonatigen obligatorischen Ruheperiode im Ei- bzw. Puppenstadium (DU MERLE 1998, PETERSON und NILSSEN 1998), ist dies jedoch nicht möglich. Folglich müssen für eine effiziente Laborzucht von Parasitoiden geeignete Alternativwirte zur Verfügung stehen. Neben ihrer physiologischen Eignung als Wirt für die jeweilige Parasitoidenart, zeichnen sich diese vor allem durch Multivoltinismus, rasche Generationsabfolge ohne Diapause und einfache, ressourcenextensive Handhabung in der Massenzucht auf künstlichen Diäten aus (FEDDE et al. 1982).
Seit 2020 wird die Zusammensetzung des Parasitoidenkomplexes in ausgewählten Eichenbeständen im Münsterland (NRW, Deutschland) erhoben. Unter den in den Beständen häufig auftretenden Parasitoiden wurden jene Arten ausgewählt, die mehrere Generationen pro Jahr ausbilden und sich als vielversprechend hinsichtlich der Möglichkeit einer Zucht auf Alternativwirten im Labor erwiesen. Zusätzlich wurde die in Mitteleuropa weit verbreitete Art *Pimpla turionellae* (Hym., Ichneumonidae) miteinbezogen, für die bereits langjährige Erfahrungen in der Laborzucht vorliegen. Als potenzielle Alternativwirte wurden die Große Wachsmotte (*Galleria mellonella*) (Lep., Pyralidae), der Afrikanische Baumwollwurm (*Spodoptera littoralis*) (Lep., Noctuidae), die Baumwoll-Kapseleule (*Helicoverpa armigera*) (Lep., Noctuidae) und der Apfelwickler (*Cydia pomonella*) (Lep., Tortricidae) ausgewählt. Für diese Arten wurden Zuchtprotokolle entwickelt und die Entwicklung an verschiedenen künstlichen Diäten untersucht und verglichen.

Material und Methoden

Alternativwirte: Die Zucht von *G. mellonella* erfolgte in Gruppen von etwa 100 Raupen in 25x25x20 cm großen Kunststoffboxen, bei einer konstanten Temperatur von 28°C und permanenter Dunkelheit. Als Futter diente eine Zubereitung auf Getreide- und Honigbasis (KILINCER 1972). Bei *S. littoralis*, *H. armigera* und *C. pomonella* erfolgte die Zucht zunächst in Gruppen von 20 Raupen in 250 ml Kunststoffbechern, nach sieben Tagen wurden die Tiere auf mehrere Becher zu je maximal fünf Raupen aufgeteilt. Künstliche Diäten auf Weizenkeim- und Bohnenbasis sowie eine im Handel als Prämix angebotene „*Heliothis*-Diät" (Andermatt Biocontrol AG) wurden getestet und hinsichtlich Raupenmortalität, Entwicklungsdauer und Puppengewicht verglichen. Die Zucht erfolgte bei einer konstanten Temperatur von 25°C und einer Photoperiode von 16 Stunden Licht und 8 Stunden Dunkelheit (Langtag).

Parasitische Wespen *P. turionellae* und *I. maculator*: Adulte Wespen wurden in Käfigen in Gruppen von bis zu 20 Tieren gehalten und mit Wasser und Honig versorgt. Die Zucht der parasitischen Wespen erfolgte über die Eiablage in Wirtspuppen, die auf Pappkartonplatten mit ausgestanzten Nischen angeboten wurden, um die Puppen zu fixieren und den Anstich der Wespen (Parasitierung) zu erleichtern. Die Zahl der zeitgleich angebotenen Puppen entsprach in etwa der Anzahl der Wespenweibchen pro Käfig. Parasitierte Puppen wurden bis zum Schlupf der adulten Wespen bei Raumtemperatur und natürlichen Lichtverhältnissen gehalten.

Wirtseignung für *P. turionellae* und *I. maculator*: Puppen von *G. mellonella*, *S. littoralis* und *H. armigera* in zufälliger Anordnung auf Pappkartonplatten wurden gleichzeitig *P. turionellae* Weibchen im Käfig für 15 Minuten angeboten. Es wurden elf Wiederholungen mit je 6-12 Puppen pro Käfig durchgeführt. Anschließend wurde der Anteil der sich aus den Puppen entwickelnden Wespen (erfolgreich parasitiert) bzw. Falter und nicht geschlüpfter Puppen (nicht erfolgreich parasitiert) erhoben. Ein möglicher Einfluss des Kokons von *G. mellonella* Puppen, der unmittelbar vor der Verpuppung aus Spinnfäden gebildet wird, auf den Parasitierungserfolg wurde methodisch analog durchgeführt. Puppen im Kokon und aus dem Kokon ausgelöste Puppen wurden parallel angeboten. Für *P. turionellae* wurden vier Wiederholungen, für *I. maculator* fünf Wiederholungen durchgeführt.

Optimierung der Zucht: Zur Ermittlung der optimalen Expositionsdauer der Wirtspuppen in den Wespenkäfigen wurde für *P. turionellae* ein Versuch mit vier Wiederholungen und insgesamt 72 Puppen von *G. mellonella* durchgeführt. Hierfür wurden jeweils neun Puppen nacheinander für 10 bzw. 60 Minuten im gleichen Wespenkäfig (mit je 10-15 Weibchen/Käfig) bereitgestellt, wobei die Reihenfolge der Varianten mit jeder Wiederholung gewechselt wurde. Anschließend wurde der Parasitierungserfolg ermittelt. Zusätzlich wurden auch Daten aus der regulären Zucht, außerhalb des Versuchssettings, ausgewertet.

Haltungsbedingungen während der Entwicklung von *P. turionellae*: Der Einfluss der Umgebungsbedingungen auf die Entwicklung von *P. turionellae* wurde zwischen Jänner und April 2022 bei insgesamt 50 Puppen untersucht, die im Anschluss an die Parasitierung entweder bei Raumtemperatur und natürlicher Photoperiode oder im Klimaschrank unter Langtagbedingungen bei 20°C Tagestemperatur (16 Stunden) und 15°C Nachttemperatur (8 Stunden) gelagert wurden. Der Anteil an geschlüpften Wespen bzw. Faltern wurde dokumentiert. Puppen, aus welchen kein Schlupf erfolgte, wurden nach 35-40 Tagen seziert und auf das Vorhandensein abgestorbener, unvollständig entwickelter Wespenstadien untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Auswahl der Parasitoiden: Vier Parasitoidenarten wurden für weiterführende Zuchtversuche ausgewählt. Erste Ergebnisse liegen für die beiden Puppenparasitoide *Itoplectis maculator* und vor allem *Pimpla turionellae* vor. *Pimpla turionellae* zählt zu den häufigsten Schlupfwespenarten in mitteleuropäischen Eichenwäldern (SEBALD und GOSSNER 2006). Die Art ist ausgesprochen polyphag. Zu den Wirtsarten zählen zahlreiche Wickler-Arten, Spanner werden nur vereinzelt als Wirte beschrieben. Im Labor lassen sich bis zu 12 Generationen jährlich ohne Unterbrechung züchten (SAMSØE-PETERSEN et al. 1989). *Itoplectis maculator* ist ein ebenfalls ausgesprochen polyphager Puppenparasitoid. Zu seinen Wirtsarten zählen zahlreiche Wickler-Arten, *I. maculator* gilt als einer der bedeutendsten Antagonisten des Grünen Eichenwicklers. Auch Puppen von Raupenfliegen (Dip., Tachinidae) und Puppen anderer Schlupfwespen (Hym., Ichneumonidae), die ebenfalls Gegenspieler von Schadinsekten sind, werden als potenzielle Wirte genannt (ZWÖLFER und KRAUS 1957).

Zucht der Alternativwirte: *Galleria mellonella* stellte sich als die am einfachsten und effizientesten zu züchtende Art unter den Alternativwirten dar. Umfangreiche Erfahrungen zur Laborzucht und der Eignung als Ersatzwirt für zahlreiche parasitische Insekten liegen seit Jahrzehnten vor (KILINCER 1972). Bei *S. littoralis* und *H. armigera* erlaubten Weizenkeim-Diät und „*Heliothis*-Diät“ gleichermaßen eine erfolgreiche Entwicklung, ohne signifikante Unterschiede bei Puppengewicht und Mortalität. Verschiedene Bohnendiätrezepturen erwiesen sich bei beiden Arten hingegen als wenig geeignet. Die Mortalität im Zeitraum von Raupenschlupf bis zur Verpuppung lag bei *H. armigera* bei etwa 20 %, wobei vor allem ältere Raupen betroffen waren, die Todesursache allerdings unklar blieb. Bei *S. littoralis* lag die Mortalität bei 60-75 %, besonders betroffen waren Altraupen. Hier wird Kannibalismus vermutet. Die Einzelhaltung älterer Raupen könnte bei deutlich erhöhtem Arbeitsaufwand die Mortalität vermutlich stark reduzieren. Bei *C. pomonella* verstarben etwa 80 % der Raupen innerhalb der ersten sieben Tage nach dem Raupenschlupf. Unmittelbar vor der Verpuppung starben weitere 25-50 % der Altraupen. Stichprobenartige lichtmikroskopische Untersuchungen von Raupenkadavern zeigten durchwegs hohe Bakteriendichten in den Kadavern. Während sich die Mortalitätsraten zwischen Weizenkeim- und „*Heliothis*-Diät“ nicht unterschieden, lag das durchschnittliche Puppengewicht bei der „*Heliothis*-Diät“ signifikant höher (+19 %). Die Bohnendiätrezepturen erwiesen sich auch für *C. pomonella* als nicht geeignet.

Wirtseignung für *P. turionellae*: *Pimpla turionellae* entwickelte sich erfolgreich in den Puppen sämtlicher Schmetterlingsarten, die zur Parasitierung angeboten wurden, unter anderem auch in *O. brumata* und *Lymantria dispar* (Lep., Erebidae). Im Vergleich zu *H. armigera* und *S. littoralis* war allerdings ein signifikant höherer Entwicklungserfolg in *G. mellonella* Puppen gegeben (Tab. 1), zwischen den beiden erst genannten Arten wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt. Ein wesentlicher Faktor ist vermutlich die weiche Puppenhaut von *G. mellonella*. Bei den harten und sehr beweglichen Puppen von *H. armigera* und *S. littoralis* kam es deutlich öfter zu nicht erfolgreichen Anstichversuchen. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die im Versuch verwendeten Wespen am stärksten an *G. mellonella* gewöhnt waren.

Tabelle 1: **Wirtspräferenz und Parasitierungserfolg von *Pimpla turionellae* nach 15-minütiger Exposition mit unterschiedlichen Wirtspuppen. Die hochgestellten Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (χ^2-Test).**

	Stichprobengröße	**Parasitierungserfolg (%)**
Galleria mellonella	33	42^a
Spodoptera littoralis	39	15^b
Helicoverpa armigera	39	18^b

Der Kokon von *G. mellonella* Puppen stellte sich für *P. turionellae* Weibchen als hinderlich heraus (Tab. 2). Bei aus dem Kokon ausgelösten Puppen zeigte sich ein tendenziell höherer Parasitierungserfolg und vor allem auch ein signifikant erhöhter Anteil abgestorbener Puppen, der vor allem auf das sogenannte „host-feeding“ (Hämolymph-Aufnahme von Wespenweibchen aus Wirtspuppen) zurückzuführen ist. Zwar entwickeln sich in diesem Fall keine Nachkommen der Wespe, der Wirt stirbt jedoch ab. Somit ist das „host-feeding“ ein nicht zu unterschätzender Faktor in der regulativen Kapazität eines Parasitoiden.

Wirtseignung für *I. maculator*: *Itoplectis maculator* entwickelte sich ausschließlich in *G. mellonella* Puppen erfolgreich. Bei *H. armigera* und *S. littoralis* scheiterten die Weibchen stets beim Versuch die harte Puppenhaut mit dem Ovipositor zu durchdringen. Puppen von *O. brumata* wurden zwar angestochen, jedoch kam es in keinem Fall (n = 30) zu einer erfolgreichen Wespenentwicklung. Die Eignung von *C. pomonella* wurde nicht untersucht, da keine Puppen zeitgleich mit *I. maculator* Weibchen vorhanden waren. Bei den gegenüber *P. turionellae* etwas

kleineren und weniger kräftigen *I. maculator* Weibchen scheint ein dünner Kokon die Parasitierung zu erleichtern, in dem die Puppe fixiert und in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt ist. Bei den *G. mellonella* Puppen mit Kokon konnte eine signifikant höhere Parasitierungsrate, aber auch ein höhere „host-feeding“ Rate beobachtet werden (Tab. 2).

Tabelle 2: **Einfluss des Kokons von *Galleria mellonella* Puppen auf den Parasitierungserfolg für *Pimpla turionellae* und *Itoplectis maculator*. Die hochgestellten Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Fisher's exact test).**

	n	Wespenschlupf (%)	Falterschlupf (%)	kein Schlupf (%)
Pimpla turionellae				
mit Kokon	26	23[a]	69[a]	8[a]
ohne Kokon	26	35[a]	31[b]	35[b]
Itoplectis maculator				
mit Kokon	34	15[a]	56[a]	29[a]
ohne Kokon	33	0[b]	85[b]	15[a]
Kontrolle (nicht par.)	30	0	97	3

Optimierung der Zuchtmethode von *P. turionellae*: Die optimale Expositionsdauer der *G. mellonella* Puppen liegt im Bereich von etwa 10 Minuten. Im beschriebenen Versuchssetting entwickelten sich bei 10-minütiger Exposition aus 61 % der Puppen Wespen, bei 60-minütiger Exposition hingegen nur aus 14 %. Ergänzende Daten aus der Dauerzucht zeigen, dass sich bei längerer Exposition die Ausbeute an Wespennachkommen nicht steigern lässt, während der Anteil an durch „host-feeding“ abgetöteten Puppen stark zunimmt (Tab. 3).

Tabelle 3: **Einfluss der Expositionsdauer von *Galleria mellonella* Puppen auf den Parasitierungserfolg von *Pimpla turionellae*. Die hochgestellten Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Fisher's exact test).**

Exposition	n	Wespenschlupf (%)	Falterschlupf (%)	kein Schlupf (%)
~ 60 Minuten	89	39[a]	30[a]	30[a]
2-3 Tage	49	35[a]	4[b]	61[b]

Bei Lagerung der Puppen unter Raumbedingungen kam es in 42 % der Puppen zu einer unvollständigen endoparasitischen Entwicklung, bei der die Tiere vor dem Schlupf starben. Bei Aufbewahrung der Wirtspuppen im Klimaschrank trat dieses Problem hingegen nicht auf (Tab. 4). Nachdem die endoparasitische Entwicklung von *P. turionellae* laut Literatur auch bei permanenter Dunkelheit kaum beeinträchtigt ist, dürfte das nicht erfolgreiche Schlüpfen der Wespen vermutlich nicht auf die kurze Photoperiode, sondern auf die geringe Luftfeuchtigkeit zurückzuführen sein, die ein Vertrocknen der Tiere bewirkte (SCHULTZ und KOK 1980).

Tabelle 4: **Einfluss der Lagerung von *Galleria mellonella* Puppen nach Parasitierung durch *Pimpla turionellae* auf den Parasitierungserfolg. Hochgestellte Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Fisher's exact test).**

Lagerung	Laborzimmer (n = 24)	Klimaschrank (n = 26)
Wespenschlupf (%)	38[a]	65[b]
unvollständige Wespenentwicklung (%)	42[a]	0[b]
Falterschlupf (%)	13[a]	31[a]

Zusammenfassung

Der Beitrag befasst sich mit laufenden Versuchen zur Laborzucht von heimischen Parasitoiden des Kleinen und Großen Frostspanners (*Operophtera brumata* und *Erannis defoliaria*) sowie des Grünen Eichenwicklers (*Tortrix viridana*). Beschrieben wird die Auswahl potenziell geeigneter Parasitoidenarten und ihrer Alternativwirte sowie die praktische Durchführung einer Dauerzucht unter Laborbedingungen. Als Alternativwirte wurden vier Schmetterlingsarten getestet:

(1) die Große Wachsmotte *Galleria mellonella*, (2) der Afrikanische Baumwollwurm *Spodoptera littoralis*, (3) die Baumwoll-Kapseleule *Helicoverpa armigera* und (4) der Apfelwickler *Cydia pomonella*. Erste Ergebnisse zur Parasitoidenzucht liegen für die Schlupfwespen *Pimpla turionellae* und *Itoplectis maculator* vor. *Pimpla turionellae* entwickelte sich im Labor in verschiedenen Wirtspuppen erfolgreich, zeigte jedoch eine deutliche Präferenz für *G. mellonella*. Bei *I. maculator* gelang eine erfolgreiche Laborzucht bisher nur an Puppen von *G. mellonella*.

Abstract

The paper discusses current experiments on laboratory rearing of native parasitoids of the winter moth (*Operophtera brumata*), the mottled umber moth (*Erannis defoliaria*), and the green oak leaf roller (*Tortrix viridana*). We describe the selection of potentially suitable parasitoids and alternate hosts as wells as the rearing techniques to establish permanent colonies in the laboratory. Four lepidopteran species were tested as factitious hosts, (1) the greater wax moth *Galleria mellonella*, (2) the cotton leafworm *Spodoptera littoralis*, (3) the cotton bollworm *Helicoverpa armigera*, and (4) the codling moth *Cydia pomonella*. First results are available for the ichneumonid wasps *Pimpla turionellae* and *Itoplectis maculator*. *Pimpla turionellae* developed successfully on several alternate host pupae, however, with a clear preference for *G. mellonella*. *Itoplectis maculator* developed successfully only in pupae of *G. mellonella*.

Literatur

DU MERLE P, 1999: Egg development and diapause: ecophysiological and genetic basis of phenological polymorphism and adaptation to varied hosts in the green oak tortrix, *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae). J Insect Physiol 45, 599-611.

FEDDE V H, FEDDE G F und DROOZ A T, 1982: Factitious hosts in insect parasitoid rearings. Entomophaga 27, 379-386.

KILINCER N, 1972: Untersuchungen über die hämocytäre Abwehrreaktion der Puppe von *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera) und über ihre Hemmung durch den Puppenparasiten *Pimpla turionellae* L. (Hym., Ichneumonidae). Z ang Ent 78, 340-370.

PETERSON N A und NILSSEN A C, 1998: Late autumn eclosion in the winter moth *Operophtera brumata*: compromise of selective forces in life-cycle timing. Ecol Entomol 23, 417-426.

SAMSØE-PETERSEN L, BIGLER, F, BOGENSCHÜTZ H, BRUN J, HASSAN S A HELYER N L, KÜHNER C, MANSOUR F, NATON E, OOMEN P A, OVERMEER W P J, POLGAR, L, RIECKMANN W und STÄUBLI A, 1989: Laboratory rearing techniques for 16 beneficial arthropod species and their prey/hosts. J Plant Dis Prot 96, 289-316.

SEBALD H und GOSSNER M, 2006: Ichneumonidae aus verschiedenen Waldgebieten Bayerns – Ein Vergleich zwischen Straten und Baumarten. Beitr bayr Entomof 8, 13-41.

SCHULTZ P B und KOK L T: Physical factors affecting laboratory rearing of the pupal parasite *Coccygomimus turionellae*. Ann Entomol Soc Am 73, 522-525.

ZWÖLFER H und KRAUS M, 1957: Biocoenotic studies on the parasites of two fir- and two oak-tortricids. Entomophaga 2, 173-196.

Adressen der Autoren

Universität für Bodenkultur, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

*Ansprechpartner: DI Thomas ZANKL, thomas.zankl@boku.ac.at

Der Einfluss von nachhaltiger Landbewirtschaftung auf Bodenkohlenstoffdynamiken

The influence of sustainable agricultural management on soil organic carbon dynamics

Sabine Huber[1*], Christoph Rosinger[1,2], Luca G. Bernardini[1], Orracha Sae-Tun[2], Katharina M. Keiblinger[2] und Gernot Bodner[1]

Einleitung

Die langfristige Speicherung von organischem Kohlenstoff in Böden gewinnt immer mehr an Bedeutung. Durch Landnutzungsänderungen kam und kommt es vor allem im Ackerbau zu Verlusten an Humusvorräten (SANDERMAN et al., 2017). Um effektive und wirksame Strategien zur Erhöhung der Kohlenstoffgehalte zu entwickeln, sind on-farm Untersuchungen besonders wichtig, da sie die landwirtschaftliche Praxis widerspiegeln. In unserem Beitrag vergleichen wir unterschiedliche Bewirtschaftungssysteme landwirtschaftlicher Betriebe, um realistische Humusaufbaupotenziale abschätzen zu können. Wir legen dabei einen speziellen Fokus auf Mikroorganismen, da sie eine maßgebliche Rolle bei der Stabilisierung von Kohlenstoff spielen.

Material und Methoden

Standorte, Bewirtschaftungssysteme, Beprobung: In die Auswertung wurden 21 Standorte in Niederösterreich und dem Burgenland miteinbezogen, deren breites Spektrum an Bodentypen und Texturen repräsentativ für die Ackerbaugebiete in Ostösterreich ist. Dabei wurden auf jedem Standort angrenzende Flächen mit gleichen Grundbodeneigenschaften beprobt, die sich in ihrer Nutzung unterscheiden: (i) Pionierflächen von Betrieben, die durch ihr Bodenmanagement gezielt die Bodenfruchtbarkeit verbessern und Humusvorräte erhöhen; (ii) Flächen unter praxisüblicher Bewirtschaftung ohne besonderen Fokus auf Humusaufbau; und (iii) naturnahe Referenzflächen mit dauerhafter Vegetation ohne landwirtschaftliche Nutzung (z.B. Ackerrand, Dauerwiese, Heckenstreifen). Pionierbetriebe zeichnen sich u.a. durch den Anbau von biodiversen Zwischenfrüchten, Einsatz von organischen Düngemitteln (Kompost, Wirtschaftsdünger), vielfältige Fruchtfolgen und reduzierte Bodenbearbeitung aus. Die Bodenproben wurden bis zu einer Tiefe von 35 cm in drei Tiefenstufen (0 – 5, 5 – 20, 20 – 35) entnommen und anschließend im Labor analysiert. Laboranalysen: Der organische Gesamtkohlenstoff wurde durch Elementaranalyse und das Scheibler-Verfahren nach ÖNORM 1080 bzw. 1084 ermittelt, wobei mithilfe der Lagerungsdichte Kohlenstoffvorräte berechnet werden konnten. Die gelöste Kohlenstofffraktion wurde mittels UV-Vis Spektralphotometrie gemessen (BRANDSTETTER et al., 1996). Für die Evaluierung der mikrobiellen Biomasse wurde die Chloroform-Fumigation-Extraktions-Methode verwendet (VANCE et al., 1987). Die Bestimmung der mikrobiellen Nekromasse erfolgte über die Extraktion und Messung von Aminozuckern nach APPUHN et al. (2004) und INDORF et al. (2011).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse in Abbildung 1 zeigen einen Trend von erhöhten Humusmengen in den Pionierflächen im Vergleich zur Standardbewirtschaftung. Vor allem in leichten und mittleren Böden wurde ein hohes Veränderungspotenzial (+ 37 % bzw. + 26 %) festgestellt. Diese Steigerungen liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie Ergebnisse einer Metastudie von XU et al. (2020) für die Auswirkung kombinierter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf organische Kohlenstoffgehalte in landwirtschaftlich genutzten Böden. Die relativ kleinere Zunahme des organischen Kohlenstoffs mit der Bodenschwere lässt sich u.a. durch die stärkere Aggregatbildung bei zunehmenden Tongehalten erklären. Die seminatürlichen Referenzböden unterscheiden sich deutlich von der Standardbewirtschaftung und weisen generell die höchsten Humusmengen in allen Texturklassen auf.

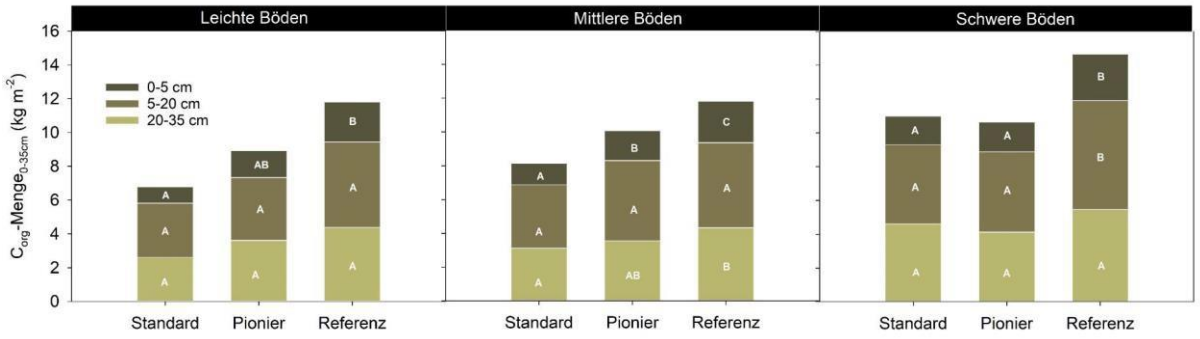


Abbildung 1: **Gestapeltes Säulendiagramm der organischen Kohlenstoffmengen (kg m-2) für leichte (< 15 % Ton Anteil), mittlere (15 - 20 % Ton Anteil) und schwere (> 20 % Ton Anteil) Böden und unterschiedliche Bewirtschaftungssysteme (Standard, Pionier, Referenz). Unterschiedliche Tiefenstufen sind farblich gekennzeichnet (dunkelbraun: 0 - 5 cm, mittelbraun: 5 - 20 cm, hellbraun: 20 - 35 cm). Großbuchstaben zeigen Signifikanzniveaus zwischen Managementsystemen innerhalb der jeweiligen Tiefenstufe an.**

Obwohl nur ein geringer Anteil des organischen Materials in Böden aus lebenden Mikroorganismen besteht, spielt die Abundanz an Mikroben für den Humusaufbau eine bedeutende Rolle. Aktuelle Studien zeigen, dass die Akkumulation von mikrobieller Nekromasse, also mikrobielle Überreste nach dem Absterben, und deren Bindung an mineralische Oberflächen sowie in Aggregaten stark zur Kohlenstoffstabilisierung beitragen (BASILE-DOELSCH et al., 2020). Weiters dürften Inputs in Form von gelöstem Kohlenstoff beispielsweise über Wurzelexsudate als leicht verfügbare Ressourcen für Mikroorganismen und somit für den Aufbau organischen Kohlenstoffs besonders wichtig sein (LIANG et al., 2017; SOKOL et al., 2019). Abbildung 2 illustriert Konzentrationen an gelöstem Kohlenstoff in den jeweiligen Bewirtschaftungssystemen. Pionierbetriebe weisen hierbei um 29 % höhere Messwerte im Vergleich zum Standardsystem auf. Die Referenz-Werte waren um im Mittel etwa doppelt so hoch.

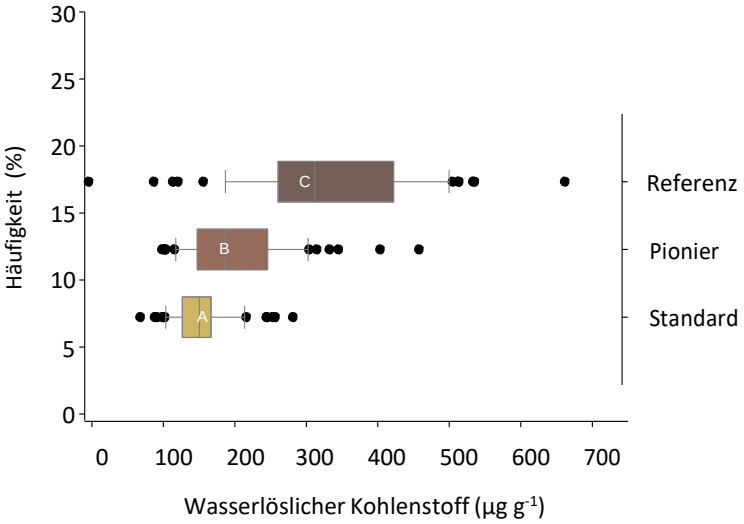


Abbildung 2: **Boxplot des in Wasser gelösten Kohlenstoffs (µg g^{-1}) in Relation zur Häufigkeit der vorkommenden Messwerte. Die Farben beziehen sich auf die unterschiedlichen Bewirtschaftungssysteme (Standard, Pionier, Referenz); Großbuchstaben zeigen Signifikanzniveaus (t-test) zwischen den Managementsystemen an.**

Ein ähnlicher Trend ist in Abbildung 3 erkennbar, in der die mikrobielle Biomasse für Standard, Pionier und Referenzflächen dargestellt ist. Hier wurde im Vergleich zum Standardsystem eine Steigerung der mikrobiellen Biomasse von + 41 % in Pionierproben bzw. ca. + 97 % in Referenzflächen festgestellt.

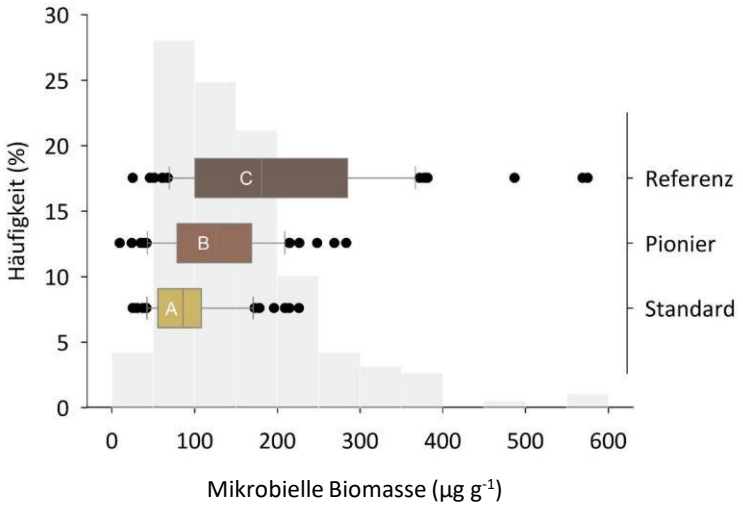


Abbildung 3: **Boxplot der mikrobiellen Biomasse (µg g^{-1}) in Relation zur Häufigkeit der vorkommenden Messwerte. Die Farben beziehen sich auf die unterschiedlichen Bewirtschaftungssysteme (Standard, Pionier, Referenz); Großbuchstaben zeigen Signifikanzniveaus (t-test) zwischen den Managementsystemen an.**

Die Untersuchungen zeigen, dass die Kombinationen bodenverbessernder Maßnahmen, die von Pionierbetrieben umgesetzt wurden, zu höheren Humusgehalten führen. Das theoretisch mögliche Aufbaupotenzial, dargestellt durch die Analyse seminatürlicher Referenzflächen, wurde dadurch jedoch (noch) nicht erreicht. Die Förderung der Mikrobiologie dürfte ein Schlüsselfaktor für den langfristigen Aufbau von organischer Substanz sein, da sie für biogeochemische Prozesse des Humusaufbaus und Bodenstrukturstabilisierung in Ackerböden hauptverantwortlich ist.

Zusammenfassung

Die langfristige Speicherung von Kohlenstoff in landwirtschaftlichen Böden hat in letzter Zeit immer mehr an Bedeutung gewonnen (Stichwort „carbon farming“) und ist dezidiertes Ziel der EU Mission Soil Health. Mikroorganismen sind hierbei die wichtigsten Mediatoren und tragen stark zur Anreicherung von organischem Kohlenstoff in Böden bei. In unserem Beitrag wollen wir zeigen, welches Kohlenstoffspeicherungspotential nachhaltige Landwirtschaftsmethoden haben. Hierzu vergleichen wir sogenannte Pionierbetriebe, welche sich durch die Umsetzung von bodenfreundlichen Maßnahmen wie z.B. Minimalbodenbearbeitung und artenreichen Zwischenfruchtanbau auszeichnen, mit konventionell wirtschaftenden Betrieben. Böden wurden auf unterschiedliche Kohlenstofffraktionen (gesamt, in Lösung, in mikrobieller Biomasse und Nekromasse) entlang des Bodenprofils (0 – 35 cm) analysiert. Wir vergleichen beide Systeme mit „ungestörten“ Referenzbodensystemen, um diese Speicherungspotentiale in ihrer Größenordnung einschätzen zu können. Wir versuchen weiters, Bodenkohlenstoffdynamiken aus mikrobieller sowie bodenchemischer und –physikalischer Sichtweise zu verstehen und zu erfassen.

Abstract

The long-term storage of carbon in agricultural soils has recently become increasingly important (keyword "carbon farming") and is a decided goal of the EU Soil Health Mission. Microorganisms are thereby the most important mediators and contribute strongly to the accumulation of organic carbon in soils. In our contribution we want to show the carbon sequestration potential of sustainable farming

methods. For this purpose, we compare so-called pioneer farms, which are characterized by the implementation of soil-friendly measures such as minimum tillage and species-rich intercropping, with conventionally managed farms. Soils were analyzed for different carbon fractions (total, in solution, in microbial biomass and necromass) along the soil profile (0 - 35 cm). We compare both systems with "undisturbed" reference soil systems to estimate the magnitude of these storage potentials. We further try to understand and record soil carbon dynamics from a microbial as well as soil chemical and physical point of view.

Literatur

APPUHN, A., JOERGENSEN, R. G., RAUCHBUCH, M., SCHELLER, E. & WILKE, B. (2004). The automated determination of glucosamine, galactosamine, muramic acid, and mannosamine in soil and root hydrolysates by HPLC. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 167(1), 17-21.

BASILE-DOELSCH, I., BALESDENT, J. & PELLERIN, S. (2020). Reviews and syntheses: The mechanisms underlying carbon storage in soil. Biogeosciences 17, 5223-5242.

BRANDSTETTER, A., SLETTEN, R. S., MENTLER, A. & WENZEL, W. W. (1996). Estimating dissolved organic carbon in natural waters by UV absorbance (254 nm). Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences, 159(6), 605-607.

INDORF, C., DYCKMANS, J., KHAN, K. S. & JOERGENSEN, R. G. (2011). Optimisation of amino sugar quantification by HPLC in soil and plant hydrolysates. Biology and Fertility of Soils 47(4), 387-396.

LIANG, C., AMELUNG, W., LEHMANN, J., & KÄSTNER, M. (2019). Quantitative assessment of microbial necromass contribution to soil organic matter. Glob Change Biology 25, 3578– 3590.

SANDERMAN, J., HENGL, T., & FISKE, G. J. (2017). Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(36), 9575-9580.

SOKOL, N. W., KUEBBING, S. E., KARLSEN-AYALA, E. & BRADFORD, M. A. (2019). Evidence for the primacy of living root inputs, not root or shoot litter, in forming soil organic carbon. New Phytologist 221, 233-246.

VANCE, E. D., BROOKES, P. C. & JENKINSON, D. S. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology & Biochemistry 19, 703–707.

XU, S., SHENG, C. & TIAN, C. (2020). Changing soil carbon: influencing factors, sequestration strategy and research direction. Carbon Balance and Management 15, 2.

Adressen der Autoren

[1] Institut für Pflanzenbau, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad-Lorenz Straße 24, A-3430 Tulln

[2] Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

[*] Ansprechpartner: DI Sabine HUBER, sabine.huber@boku.ac.at

Einfluss von langfristigem Anbaumanagement auf die mikrobielle Gemeinschaft im Boden und in der Rhizosphäre der Pflanze

Impact of long-term farming practices on soil and rhizosphere microbiota

Rita Grosch[1], Loreen Sommermann[2], Jan Helge Behr[1], Narges Moradtalab[3], Soumitra Paul Chowdhury[4], Joerg Geistlinger[2], Günter Neumann[3], Kornelia Smalla[5] und Doreen Babin[5]

Einleitung

Der Boden ist eine der wichtigsten Ressourcen der Erde mittels derer nahezu 90 Prozent unserer Nahrungsmittel und pflanzenbaulichen Produkte erzeugt werden. Böden sind komplexe und dynamische Ökosysteme, in denen eine Vielzahl an Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze leben, die zusammengefasst auch als mikrobielle Gemeinschaft bzw. Boden-Mikrobiota bezeichnet werden. Für die Bodenfruchtbarkeit ist die Boden-Mikrobiota von enormer Bedeutung, da Mikroorganismen in nahezu alle wichtigen Bodenprozesse involviert sind. Intensive landwirtschaftliche Produktionsstrategien tragen jedoch zu Bodendegradierung, erhöhter Erosion, Eutrophierung von Grund- und Oberflächenwasser und zur Anreicherung von resistenten Pflanzenpathogenen im Feld bei. Derzeit fehlen Kenntnisse dazu, wie landwirtschaftliche Anbaumaßnahmen die mikrobielle Gemeinschaft im Boden beeinflussen und welche Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und -gesundheit damit verbunden sind (Berg et al. 2017, Hartmann et al. 2015, Hol et al. 2015, Lapsansky et al. 2016, Widder et al. 2016). Ziel der Arbeit ist, den Einfluss von landwirtschaftlichen Maßnahmen sowohl auf die Boden-Mikrobiota und besonders auf die Mikrobiota in der Rhizosphäre der Pflanze zu untersuchen. Die Rhizosphäre ist der unmittelbare Raum, in dem die Pflanzenwurzel mit dem sie umgebenden Boden und den Bodenmikroorganismen interagiert, deren Aktivität für sich nutzt oder auch von ihnen beeinträchtigt wird. Nicht nur der Boden, sondern auch die Pflanzen selbst sind mit einer Vielzahl an Mikroorganismen assoziiert, die entscheidend Wachstum aber auch den Umgang der Pflanze mit Stress (ausgelöst z.B. durch Pathogene, Trockenheit) positiv oder negativ beeinflussen können.
Die Erhaltung von Bodengesundheit und -fruchtbarkeit zur Deckung des steigenden Nahrungs- und Energiebedarfs ist eine der größten Herausforderungen für die Landwirtschaft.

Material und Methoden

Zur Untersuchung des Einflusses von langfristigen landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Boden- und Rhizosphären-Mikrobiota wurden Böden aus verschiedenen Bearbeitungsstrategien aus dem Langzeitfeldversuch (LTE-1) in Bernburg-Strenzfeld (Hochschule Anhalt) entnommen (Tabelle 1). Analysiert wurde der Einfluss der Bodenbearbeitung (Pflug; reduzierte Bodenbearbeitung), der N-Düngungsintensität (Standard N-Düngung, übliche Anwendung von Pflanzenschutzmittel; N-Düngung 50%, keine Anwendung von Fungiziden) sowie der aktuellen Kultur (Weizen, Raps). Unter kontrollierten Bedingungen wurde die Modellpflanze Salat (cv. Tizian) in diesen Böden kultiviert (20°C/15°C, 420 µmol m^{-2} s^{-1} photosynthetisch aktive Strahlung, 60 %/80 % relative Luftfeuchtigkeit bei 16 h/8 h Tag/Nacht) und nach einer Kulturdauer von 10 Wochen das Wachstum von Salat bestimmt sowie Proben zur Analyse der mikrobiellen Gemeinschaft entnommen.
Die Zusammensetzung und Diversität der prokaryotischen Gemeinschaften im Boden und in der Rhizosphäre in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Bearbeitung wurden mittels Hochdurchsatz-Illumina-Amplikonsequenzierung (MiSeq 2xPE250; Bakterien sowie Archaeen) der 16S rRNA Genfragmente, die zuvor aus der extrahierten Gesamt-mikrobiellen DNA amplifiziert wurden, untersucht. Das 16S rRNA Gen, kodierend für die 16S rRNA, welches Bestandteil der 30S-Untereinheit der prokaryotischen Ribosomen ist, dient als hervorragender phylogenetischer Marker für Bakterien und Archaeen. Des Weiteren wurde der Einfluss landwirtschaftlicher Praxis auf die mikrobielle Biomasse bestimmt.

Tabelle 1. **Untersuchte Bearbeitungsmaßnahmen im LTE-1 Versuch.**

	Bodenbearbeitung	Düngungsstrategie	Andere Anwendungen	Aktuelle Kultur/Vorkultur
P-Int-W	P	Int	PSM	Weizen/Raps
P-Ext-W	P	Ext	keine Fungizide	Weizen/Raps
CT-Int-W	CT	Int	PSM	Weizen/Raps
CT-Ext-W	CT	Ext	keine Fungizide	Weizen/Raps
P-Int-R	P	Int	PSM	Raps/Gerste
P-Ext-R	P	Ext	keine Fungizide	Raps/Gerste
CT-Int-R	CT	Int	PSM	Raps/Gerste
CT-Ext-R	CT	Ext	keine Fungizide	Raps/Gerste

Pflügende Bodenbearbeitung = P (Pflug, Boden wird gewendet), reduzierte Bodenbearbeitung = CT (Boden wird nicht gewendet), Standard N-Düngung = intensive Düngung (Int), N-Düngung 50% = extensive Düngung (Ext). PSM – Pflanzenschutzmittel

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse mit Bodenproben aus dem LTE-1 weisen einen reproduzierbaren signifikanten Einfluss der Bodenbearbeitung (P *vs.* CT) und der N-Düngungsintensität (Int *vs.* Ext) auf das Wachstum von Salat unter kontrollierten Bedingungen aus (Abb. 1). Bei jeweils gleicher N-Düngungsintensität (Int oder Ext) war bei reduzierter Bodenbearbeitung (CT) im Vergleich zu pflügender Bodenbearbeitung (P) ein signifikant positiver Einfluss auf die Sprossfrischmasse von Salat, entnommen nach der aktuellen Feldkultur Weizen, zu beobachten (Abb. 1A). Reduzierte N-Düngung (Ext) wirkte sich im Vergleich zur intensiven N-Düngung (Int) ebenfalls positiv auf das Wachstum von Salat aus, unabhängig von der aktuellen Feldkultur Weizen (W) oder Raps (R) (Abb. 1A, B). Ebenfalls unabhängig von der aktuellen Kultur wies Salat, kultiviert im Boden unter langfristiger intensiver N-Düngung (P-Int) die jeweils geringste Sprossfrischmasse auf (Abb. 1A, B). Im Gegensatz zur Vorkultur Raps war bei Weizen die höchste Frischmasse von Salat im Boden unter reduzierter Bodenbearbeitung und N-Düngung (CT-Ext-W) gegeben.

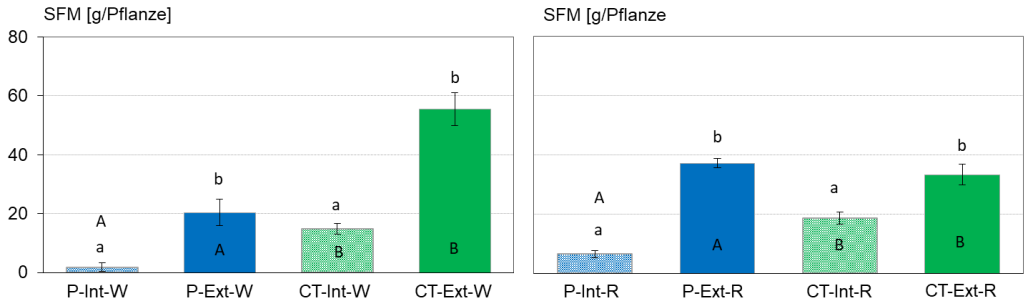


Abbildung 1: **Einfluss von landwirtschaftlichen Anbaumaßnahmen [Pflug (P) *vs.* reduzierte Bodenbearbeitung (CT); intensiver (Int) *vs.* extensiver (Ext) N-Düngung] auf die Frischmasse von Salat (SFM) (cv. Tizian), kultiviert in Böden aus dem Langzeitfeldversuch LTE-1. Vergleich des Einflusses von Bodenproben entnommen nach der aktuellen Kultur Weizen (W) (links) und Raps (R) (rechts). Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind mit kleinen Buchstaben gekennzeichnet, während Großbuchstaben Signifikanzen bei Vergleich von P *vs.* CT nach dem Tukey-Test ($P < 0{,}05$) anzeigen.**

Die Analyse der mikrobiellen Biomasse zeigte, dass reduzierte Bodenbearbeitung (CT) und N-Düngungsintensität (Ext) sich positiv auf die mikrobielle Biomasse im Boden auswirkte. Unabhängig vom Versuchsjahr war in diesen Böden die höchste mikrobielle Biomasse zu verzeichnen (Abb.2). Die Auswertung der Ergebnisse aller Bodenproben aus den Langzeitversuchen weisen eine Beziehung (R^2 = 0,51; $p < 0{,}05$) zwischen der Basalrespiration, der mikrobiellen Biomasse und der Biomasse der Modellpflanze Salat aus.

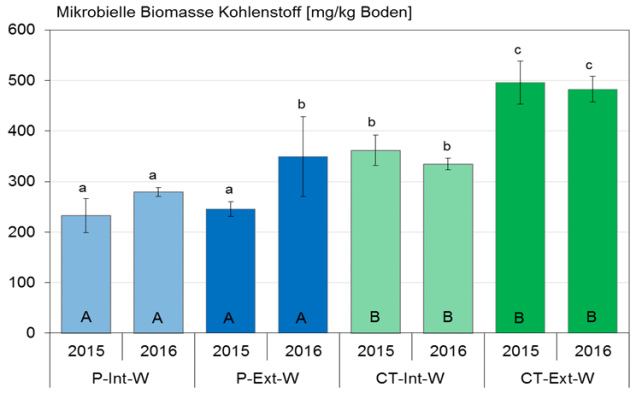


Abbildung 2: **Einfluss der Bodenbearbeitung sowie der N-Düngungsintensität [pflügende (P); reduzierte Bodenbearbeitung (CT); intensive N-Düngung (Int); extensive N-Düngung 50%N (Ext)] auf die mikrobielle Biomasse im Boden des LTE-1, entnommen nach der Vegetation 2015 und 2016. Verschiedene kleine Buchstaben weisen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten auf, während verschiedene Großbuchstaben signifikante Unterschiede von P *vs.* CT nach dem Tukey-Test (*P* < 0,05) aufzeigen.**

Der Vergleich der prokaryotischen Gemeinschaften in den verschieden bewirtschafteten Böden zeigte, dass sowohl die Bodenbearbeitung [pflügende (P) oder reduzierte (CT) Bodenbearbeitung] als auch die Vorfrucht (Mais oder Raps) von Winterweizen die Mikrobiota im Boden deutlich beeinflusst (Abb. 3A). Nach Kultivierung der Modellpflanze Salat in den verschieden bewirtschaften Böden des LTE-1 und der Analysen der mikrobiellen Gemeinschaften war zu beobachten, dass sich die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaften in der Rhizosphäre jeweils deutlich von der im kultivierten Boden unterschied (Abb. 3B). Des Weiteren wurde festgestellt, dass sich Bodenbearbeitung, aktuelle Feldkultur und N-Düngungsintensität auf die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaften in der Salatrhizosphäre auswirkte.

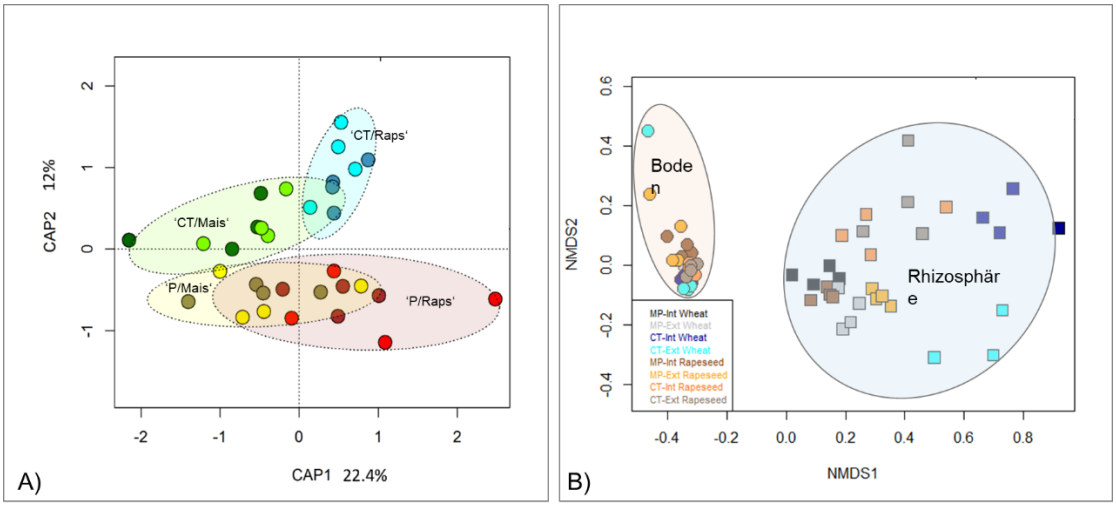


Abbildung 3: **Struktur der Gemeinschaft an Bakterien/Archaeen A) im Boden in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung [pflügende (P); reduzierte Bodenbearbeitung (CT); und der Vorfrucht (Mais oder Raps) des LTE-1, entnommen nach der Vegetation von Winterweizen und B) in der Rhizosphäre von Salat im Vergleich zu der im Boden, in denen Salat kultiviert wurde.**

Zusammenfassung

Der Boden ist eine unserer wichtigsten Ressourcen für die Produktion von ausreichend Nahrungsmitteln und pflanzlichen Produkten. Mikroorganismen sind in nahezu alle Bodenprozesse involviert und daher von großer Bedeutung für Bodenfruchtbarkeit und –gesundheit und letztlich die pflanzliche Produktivität. Diese mikrobielle Gemeinschaft im Boden und deren Funktionen ist jedoch durch den hohen Input

an Agrochemikalien und intensive Bewirtschaftung gefährdet. Derzeit fehlen jedoch Kenntnisse dazu, wie landwirtschaftliche Maßnahmen die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden und deren Funktionen beeinflussen. Ziel der Arbeit war den Einfluss von landwirtschaftlichen Anbaumaßnahmen auf die mikrobielle Gemeinschaft im Boden und in der Rhizosphäre zu untersuchen. Dazu wurden unterschiedlich bewirtschaftete Böden aus Langzeitversuchen entnommen und Salat in diesen Böden kultiviert. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass pflanzenbauliche Maßnahmen wie Bodenbearbeitung und Fruchtfolge entscheidend die mikrobielle Gemeinschaft im Boden beeinflussen aber auch die in der Rhizosphäre, welche sich jedoch deutlich von der Mikrobiota im Boden unterscheidet. Langfristige landwirtschaftliche Maßnahmen haben somit Auswirkungen auf die Pflanze-Mikroorganismen bzw. Boden-Interaktionen (Bodengedächtnis) mit Wirkung auf Gesundheit und Produktivität der Pflanze.

Abstract

The soil is one of our most important resource for production of sufficient food and plant products. Microorganisms are involved in nearly all processes in the soil and play a key role for soil fertility and health and therefore for plant productivity and health. The high input of agrochemicals and intensive agricultural management practices jeopardizes the soil microbial community. However, knowledge of the impact of farming practices on the soil microbial community and their function are still limited. Therefore, the goal of the work was to assess how agricultural management affects soil and rhizosphere associated microorganisms. Soil samples under different long-term agricultural management from a long-term field experiment were used for the cultivation of the model plant lettuce. The results highlighted that agricultural management practices such as tillage practice and crop rotation have a pronounced effect on the structure of microbial community in the soil. The microbial community in the rhizosphere differed from that in the soil. Agricultural management practices affect the interaction between the plant and microorganisms in the soil (plant-soil feedback) and therefore plant productivity and health.

Literatur

BERG G, KÖBERL M, RYBAKOVA D, MÜLLER H, GROSCH R, SMALLA K. 2017: Plant microbial diversity is suggested as the key to future biocontrol and health trends. FEMS Microbiology Ecology 93, fix050.

HARTMANN M, FREY B, MAYER J, MÄDER P, WIDMER F, 2015: Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. ISME J 9, 1177-1194.

HOL WHG, de BOER W, de HOLLANDER M, KURAMAE EE, MEISNER A, van der PUTTEN WH, 2015: Context dependency and saturating effects of floss of rare soil microbes on plant productivity. Frontiers Plant Science 6, 485, doi: 10.3389/fpls.2015.00485.

LAPSANSKY ER, MILROY AM, ANDALES MJ, VIVANCO JM, 2016: Soil memory as a potential mechanism for encouraging sustainable plant health and productivity. Current Opinion Biotechnology 38, 137-42.

WIDDER S, ALLEN RJ, PFEIFFER T et al. 2016: Challenges in microbial ecology: building predictive understanding of community function and dynamics. ISME Journal 10, 2557-2568.

Adressen der Autoren

[1]Leibniz Institut für Gemüse und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V., Theodor Echtermeyer Weg 1, 14979 Großbeeren

[2]Hochschule Anhalt, Fachbereich Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg

[3]Universität Hohenheim, Institute für Kulturpflanzenwissenschaften (340h), 70593 Stuttgart

[4]Helmholtz Zentrum München, Institut für Netzwerkbiologie, Ingolstaedter Landstraße 1 85764 Neuherberg

[5]Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Braunschweig, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

[*] Ansprechpartner: Rita Grosch, grosch@igzev.de

Die Ergebnisse des Projektes DiControl (Projekt ID: 031A560A-F) wurden im Rahmen der Fördermaßnahme BonaRes (Boden als nachhaltige Ressource), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), erarbeitet.

Temporäre N-Immobilisation nach Luzernen-Umbruch durch Modifikation des Boden C/N und deren Auswirkungen auf die N-Auswaschung und die Folgekultur

Temporary N-immobilization after alfalfa upheaval by soil C/N modification and its effect on N-leaching and main field culture

Andrea Schmid*, Johann Dorner und Alexander Eder

Einleitung

Die Luzerne wird als Futtermittel und zur natürlichen Stickstoffanreicherung des Bodens verwendet. Durch ihre hohe ober- und unterirdische Biomassebildung bleibt nach der Ernte viel Stickstoff (N) zurück. Wird dieser N bis in den Winter nicht verwertet, besteht das Risiko der N-Auswaschung. Besonders in Regionen mit geringer Grundwasserneubildung können die NO_3^--Konzentrationen dieser Sickerwässern den Grenzwert der Trinkwasserverordnung um ein Vielfaches überschreiten. Durch den Rückhalt von überschüssigen N im Boden bis ins Frühjahr könnte die N-Nutzungseffizienz erhöht und die Grundwassergefährdung reduziert werden. Im Rahmen dieser Arbeit soll eine temporäre N-Immobilisation durch zusätzlich in den Boden eingebrachtes organisches Material mit hohem C/N Verhältnis initiiert und die Auswirkungen hinsichtlich N-Auswaschung sowie der N-Verfügbarkeit bei der Folgefrucht bewertet werden.

Material und Methoden

Auf einer Versuchsfläche im semiariden Gebiet Österreichs (Neufeld a. d. Leitha) wurden im Bereich einer bereits bestehenden Messtelleneinrichtung 3 Plots mit jeweils 6 · 20 m angelegt. Die Plots unterschieden sich in der Zugabe des organischen Materials (OM) mit (a) Stroh (C/N: 93, 5 000 kg ha^{-1}), (b) Pferdemist (C/N: 43, 15 000 kg ha^{-1}) und (c) ohne Zugabe (= Vergleichsfläche). Die ausgebrachten Mengen beruhen auf der Annahme, dass 300 kg N ha^{-1} von der Luzerne im Feld zurückbleiben, mit dem Ziel ein C/N für optimale Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen zu schaffen. Das OM wurde nach zweimaligem Umbruch der Luzerne mittels Grubber in den Boden eingearbeitet. Um das Sickerwasser beziehungsweise die Bodenlösung zu gewinnen wurde jeder Plot mit Saugkerzen in den Tiefen 60 und 150 cm ausgestattet.

Die Bewertung des N-Auswaschungsrisikos erfolgte einerseits über periodische Messungen (alle 3 Wochen) des mineralischen Stickstoffs (N_{min}) in den Tiefen 0-30, 30-60 und 60-90 cm und andererseits über die Analyse des Sickerwassers (NO_3^- und NH_4^+).

Die Unterschiede in der N-Nutzungseffizienz zwischen den einzelnen Varianten wurden durch Ertrags- und Qualitätsbestimmungen der Folgefrucht bestimmt und dienten einer Einschätzung der Auswirkung von N-Immobilisation und zeitlich versetzter Remineralisierung auf die Entwicklung der Folgefrucht.

Ergebnisse und Diskussion

Nach dem Luzernen-Umbruch und der Einarbeitung mit dem Grubber stiegen die N_{min}-Gehalte bei allen Varianten, von 25 kg N ha^{-1} auf bis zu 230 kg N ha^{-1} bei der Vergleichsvariante ohne C/N Manipulation bzw. auf 147 kg N ha^{-1} bei den Varianten mit modifizierten C/N (Abb.1). Mit dem beginnenden Wachstum vom Weizen im zeitigen Frühjahr, wurde wieder vermehrt N aufgenommen und die N_{min}-Gehalte im Boden sanken bis kurz vor der Weizenernte.
Beim Vergleich der Varianten zeigt sich, dass die Vergleichsfläche um 56 % höhere N_{min}-Werte als die Stroh- bzw. Pferdemist-Varianten aufwies und damit ein deutlich höheres N-Auswaschungsrisiko darstellte.

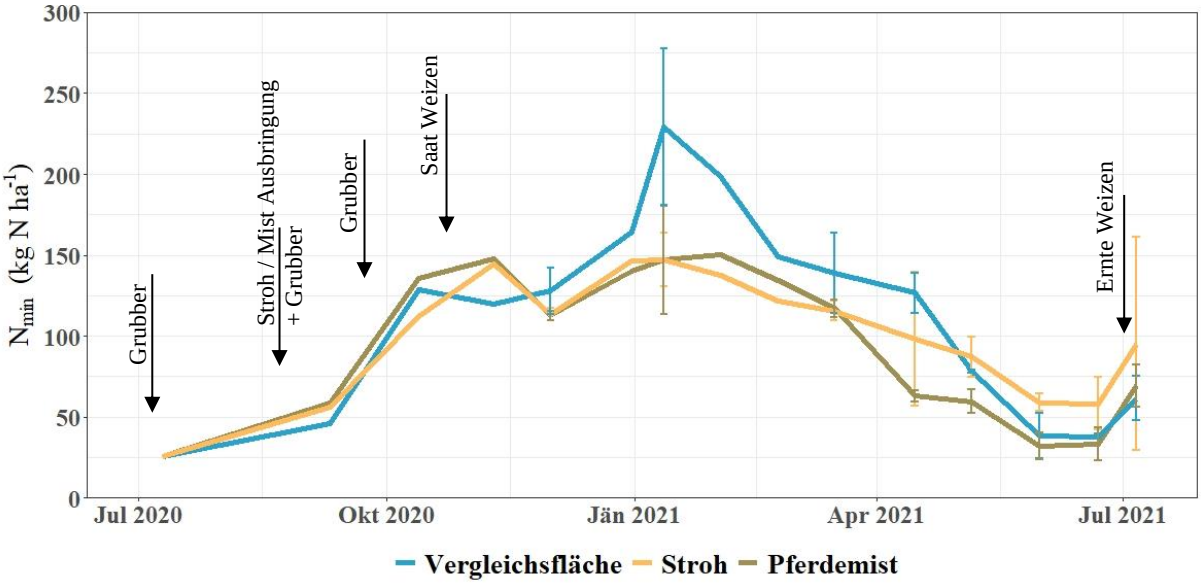


Abbildung 1: **Verlauf der N_{min}-Gehalte (0-90 cm) nach dem Luzernen-Umbruch unter Winterweizen**

Durch die Zugabe von OM konnte ein ausgeglicheneres C/N Verhältnis einstellt werden wodurch der mikrobielle Biomasseaufbau und somit die N-Verwertung begünstigt wurden. Das OM mit hohem C/N wurde nur zeitverzögert von den Mikroorganismen abgebaut und konnte für eine längere Zeit in mikrobieller Biomasse gebunden werden (MASUNGA et al., 2016; YANG et al., 2018). Der N_{min}-Peak wurde durch das größere C/N-Verhältnis bei den Stroh- bzw. Pferdemist-Varianten gedämpft und die Remineralisierung in den Zeitraum des Bedarfs zur Pflanzenentwicklung der Folgekultur verschoben, wie auch von MASUNGA et al., (2016) beobachtet. Auf der Vergleichsfläche befand sich nur hingegen nur leicht abbaubares OM der Luzerne. Die Luzernenreste mit einem niedrigem C/N Verhältnis (~12) wurden rasch mineralisiert (siehe HADAS et al., 2004).

Sickerwasser (SW) konnte bislang nur an zwei Terminen im Winter 2021 gewonnen werden. Anfang Februar lagen die NO_3^--Konzentrationen in 60 cm Tiefe auf der Vergleichsfläche bei 416 mg l^{-1} und damit um 42 bzw. 59 mg l^{-1} höher als auf der Stroh- und Pferdemistvariante. Zum selben Probenahmetermin war das Sickerwasser seit dem Umbruch noch nicht bis in 150 cm vorgedrungen. Die NO_3^--Konzentrationen lagen bei 15 und 26 mg l^{-1} bei der Vergleichsfläche und Pferdmistvariante. Von der Strohvariante konnte in 150 cm kein SW gewonnen werden. Mitte März lagen die die NO_3^--Konzentrationen unter der Vergleichsfläche in 60 cm Tiefe bei 523 mg · l^{-1}. Bei der Stroh- und Pferdemistvarianten konnte aufgrund der Trockenheit kein Sickerwasser gewonnen werden. Aus vorangegangen Versuchen in semiariden Gebieten ist bekannt, dass Sickerwässer von einer Kultur durchaus erst in Folgeperioden gewonnen werden können. Deshalb wird das Sickerwasser-Monitoring bis zur nächsten Sickerwasserbildung fortgesetzt. Die Bewertung hinsichtlich N-Auswaschung konnte somit noch nicht final abgeschlossen werden.

Die Qualitätsbestimmungen des Weizens wurden an Mischproben durchgeführt. Sie zeigten, dass die Strohvariante gefolgt von der Vergleichsfläche und der Pferdemistvariante die höchsten Qualitätsparameter erzielte und als Qualitätsweizen deklariert werden könnte. Hinsichtlich des Ertrages konnten keine signifikanten Unterschiede gemessen werden.

Zusammenfassung

Die Luzerne, hinterlässt durch ihre hohe ober- und unterirdische Biomassebildung nach dem Umbruch viel N und es treten sehr hohe NO_3^--Konzentrationen im Sickerwasser auf. Dies belastet vor allem im semiariden Gebieten die Qualität des Grundwassers. Deshalb wurde ein Versuch angelegt, um durch die Zugabe von OM mit unterschiedlichem C/N eine zeitliche N-Immobilisierung und somit eine Verschiebung der N-Freisetzung, bestenfalls bis zur Spitze des N-Bedarfs der Folgefrucht, zu erzielen. In diesem Versuch wurde untersucht, wie sich N_{min}-Werte im Boden und NO_3^--Konzentrationen im Sickerwasser

bei Zugabe von OM mit hohem C/N Verhältnis (Stroh, Pferdemist) im Vergleich zur Referenzfläche ohne zusätzliches OM nach Luzernen-Umbruch verändern. Durch die Zugabe vom OM mit weitem C/N wurden die Spitzen-N_{min}-Gehalte im Boden um rund 35 % reduziert und die NO_3^--Konzentrationen im Sickerwasser lagen ebenfalls deutlich unter jener der Vergleichsvariante. Die Zugabe von Stroh begünstigte darüber hinaus die Qualität der Folgekultur (Weizen). Hinsichtlich des Ertrages können keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten festgestellt werden. Für eindeutige Aussagen über die Auswirkungen des organischen Materials auf die N-Auswaschung müssen weitere Sickerwasserdaten beobachtet werden.

Abstract

Due to its high above and below ground biomass formation, alfalfa leaves behind a lot of N after alfalfa upheaval and very high NO_3^- concentrations occur in the seepage water. This puts a strain on the quality of the groundwater, especially in semi-arid areas. Therefore, we wanted to achieve a temporal N-immobilization and thus a shift in the N-release, at best up to the peak of the N-requirement of the following crop, by adding OM with different C/N ratios. This experiment examined how N_{min} values in the soil and NO_3^- concentration in the seepage water change when OM with a high C/N ratio (straw, horse manure) is added compared to the reference area without additional OM after alfalfa upheaval. The addition of OM with a wide range of C/N reduced the peak N_{min} levels in the soil by around 35% and the NO_3^- concentration in the leachate were also below the one from the reference area. The addition of straw also improved the quality of the subsequent crop (wheat). With regard to the yield, no significant differences between the individual variants were determined. Further leachate data must be observed for clear statements about the effects of the organic material on the N-leaching.

Literatur

HADAS, A., KAUTSKY, L., GOEK, M., & KARA, E. E. 2004: Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry*, *36*(2), 255–266.

MASUNGA, H. R., UZOKWE, N. V., MLAY, P. D., ODEH, I., SINGH, A., BUCHAN, D., & NEVE, S. DE. 2016: Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture. *Applied Soil Ecology*, *101*, 185–193. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.01.006

YANG, S., WANG, Y., LIU, R., LI, Q., & YANG, Z. 2018: Effects of straw application on nitrate leaching in fields in the Yellow River irrigation zone of Ningxia, China. *Scientific Reports*, *8*(1), 1–10.

Adresse der Autoren

Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, A-3252 Petzenkirchen

[*] Ansprechpartnerin: Andrea Schmid MSc, andrea.schmid@baw.at

Langzeit-Bodenerwärmung hat keine Auswirkungen auf Diffusionsraten von Stickstoff in einem alpinen Waldboden

No effect of long-term soil warming on diffusive soil inorganic and organic nitrogen fluxes in a temperate forest soil

Erich Inselsbacher[1*], Jakob Heinzle[2] und Andreas Schindlbacher[2]

Einleitung

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verfügbarkeit von Stickstoff (N) in temperaten Waldböden sind noch ungewiss, obwohl sie die biogeochemischen Kreisläufe in Böden und die Nährstoffaufnahme von Pflanzen erheblich beeinflussen könnten. Frühere Bodenerwärmungsversuche zeigten, dass die mikrobielle Aktivität tendenziell mit der Bodentemperatur zunimmt, wodurch die N-Umsatzraten im Boden beschleunigt werden (BAI et al. 2013). Längerfristig könnte sich dadurch die Verfügbarkeit von N für Pflanzen und Mikroorganismen, sowie die Menge von organischem Kohlenstoff in den Böden verringern. Verfügbarer N kann durch die Messung von N-Diffusionsraten in Böden störungsfrei bestimmt werden (INSELSBACHER und NÄSHOLM 2012). Da die Diffusionsraten von gelösten Stoffen in einem flüssigen Medium proportional von der Temperatur abhängen, sollte eine Erwärmung des Bodens zu höheren N-Diffusionsraten führen. Dieser Einfluss der Temperatur auf N-Diffusionsraten in Böden wurde in Laborstudien nachgewiesen, aber *in situ* wird die Diffusion von N durch biologische, chemische und physikalische Prozesse beeinflusst, die wiederum selbst von der Bodenerwärmung beeinflusst werden, was zu einem hochkomplexen Zusammenspiel von abiotischen und biotischen Faktoren führt. In der aktuellen Studie untersuchten wir den Einfluss von Langzeit-Bodenerwärmung auf N-Diffusionsraten.

Material und Methoden

Standort: Das Bodenerwärmungsexperiment Achenkirch befindet sich in einem 130 Jahre alten, von Rotfichte dominierten Wald in den Nördlichen Kalkalpen und besteht aus sechs Paaren von erwärmten Versuchsflächen (seit 2005: +4°C während der schneefreien Jahreszeit) und dazugehörigen Kontrollflächen. Die Böden über dem Dolomitgrundgestein zeigen ein heterogenes Mosaik aus Kalk-Braunlehm, Braunlehm-Rendzina und Rendzina mit hohem Karbonatgehalt, pH-Werten um 7 (H_2O) und einem C/N-Verhältnis von 14-18.
Versuch: Die Diffusionsraten von Ammonium, Nitrat und freien Aminosäuren in der Bodenlösung wurden mit Hilfe der Mikrodialyse-Technik im Mai, August, September und Oktober 2020 bestimmt (für den detaillierten experimentellen Aufbau siehe HEINZLE et al. 2021). Dazu wurden 24 Mikrodialysesonden in jeder der 12 Flächen in den Oberboden (1-3 cm) installiert. Perfusat war destilliertes Wasser (konstante Flussrate von 5 µl min^{-1}) und Proben wurden für je 1 h gesammelt. Nitrat- und Ammoniumkonzentrationen wurden photometrisch und gesamte freie Aminosäuren mit der o-Phthaldialdehyd-spektrofluorometrischen Methode bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Unerwarteterweise hatte die langfristige Bodenerwärmung zu keiner Jahreszeit einen Einfluss auf die N-Diffusionsraten (Abb. 1). Darüber hinaus wurde für keine der N-Formen eine Korrelation zwischen Diffusionsrate und Bodentemperatur gefunden (Abb. 2). Dafür kann es mehrere Erklärungen geben: Die Diffusion von N im Boden wird neben der Temperatur von vielen Faktoren beeinflusst und kann in hotspots mikrobieller Aktivität (< 1 cm) um mehrere Größenordnungen variieren. Diese Unterschiede wurden vermutlich durch die ausgeprägte Heterogenität der Böden an unserem Standort verstärkt (SCHINDLBACHER et al. 2011). Diese Heterogenität spiegelte sich auch in der hohen kleinräumigen Variabilität der N-Diffusionsraten innerhalb jeder einzelnen Fläche wider, die letztendlich mögliche Erwärmungseffekte maskierte.
Andererseits variierten die N-Flüsse stark ($p < 0{,}001$) zwischen den einzelnen Monaten (Abb. 1). Die Ammoniumflüsse nahmen von Mai bis Oktober zu, während die Nitratflüsse einen gegenteiligen Trend

zeigten. Dies steht im Einklang mit früheren Erkenntnissen, dass die Ammonium-Konzentration gegen Ende der Vegetationsperiode ansteigt, gefolgt von einem raschen Abfall zu Beginn des Pflanzenwachstums im Frühjahr. Nitrat hingegen akkumuliert während der Winterzeit, da einerseits Pflanzen kein Nitrat aufnehmen und andererseits Nitrifizierung weiterhin abläuft, was wiederum zu einer Reduktion von Ammonium während der Wintermonate führt. Die Diffusionsraten von Aminosäuren waren hingegen weniger variabel als die von anorganischem N und machten im Gegensatz zu früheren Studien (BUCKLEY et al. 2020) weniger als ein Drittel der gesamten N-Flüsse aus. Die relative Dominanz von anorganischem N an unserem Standort legt daher eine rasche Ammonifikation und Nitrifikation von labilem organischem N nahe. Zusätzlich könnte die Depolymersation von Proteinen durch die hohe Sorptionskapazität für Proteine in dem karbonatreichen Boden unterdrückt worden sein (NOLL et al. 2019), wodurch der geringe Anteil an freien Aminosäuren in dieser Studie verstärkt wurde.

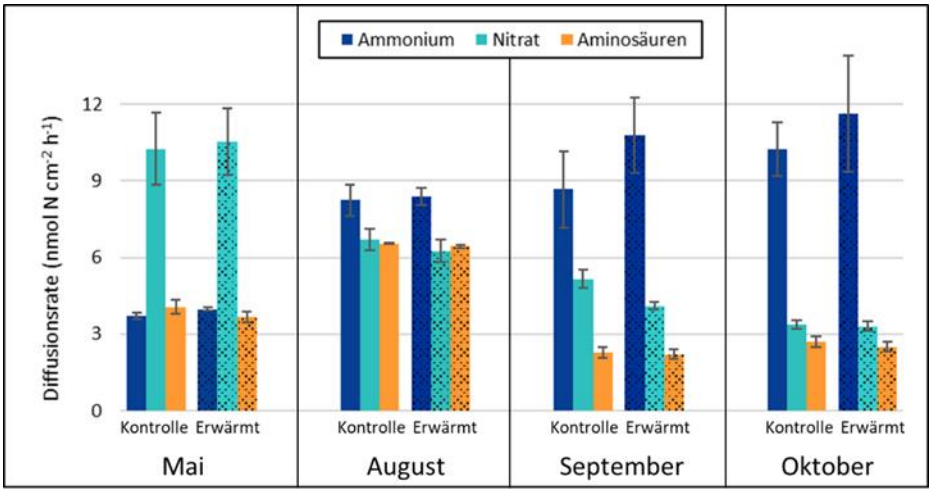


Abbildung 1: **Diffusionsraten von Ammonium, Nitrat und Aminosäuren in Kontroll- und erwärmten Böden im Jahresverlauf. Mittelwerte ± Standardfehler (n=144).**

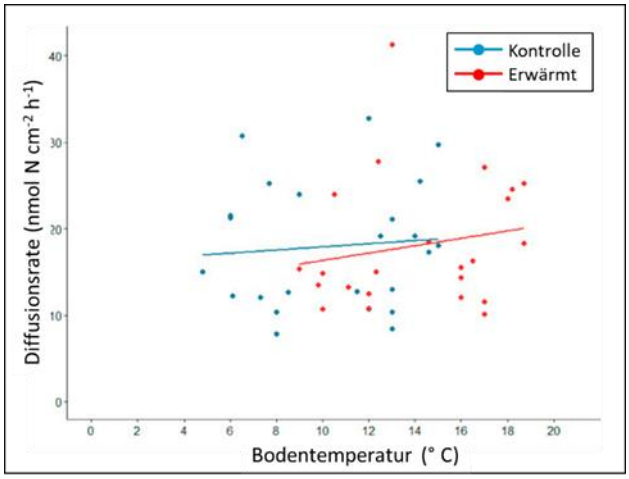


Abbildung 2: **Korrelation von N-Diffusionsraten und Bodentemperatur. Mittelwerte (n=144).**

Zusammenfassung

Ein durch den Klimawandel verursachter Anstieg der Bodentemperatur beeinflusst den Kohlenstoff- und Stickstoff (N)-Kreislauf in Waldböden, aber die Auswirkungen auf den pflanzenverfügbaren N sind weitgehend unklar. In Laborinkubationsstudien führte eine Erhöhung der Bodentemperatur zu einer signifikanten Erhöhung der Diffusion von N und zu einer Verschiebung hin zu einem höheren Anteil an anorganischen N-Formen im Vergleich zu organischen N-Formen. Langfristige Auswirkungen der Bodenerwärmung auf N-Diffusion in situ sind jedoch weitgehend unbekannt. Die Diffusionsraten von

Aminosäuren, Ammonium und Nitrat wurden mit der Mikrodialysetechnik am Langzeitversuchsstandort (> 15 Jahre) zur Bodenerwärmung in Achenkirch (Tirol, Österreich) quantifiziert. Die Ergebnisse von vier Probenahme-Kampagnen (n = 1152 Mikrodialyseproben) während der Vegetationsperiode zeigten keinen Einfluss der Erwärmung auf N-Diffusion. Ammonium nahm vom Frühjahr zum Herbst hin zu, während die Nitratflüsse einem entgegengesetzten Trend folgten. Im Vergleich zu anderen gemäßigten und borealen Waldböden war der Anteil an Aminosäuren in diesem karbonatreichen Boden gering (13 – 30 %), während die Anteile an Ammonium (21 – 67 %) und Nitrat hoch waren (19 – 58 %). Es zeigte sich, dass die N-Diffusionsraten nach 15 Jahren Bodenerwärmung unbeeinflusst blieben, wodurch eine Erhöhung der N-Versorgung für die Wurzelaufnahme im Oberboden durch Bodenerwärmung nicht zu erwarten ist. Die Diffusionsraten wurden hauptsächlich durch saisonale Effekte und durch die kleinräumige Heterogenität des Bodens bestimmt.

Abstract

An increase of soil temperature caused by climate change affects C and N cycling in forest soils, but implications for plant available N have remained largely unclear. In recent short-term laboratory incubation studies, an increase in soil temperature led to a significant increase in diffusive N fluxes and to a shift in plant-available N quality towards a higher proportion of inorganic N forms compared to small organic N forms. However, long-term effects of soil warming on diffusive soil N fluxes in situ remain largely unknown. Applying the microdialysis technique, we quantified in situ diffusive fluxes of amino acids, ammonium and nitrate at the long-term (> 15 years) soil warming experimental site Achenkirch (Tyrol, Austria). Results from four sampling campaigns (n = 1152 microdialysis samples) during the growing season showed no effect of warming on diffusive N fluxes. Diffusive ammonium fluxes increased from spring towards autumn while nitrate fluxes followed an opposite trend. Compared to other temperate and boreal forest soils, the proportion of amino acids in the total diffusive N flux in this carbonate soil was low (13 - 30%), while the proportions of ammonium (21 – 67%) and nitrate were high (19 – 58%). In conclusion, our results suggest that in situ diffusive N fluxes were unaffected after 15 years of soil warming. Accordingly, warming may not be expected to increase diffusive soil N supply for root uptake in the topsoil in the long run. Diffusive N availability was mainly determined by seasonal effects and by the small-scale heterogeneity of the soil matrix.

Literatur

BAI E, LI S, Xu W, Li W, Dai W, JIANG P, 2013: A meta-analysis of experimental warming effects on terrestrial nitrogen pools and dynamics. New Phytol 199, 441-451.

BUCKLEY R, BRACKIN R, JÄMTGARD S, NÄSHOLM T, SCHMIDT S, 2020: Microdialysis in soil environments: current practice and future perspectives. Soil Biol Biochem 143, 107743.

HEINZLE J, WANEK W, TIAN Y, KWATCHO KENGDO S, BORKEN W, SCHINDLBACHER A, INSELSBACHER E, 2021: No effect of long-term soil warming on diffusive soil inorganic and organic nitrogen fluxes in a temperate forest soil. Soil Biol Biochem 158, 108261.

INSELSBACHER E, NÄSHOLM T, 2012: The belowground-perspective of forest plants: soil provides mainly organic nitrogen for plants and mycorrhizal fungi. New Phytol 195, 329-334.

NOLL L, ZHANG SS, ZHENG Q, HU YGT, WANEK W, 2019: Wide-spread limitation of soil organic nitrogen transformations by substrate availability and not by extracellular enzyme content. Soil Biol Biochem 133, 37-49.

SCHINDLBACHER A, RODLER A, KUFFNER M, KITZLER B, SESSITSCH A, ZECHMEISTER-BOLTENSTERN S, 2011: Experimental warming effects on the microbial community of a temperate mountain forest soil. Soil Biol Biochem 43, 1417-1425.

Adressen der Autoren

[1] Institut für Bodenforschung, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, A-1180 Wien

[2] Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, A-1131 Wien

[*] Ansprechpartner: Dr. Erich Inselsbacher, erich.inselsbacher@boku.ac.at

Bewertung der Genauigkeit verschiedener Extraktionsmethoden zur Vorhersage der Pflanzen-P-Verfügbarkeit von neuartigen recycelten P- Düngemitteln

Assessing the accuracy of different extraction methods to predict plant P-availability of novel recycled P fertilizer products

Alicia Hernandez-Mora[1,2*], Nadine Abu Zahra[1], Olivier Duboc[1,3], Sarah Symanczik[4], Else K. Bünemann[4], Kari Ylivainio[5], Herbert Eigner[2], Dietmar Horn[6] und Jakob Santner[1]

Introduction

Phosphorus (P) is an essential nutrient for all organisms. Plants absorb inorganic P from the soil solution, triggering the solubilization of P bound to soil particles, and depleting the soil of this element. Adding P fertilizers to crops is necessary to optimize yields in soils with low P content.
Europe is dependent on importing conventional mineral phosphorus fertilizers, which solubilize quickly once applied in the soil. The raw source of these fertilizers is rock phosphate, which is non-renewable and included in the Critical Raw Materials list of the European Union due to its strategical importance and supply risk (European Commission
2020). Conversely, there are many P-rich side streams that allow the development of alternative fertilizer products. Due to the diverse chemical nature of these recycling fertilizers, their solubility and plant availability varies considerably (Kratz et al. 2019).
A fertilizer has to comply with the EU Regulation 2019/1009 to obtain the CE marking and be commercialized at a European level. This regulation establishes water and neutral ammonium citrate as the compulsory extraction methods (European Parliament 2019), although these do not necessarily relate to the P available for plants in each case.
The aim of our study is to assess the suitability of different P extraction methods as indicators of plant P availability using both recycling and conventional fertilizers. For this, we studied the extractability of a varied set of P fertilizers with different extraction methods. We then tested the P availability of these products in three pot trials conducted in Austria, Switzerland and Finland.

Materials and methods

Fertilizers' P extractions

We evaluated the P extraction levels of the EU 2019/1009 compliance extraction methods (water and neutral ammonium citrate) for a set of 41 chemically diverse fertilizers. Additionally, we included five alternative extraction methods: 0.5 mol L^{-1} $NaHCO_3$ and 4 sink-based extractions that intend to mimic the soil-solution-plant interface (diffusive gradient in thin films (DGT), electro ultrafiltration (EUF), anion exchange resin and a ferrihydrite extraction (Iron bag)). The total P content of the fertilizers was evaluated with a digestion in *aqua regia*.

Plant P bioavailability assessment

The goodness of each material as P provider was evaluated in three different pot experiments following the same protocol for summer wheat, ryegrass and spring barley in three sites located in Austria, Switzerland and Finland, respectively. The plants were grown under controlled conditions up to maturity on low-P substrate, and were fertilized with 50 mg total P kg^{-1} substrate. Unfertilized control pots, as well as pots fertilized with triple superphosphate at 12.5, 25, 50 and 100 mg total P kg^{-1} were included as a reference.

Results and discussion

Our preliminary results show that, besides the H_2O extraction, all the extraction methods correlated reasonably well with the plant P bioavailability observed for each fertilizer in the
pot experiments. Surprisingly, the neutral ammonium citrate extraction method showed the closest correlation. This is not in line with our previous experiments. In Duboc et al. 2022 we tested the

extractability of 79 P fertilizers of diverse chemical nature with the H_2O, $NaHCO_3$, the iron bag and neutral ammonium citrate extraction methods and tested a subset of 42 on a pot experiment with rye and three low P content soils of different pH. $NaHCO_3$ correlated best with plant P availability for the alkaline and slightly acidic soils (r^2 0.86 and
0.70 respectively). Duboc et al. 2017 evaluated the goodness of the correlation between P extractability and plant P availability of 13 diverse fertilizers with the H_2O, neutral ammonium citrate, 2% citric acid, 2% formic acid, and the iron bag extraction methods. For a 10 days' extraction, the Iron bag was the best performing one (r^2 0.84). These two previous studies differ with the current one mainly in that the plants did not develop up to maturity. Moreover, the set of fertilizers tested here consisted mostly of commercial fertilizers and advanced experimental products, in contrast to the previous studies where several experimental materials with very low plant P availability were also included.
These results and some additional considerations such as lab practicality and the point of view of the different stakeholders involved in fertilizer use and development will allow us to make a proposal for improving the legal framework on the EU, recommending extraction methods for evaluating plant P availability.

Zusammenfassung

Die Abhängigkeit Europas vom Import von mineralischen Phosphor(P)-Düngemitteln hat die Entwicklung alternativer Produkte aus Recyclingquellen gefördert. Aufgrund ihrer chemischen Variabilität ist ein geeigneter Rechtsrahmen erforderlich, der ihre Kommerzialisierung ermöglicht und gleichzeitig ihre Effizienz als Nährstofflieferanten für Nutzpflanzen sicherstellt. Das Ziel dieser Studie war es, die Eignung verschiedener P- Extraktionsmethoden als Indikatoren für die Pflanzen-P-Verfügbarkeit zu bewerten.

41 chemisch unterschiedliche P-Dünger wurden in drei Topfversuchen in Österreich, Finnland und der Schweiz unter kontrollierten Bedingungen auf P-armen Substraten auf ihre Wirksamkeit getestet. Die untersuchten Feldfrüchte waren Weizen und Gerste (bis zur Reife angebaut) und Weidelgras (drei aufeinanderfolgende Schnitte). Nach der Ernte wurden ihre Biomasse, ihr Ertrag und ihr P-Gehalt bewertet.

Die Extrahierbarkeit der Düngemittel wurde nach den aktuellen EU 2019/1009 konformen Testverfahren (Wasser und neutrales Ammoncitrat) geprüft. Darüber hinaus wurden fünf alternative Extraktionsmethoden in die Studie einbezogen: 0,5 mol L^{-1} $NaHCO_3$ und vier Senken-basierte Extraktionen: Elektro-Ultrafiltration (EUF), Diffusionsgradienten in dünnen Filmen (DGT), Anionenaustauscherharze und eine Ferrihydrit-Extraktion ("Iron bag").

Unsere Ergebnisse zeigen, dass abgesehen von der Wasserextraktion alle Methoden recht gut mit agronomischen Topfversuchen korrelieren. Diese werden in Kombination mit zusätzlichen Erwägungen (z. B. Laborpraktikabilität) den Vorschlag einer Konformitätstestmethodik für recycelte P-Düngemittel ermöglichen.

Abstract

The dependence of Europe on importing mineral phosphorus (P) fertilizers has encouraged the development of alternative products of recycling sources. Due to their chemical variability, an appropriate legal framework allowing their commercialization while ensuring their efficiency as nutrient providers for crops is needed. The aim of this study was to assess the suitability of different P extraction methods as indicators of plant P availability.
41 chemically diverse P fertilizers were tested for their efficiency in three pot experiments conducted in Austria, Finland and Switzerland under controlled condition on low-P substrates. The crops examined were wheat and barley (grown up to maturity) and ryegrass (three subsequent cuts). Once harvested, their biomass, yield and P content was evaluated. The fertilizers' extractability was tested according to the current EU 2019/1009-compliant test procedures (water and neutral ammonium citrate). Moreover, five alternative extraction methods were also included in the study: 0.5

mol L^{-1} $NaHCO_3$ and four sink-based extractions: electro ultrafiltration (EUF), diffusive gradients in thin films (DGT), anion exchange resins and a ferrihydrite extraction (Iron bag).
Our results show that besides the water extraction, all other methods correlate reasonably well with agronomic pot trials. These, combined with additional considerations (e.g. lab practicality) will allow the proposition of a compliance test methodology for recycled P fertilizers.

References

DUBOC O, HERNANDEZ-MORA A, WENZEL WW, SANTNER J (2022) Improving the prediction of fertilizer phosphorus availability to plants with simple, but non-standardized extraction techniques. Science of The Total Environment 806:150486. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150486

DUBOC O, SANTNER J, GOLESTANI FARD A, et al (2017) Predicting phosphorus availability from chemically diverse conventional and recycling fertilizers. Science of The Total Environment 599–600:1160–1170. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.054

EUROPEAN COMMISSION (2020) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy

EUROPEAN PARLIAMENT (2019) Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003 (Text with EEA relevance)

KRATZ S, VOGEL C, ADAM C (2019) Agronomic performance of P recycling fertilizers and methods to predict it: a review. Nutr Cycl Agroecosyst 115:1–39. https://doi.org/10.1007/s10705-019-10010-7

Adressen der Autoren

[1] Institute of Agronomy, Department of Crop Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria

[2] Agrana Research & Innovation Center GmbH (ARIC), Tulln, Austria

[3] Institute of Soil Research, Department of Forest and Soil Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria

[4] Department of Soil Sciences, Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Switzerland

[5] Natural Research Institute Finland (Luke)

[6] Bodengesundheitsdienst GmbH, Ochsenfurt, Germany

[*] Ansprechpartnerin: Dipl.-Ing. Alicia Hernandez-Mora. alicia.hernandez-mora@boku.ac.at

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 818309 - LEX4BIO. https://www.lex4bio.eu/

Boden(gesundheits)indikatoren zur Evaluierung landwirtschaftlicher Bewirtschaftung – ein Vergleich von Feld- und Labormethoden

Soil (health) indicators sensitive to arable management – A comparison of methods suitable for farmers and scientists

Bernardini, L.[1], Huber, S.[1], Bennett, A.[1], Fohrafellner, J.[1], Dohnke, K.[1], Manuel, J.[1], Kopecky, E.[1], Hobel, A.[1], Mentler, A.[1], Bodner, G.[2] und Keiblinger, K.[1]

Einleitung

Bodengesundheit ist ein essenzieller Faktor für die Sicherung der nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion und nimmt im Rahmen der zunehmenden Herausforderungen für Landwirt:innen hinsichtlich Klimawandel eine wichtige Rolle ein. Allerdings bestehen nach wir vor Unklarheiten, welche Indikatoren sich am besten für die Quantifizierung von Bodengesundheit eignen und inwiefern Labor- und Feldmethoden dahingehend nützlich sind. Die Quantifizierung von Bodengesundheit und deren Veränderung aufgrund von Bodenbearbeitung sorgt immer noch für Unklarheiten darüber, welche Indikatoren sich am besten für die Bestimmung der Bodengesundheit eignen.
In dieser Studie wurden deshalb für die Anwendung im Feld geeignete Methoden mit anspruchsvollen Labormethoden zur Bestimmung von (i) labilem Kohlenstoff, (ii) Bodenatmung und (iii) mikrobieller Aktivität hinsichtlich Aussagekraft, Praktikabilität und Kosteneffizienz auf drei Standorten in Ostösterreich, mit unterschiedlicher Textur und jeweils zwei Bewirtschaftungsweisen (Pionier/Standard), verglichen. Pionierbetriebe ergreifen starke Maßnahmen z.B. durch Minimalbodenbearbeitung und diversem Zwischenfruchtanbau, um die Bodenbiologie zu verbessern, wohingegen benachbarte Felder unter „Standard“-Bewirtschaftung die gängige konventionelle landwirtschaftliche Praxis darstellen.

Material und Methoden

Standorte & Probenahme: Die im November 2021 beprobten Standorte in Niederösterreich und dem Burgenland wurden jeweils repräsentativ für eine Texturklasse ausgewählt (leicht-mittel-schwer). Oberbodenproben (0-10 cm) wurden in fünf Wiederholungen pro Standort und Bewirtschaftungsweise (Pionier, Standard) genommen und im Labor auf 2 mm gesiebt. Weitere Details zu den Standorten können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 7: **Standortcharakterisierung**. **PL = pfluglos, ZF = Zwischenfrucht, OM = organischer Dünger, P = Pionier, Std = Standard, C_{org} = organischer Kohlenstoff im Boden.**

Texturklasse	Leicht	Mittel	Schwer
MAP (mm)	667	564	577
MAT (°C)	10.57	10.36	10.65
Bodentyp	Braunerde	Regosol	Tschernosem
Bodentextur	Lehmiger Sand	Lehmiger Schluff	Schluffiger Lehm
C_{org} (P/ Std) in %	1.28 / 0.75	1.91 / 1.83	3.34 / 2.12
pH	7	7.9	7.9
Lagerungsdichte	1.3	1.2	1.2
Bewirtschaftung P Übersicht	PL + ZF + OM	PL + ZF	PL + ZF + OM
Zwischenfrucht (P) seit	2009	1994	1995
Pfluglos (P) seit	2010	1996	1990

Bodenatmung: Für die Feldmethode zur Bestimmung der Bodenatmung wurden 200 g feuchter Feinboden in eine durchsichtige Plastikbox (2.3 L) gefüllt und mit einem CO_2 Messgerät (TROTEC BZ25) verschlossen. Die Anfangskonzentration wurde notiert und nach 5,10,15,30,45 und 60 Minuten wurden die entsprechenden CO_2-Konzentrationen gemessen. Bodenatmung wurde außerdem mit dem LI-COR LI-8100A (Licor Biosciences 2015) und einer tragbaren Kammer (8100-102) gemessen. Dafür wurden 100 g feuchter Feinboden eingewogen und in die Kammer gefüllt. Die Messung wurde dem Benutzerhandbuch entsprechend 2 Minuten lang durchgeführt.
Labiler Kohlenstoff: Um DOC (gelösten organischen Kohlenstoff) zu bestimmen, wurde frischer Boden im Verhältnis von 1:10 mit Wasser extrahiert und anschließend 15 Minuten bei 3000 RPM zentrifugiert(ÖNORM L 1092). Anschließend wurden die Extrakte auf einem TOC/TN-Analyzer und via UV-VIS Spektralphometrie gemessen.
TOC/TN-Messung: 7 ml des Extrakts wurden mit 1:3 verdünnter H_2SO_4 angesäuert und mit einem TOC/TN (Shimadzu Corporation, 2019) gemessen.
UV-VIS-Messung: 2 ml des Extrakts wurden in Eppendorf Röhrchen transferiert, auf 12000 rpm für weitere 15 Minuten zentrifugiert und mit einem UV-VIS-Spektralphotometer bei 254 nm gemessen. Die DOC-Gehalte wurden mit der Brandstaetter-Gleichung (BRANDSTAETTER et al., 1996) berechnet.
Carbonatgehalt wurde mittels ÖNORM L 1084 bestimmt.
Die Bestimmung von POxC wurde nach dem Protokoll von Weil et al. (2003) mittels UV-VIS Spektrophotometrie nach Färbung durch Kaliumpermanganat durchgeführt. Für die „Pixel-Methode“ wurde ein Bild mit einem Handy unter gleichmäßiger Beleuchtung gemacht. Drei Pixel im Bereich des Zentrifugenrohres pro Bild wurden zufällig mit Microsoft Paint ausgewählt und deren RGB Werte in die L*a*b Farbskala umgewandelt. Der a*-Wert wurde daraufhin von 100 subtrahiert.
Mikrobielle Aktivität: Mikrobielle Biomasse wurde gemäß ÖNORM EN ISO 14240-2 mittels Chloroform-Fumigation-Extraktion gemessen.
Substratinduzierte Bodenatmung (SIR) wurde ebenso auf zwei verschiedene Arten gemessen - einerseits ebenso via LI-COR, wobei vor der Messung Glukoselösung (4 mg g TM^{-1}) hinzugefügt wurde.
Andererseits wurde SIR (GC) nach ÖNORM EN ISO 14240-1 ermittelt. Dafür wurden 2 g feuchter Boden auf 50 % Wassergehalt befeuchtet, mit einer Glukoselösung (4 mg g TM^{-1}) für 2 Stunden auf 25 °C inkubiert und daraufhin an einem Gaschromatographen mit TCD-Detektor gemessen.
DMSO
Statistische Auswertung: Durch die unregelmäßige Verteilung der meisten gemessenen Parameter wurde eine robuste Methode zum Vergleich von Mittelwerten mit den entsprechenden Post-Hoc-Tests (Wilcox, 2017) mit der statistischen Software R (R Core Team,2021) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Der organische Kohlenstoff im Boden (C_{org}) erfüllt eine Schlüsselrolle in der Bodengesundheit, z.B. durch die Verbesserung der Bodenstruktur, des Nährstoff- und Wasserhaushaltes (Lal, 2016). Die Intensivierung der Landwirtschaft hat dazu geführt, dass die durchschnittlichen C_{org}-Gehalte auf Ackerböden weit unter den klimatisch- und texturbedingten Obergrenzen liegt (Rosinger et al., 2022). In dieser Studie war C_{org} sowohl textur- als auch bewirtschaftungsabhänging ($p < 0.01$) und nahm mit schwererer Textur zu. In den leichten und schweren Pionierböden war der Unterschied zwischen den Bewirtschaftungsweisen signifikant ($p < 0.01$), im mittleren Boden traf dies nicht zu.

Labiler organischer Kohlenstoff ist der C_{org}-Pool der direkt für mikrobielle Aktivität zur Verfügung steht (Bongiorno et al., 2021). Er wurde als gelöster organischer Kohlenstoff (dissolved organic carbon, DOC) und POxC (permanganate oxidizable carbon) gemessen. Die Ergebnisse der DOC-Messung hingen in dieser Studie stark von der Methode ab. Die Messung von DOC als NPOC war um ein Vielfaches sensitiver und ergab signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) zwischen Bewirtschaftungsweisen, wo Pioniere höhere DOC-Gehalte vorweisen.
Aktiver Kohlenstoff, oder POxC, war in dieser Studie signifikant ($p <0.01$) sowohl textur- als auch managementabhängig. Pionierböden hatten immer höhere POxC-Gehalte, jedoch war der Unterschied nur auf leichter Textur signifikant ($p < 0.05$) as möglicherweise als Konsequenz des Dauergrünsystem und Gülledüngung dieses Pionierbauern.

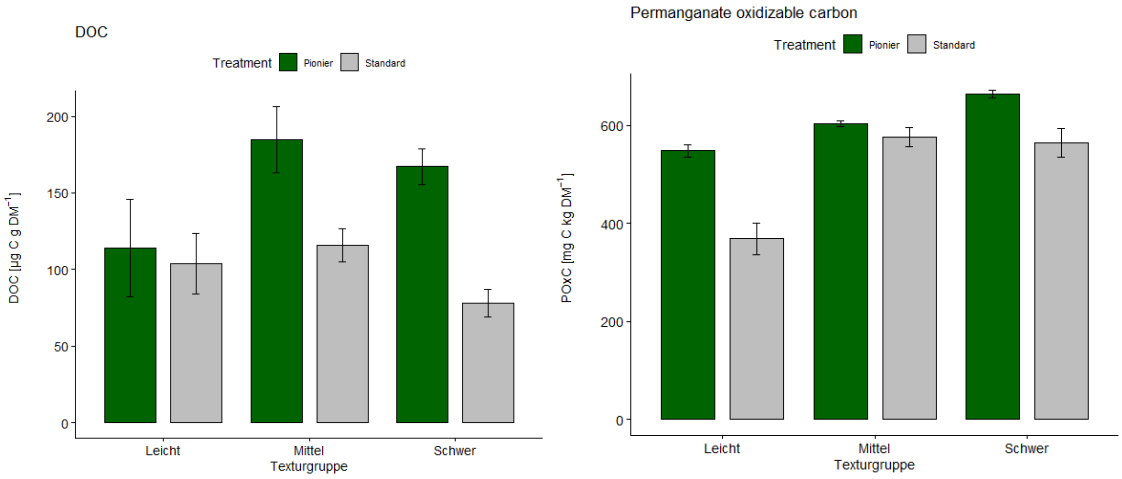


Abbildung 8 und 2: **Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) (links) und Permanganate Oxidizable Carbon, POxC (rechts) pro Texturgruppe und Bodenbearbeitung.**

Die „Pixel Methode“, eine reine Feldmethode, lieferte erstaunlicherweise sehr ähnliche Ergebnisse. In diesem Fall fällt die Quantifizierung aus, da keine Kalibration für diese Methode durchgeführt wurde. Bongiorno et al. (2021) beschreiben POxC als potenziellen Bodengesundheitsparameter, da dieser stark mit chemischen, physischen und biologischen Bodenparametern korreliert und sensitiv auf Kohlenstoffinputs und Bodenbearbeitung reagiert. Diese Eignung konnte in dieser Studie bestätigt werden, da POxC mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.75 mit der mikrobiellen Biomasse und 0.80 mit C_{org} korrelierte.

Tabelle 8: **Mittelwerte der gemessenen Boden(gesundheit)-Indikatoren. * = P < 0.05 (signifikant), Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5%.**

	Leicht		Mittel		Schwer	
Parameter (Methode)	**Pionier**	**Standard**	**Pionier**	**Standard**	**Pionier**	**Standard**
Bodenatmung (Box)	1,04E-03	8,07E-04	2,19E-03	1,13E-03	2,23E-03	1,96E-03
Bodenatmung (LICOR)	5,99E-02	3,28E-02	1,71E-01	8,70E-02	1,64E-01	1,30E-01
SIR (LICOR)	2,54E-02	5,30E-03	1,04E-01	1,16E-01	1,56E-01	1,36E-01
SIR (GC)	9,19E-02	3,48E-02	2,46E-01	9,07E-02	2,96E-01	1,42E-01
Mikrobielle Biomasse	5,53E+02	1,02E+02	7,50E+02	4,96E+02	1,82E+03	7,05E+02
DOC (UVVIS)	2,79E-02	2,53E-02	2,52E-02	2,53E-02	3,00E-02	2,79E-02
DOC (TOC/TN)	1,14E+02	1,04E+02	1,85E+02*	1,16E+02	1,67E+02*	7,81E+01
DMSO	1,60E+03	6,77E+02	3,45E+03	1,67E+03	3,71E+03	2,04E+03
POxC	5,48E+02	3,69E+02*	6,03E+02	5,76E+02	6,64E+02	5,64E+02

Bodenatmung kann als Indikator für mikrobiologische Aktivität dienen. Beide Feldmethoden zeigen denselben Trend, d.h. signifikant ($p < 0.05$) erhöhte Bodenatmung beim Pionierboden jeder Texturklasse und zunehmende Atmung bei schwererer Textur, mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.66 zwischen den beiden Methoden. Die Box-Methode ergab deutlich geringere Werte, was möglicherweise mit der CO_2-Sättigung über die Messungsdauer (1 Stunde) in Verbindung steht. Die kurze LI-COR Messung (2 Minuten) produzierte höherer Werte mit größeren Abweichungen, ist aber zuverlässig und reproduzierbar.

In dieser Studie überzeugten beide Methoden durch die Differenzierbarkeit der Bodenatmung auf Grund der Bewirtschaftungsweise bei vergleichbar wenig benötigtem Vorwissen. Die Boxmethode ist billig und zeitaufwendig, wohingegen LI-COR schnell und das Gerät teuer ist. Des Weiteren wies die Box-

Methode eine mäßige signifikante Korrelation von 0.69 mit DMSO-Reduktase Aktivität und substratinduzierter mikrobieller Bodenatmung vor.

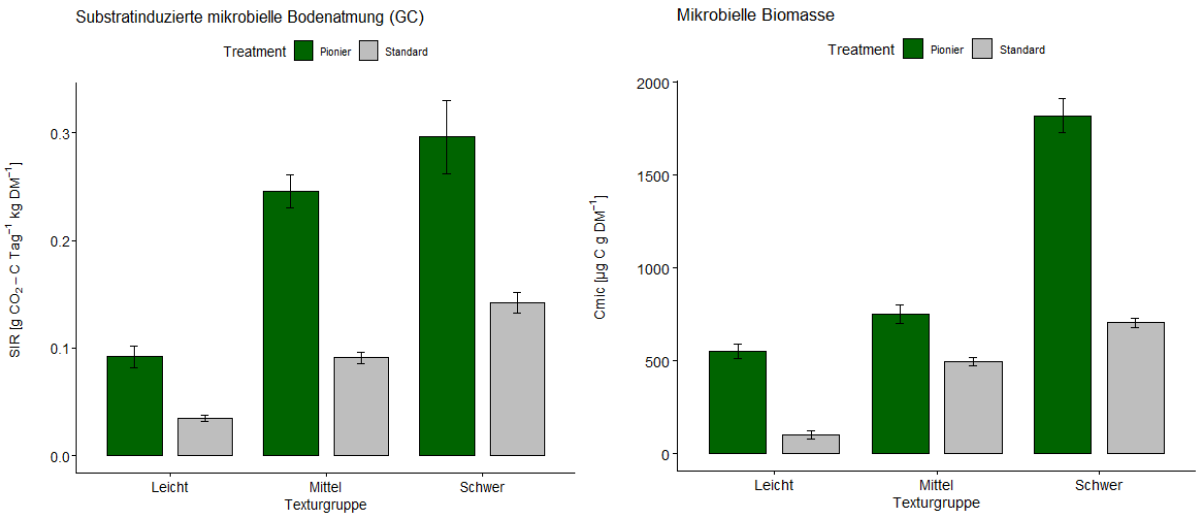


Abbildung 3 & 4: **Substratinduzierte mikrobielle Bodenatmung (links) und mikrobielle Biomasse (rechts) pro Texturgruppe und Bodenbearbeitung.**

<u>Mikrobielle Biomasse und Aktivität:</u> Substratinduzierte mikrobielle Bodenatmung (SIR) wurde mit einem Gaschromatographen (GC) als Labormethode und LI-COR als Feldmethode gemessen. Die Labormethode lieferte Messungen mit geringer Abweichung und hoher Sensibilität, und war sowohl signifikant management-($p < 0.01$) und texturabhängig ($p < 0.01$) mit höheren SIRs bei den Pionierböden jeder Textur und zunehmender SIR bei zunehmend schwerer Textur. Diese erhöhte substratinduzierte mikrobielle Bodenatmung könnte als Indikator für eine bessere Anpassung der Mikroorganismen an die Verstoffwechselung einfacher Zucker (Glukose) oder eine erhöhte mikrobielle Biomasse sein. Die Ergebnisse der Feldmessung waren variabler und weniger sensitiv auf das Management, was möglicherweise mit der direkten Messung ohne Inkubationszeit zusammenhängt.
DMSO-Reduktase Aktivität (Daten nicht abgebildet) kann auch als Indikator für mikrobielle Aktivität genutzt werden. Sie korrelierte stark und signifikant mit mikrobieller Biomasse (0.82) und spiegelte die Ergebnisse der am GC gemessenen SIR (Korrelationskoeffizient = 0.93) wider. Die Methode ermöglichte die DMSO-Reduktase Aktivität signifikant ($p < 0.01$) zwischen Bewirtschaftungsweisen und Textur zu unterscheiden, mit höheren Werten bei Pionierböden innerhalb der Texturklassen und mit zunehmend schwerer Textur. Diese Ergebnisse zeigen ähnliche Trends wie die mikrobielle Biomasse und SIR (GC) und in einem geringeren Maße Bodenatmung und POxC.

Die mikrobielle Biomasse war signifikant ($p < 0.01$) geringer in Standardböden derselben Texturklasse und nahm mit schwererer Textur zu. Sie ergänzt das Bild durch einen ähnlichen Trend der oben genannten Indikatoren und korreliert signifikant mit mikrobiellem N, Gesamtstickstoff, Wassergehalt (Daten nicht abgebildet), POxC, SIR (GC) und DMSO-Reduktase Aktivität, was die Bedeutung der Umweltbedingungen (Nährstoffverfügbarkeit, Wasserdynamik, pH-Wert, O_2/CO_2-Konzentration, Bodenstruktur usw.) für die Bildung der mikrobiellen Biomasse unterstreichen (OTTOW, 2011). Eine höhere Pflanzenvielfalt und eine intensivere Vegetationsbedeckung könnten ein Grund für einen höheren Gehalt an mikrobieller Biomasse auf Pionierstandorten sein, da auf diese Weise mehr (diverser) Kohlenstoff über die Wurzeln in den Boden gelangt. Es ist bekannt, dass Wurzelexsudate als leicht zugängliche Substrate das mikrobielle Wachstum und die Biomassebildung stark fördern (Lange et al., 2015). Außerdem spielt die verbesserte Nährstoffverfügbarkeit durch die Zugabe von organischem Material höchstwahrscheinlich eine Rolle (Baldivieso-Freitas et al., 2018). In Böden mit mittlerer Textur finden wir weniger deutliche Auswirkungen. Dies kann mit der Textur selbst zusammenhängen, beispielsweise fördern ein hoher Tongehalt und die Aggregation die Nährstoffbindung (BRONICK und LAL, 2005).

In dieser Studie haben wir deutliche Unterschiede zwischen Bewirtschaftungssystemen und Texturklassen bzw. Bodentypen feststellen können. Pionierbetriebe weisen innerhalb derselben

Texturklasse eine aktivere Bodenbiologie und eine allgemein verbesserte Bodengesundheit auf, was für die Wirksamkeit der bodenschonenden Bearbeitung und Zwischenfruchtanbau spricht. Obwohl die Labormethoden präzise und robuste Ergebnisse produzieren, können viele der betrachteten Trends auch mit den vergleichbar einfachen und kostengünstigen Feldmethoden betrachtet werden. Diese Methoden können u.a. Landwirten ermöglichen, ein besseres Verständnis für Bodenfunktionen und Faktoren, die Bodengesundheit beeinflussen, aufzubauen und den Effekt ihrer Maßnahmen selbst nachzuvollziehen und zu kontrollieren.

Zusammenfassung

Die Analyse von Bodengesundheit in der Landwirtschaft gilt als wichtige Möglichkeit, mittelfristige Veränderungen der Bodeneigenschaften auf Bewirtschaftungsänderungen festzustellen. Allerdings bestehen im wissenschaftlichen Umfeld noch Unklarheiten, welche Indikatoren dafür am besten geeignet sind, da Laboruntersuchungen in diesem Zusammenhang oft aufwendig, kostspielig und die Interpretation der Ergebnisse mitunter schwierig ist.
In dieser Studie vergleichen wir deshalb für die Anwendung im Feld geeignete Methoden mit anspruchsvollen Labormethoden zur Bestimmung von (i) labilem Kohlenstoff, (ii) Bodenatmung und (iii) mikrobieller Aktivität hinsichtlich Aussagekraft, Praktikabilität und Kosteneffizienz. Dafür wurden im Winter 2021 drei Standorte in Ostösterreich mit unterschiedlicher Textur (leicht, mittel, schwer), sowie zwei unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen (Pionier, Standard) beprobt. Pionierbetriebe ergreifen starke Maßnahmen z.B. durch Minimalbodenbearbeitung und diversem Zwischenfruchtanbau, um die Bodenbiologie zu verbessern, wohingegen benachbarte Felder unter „Standard“-Bewirtschaftung die gängige konventionelle landwirtschaftliche Praxis darstellen. Erste Ergebnisse der statistischen Auswertung zeigen starke Unterschiede sowohl zwischen Standorten als auch Bewirtschaftungsweisen bei allen gemessenen Parametern, wobei managementspezifische Abweichungen im Boden mit mittlerer Textur oft geringer ausgefallen sind. Laboruntersuchungen lieferten genauere und zuverlässigere Ergebnisse, jedoch konnten auch mittels vergleichsweise billigen und breit anwendbaren Feldmethoden eindeutige Trends beobachtet werden.

Literatur

BALDIVIESO-FREITAS, P., BLANCO-MORENO, J.M., ARMENGOT, L., CHAMORRO, L., ROMANYÀ, J., AND SANS, F.X., 2018: Crop yield, weed infestation and soil fertility responses to contrasted ploughing intensity and manure additions in a Mediterranean organic crop rotation. Soil & Tillage Research, 180, 10-20.
BONGIORNO, G., BÜNEMANN, E. , OGUEJIOFOR, C., MEIER, J. & GORT, G. & COMANS, R., MÄDER, P., BRUSSAARD, L. , R. G. M., G., 2019: Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. Ecological Indicators. 99. 38-50.
BRANDSTETTER A., SLETTEN R. S., MENTLER A. AND WENZEL W., 1996: Estimating dissolved organic carbon in natural waters by UV absorbance (254 nm). Z. Pflanzenernähr.Bodenk. 159, 605–607
LAL, R.,2016: Soil health and carbon management. Food and Energy Security. 5. 10.1002/fes3.96.
LANGE, M., EISENHAUER, N., SIERRA, C.A., BESSLER, H., ENGELS, C., GRIFFITHS, R.I., MELLADO-VÁZQUEZ, P.G., MALIK, A.A., ROY, J., SCHEU, S., STEINBEISS, S., THOMSON, B.C., TRUMBORE, S.E., GLEIXNER, G., 2015: Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. Nature Communications, 6, 6707.
OTTOW, J.C.G. ,2011: Mikrobiologie von Böden - Biodiversität, Ökophysiologie und Metagenomik. Springer Verlag.
WEIL, R., ISLAM, K., STINE, M., GRUVER, J., SAMSON-LIEBIG, S. E., 2003: Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. American Journal of Alternative Agriculture, 18(1), 3-17.
WILCOX, R. R. ,2017: Introduction to Robust Estimation and Hypothesis Testing (4th ed.). Elsevier Academic Press.

Adressen der Autoren

[1] Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Bodenforschung, Peter Jordan Str. 82, A-1190 Wien

[2] Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau, Konrad-Lorenz-Straße 24, A-3430,Tulln

[*] Ansprechpartnerin: Luca Giuliano BERNARDINI, Bsc. luca.bernardini@boku.ac.at

Trockenmasse- und Energieerträge bei unterschiedlicher Grundfutternutzung in Abhängigkeit der Bodenklimazahl

Dry matter and energy yields for different forage utilisation depending on soil-climate-index

Reinhard Resch*, Andreas Klingler und Andreas Schaumberger

Einleitung

Die Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (AWI) stellte im Jahr 2013 erstmals Praxisbetrieben einen Online-Deckungsbeitragsrechner zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Produktionsverfahren zur Verfügung (GAHLEITNER et al. 2022). Die Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (R-G) lieferte hierzu die Faustzahlen in Abhängigkeit von Erschwernislage (Berghöfekatasterpunkte) und biologischer oder konventioneller Wirtschaftsweise für Trockenmasse (TM)-Erträge und Energie von Wirtschaftsgrünland bei unterschiedlicher Futternutzung (Grünfutter, Silage, Heu, Weide) sowie für Feldfutter und Silomais. Im Jahr 2020 wurden auf Basis einer umfangreichen Datengrundlage die durchschnittlichen Erträge dieser verschiedenen Grundfutternutzungen in Abhängigkeit der Bodenklimazahl (BKZ) ermittelt. Nach BMF (2022) drückt die BKZ die natürliche Ertragsfähigkeit der landwirtschaftlich genutzten Bodenfläche eines Grundstücks im Verhältnis 1 bis 100 zum ertragfähigsten Boden Österreichs mit der Wertzahl 100 aus. Die vorliegende Arbeit beschreibt den Zusammenhang zwischen fünf BKZ-Klassen mit entsprechender Nutzungshäufigkeit und den mittleren TM- und Energieerträgen bei unterschiedlicher Grünlandnutzung, Feldfutterbau und Silomais.

Material und Methoden

Um eine Klassifizierung von Erträgen in Abhängigkeit der Ertragsfähigkeit landwirtschaftlicher Grundfutterflächen zu ermöglichen, wurde die BKZ in fünf Klassen unterteilt: (1) > 80, (2) 61 bis 80, (3) 41 bis 60, (4) 20 bis 40, (5) < 20. Viele verfügbare Ertragsdaten der vergangenen 25 Jahren für Grundfutter inklusive Silomais von verschiedenen österreichischen Standorten wurden mit einer BKZ-Karte verschnitten und den BKZ-Gruppen zugeordnet. Als Datenquellen für TM-Bruttoerträge dienten für (a) Dauerwiesen: R-G mit Außenstellen, DaFNE-Projekt 101309 DW-NET4 (2002-2019); (b) Dauerweiden: MaB-Projekt 6/21 Grünland im Berggebiet (1997-2001); (c) Feldfutter: R-G, Forschungsprojekt AL20795 an sechs niederösterreichischen Fachschulen (1995-1999), Amtliche Sortenwertprüfung (AGES 2021); (d) Silomais: Feldfruchternte nach STATISTIK AUSTRIA (2022), Amtliche Sortenwertprüfung (AGES 2021).
Für die mittleren Verluste bei Ernte, Futterkonservierung, Lagerung und Futtervorlage zur Berechnung der TM-Nettoerträge wurden Faustzahlen nach WEISSBACH (1993) und STEINHÖFEL (2020) angesetzt. Die mittleren Energiedichten für die unterschiedlichen Grundfutterarten stammen aus den Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum (RESCH et al. 2006) und von mehrjährigen Analysendaten des Futtermittellabors Rosenau (STÖGMÜLLER 2021). Die Energiekonzentrationen der Futterkonserven Grassilage, Heu und Maissilage wurden außerdem mit den Daten aus den LK-Silageprojekten 2003 bis 2020 (RESCH 2021a) bzw. den LK-Heuprojekten 2008 bis 2018 (RESCH und STÖGMÜLLER 2019) abgeglichen.
Auswertungen von Erträgen auf unterschiedlich genutzten Grünlandflächen (MaB-Projekt 6/21) zeigten nur marginale Unterschiede zwischen ÖPUL-Maßnahmen (inkl. Bio) und konventioneller Wirtschaftsweise, sodass auf eine entsprechende Differenzierung verzichtet wurde.
Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf durchschnittliche Standortbedingungen (Klima, Exposition, Bodenbedingungen, Management, etc.) unter Nährstoffversorgung nach der Richtlinie für die sachgerechte Düngung (BMLRT 2022).

Ergebnisse und Diskussion

Die österreichischen Regionen, in denen Grünlandwirtschaft und Futterbau betrieben werden, weisen sehr unterschiedliche Standortbedingungen auf. Nach SCHAUMBERGER (2011) erhöht sich die durchschnittliche Nutzungshäufigkeit von Grünland- und Futterbauflächen mit zunehmender Dauer der Vegetationsperiode und mit günstigeren Boden- und Klimabedingungen (Temperatur und Wasserversorgung). Die Auswertungen des MaB-Projektes zeigen, dass Dauer-/Kulturweiden bei gleichen Standortbedingungen im Durchschnitt um 0,5-mal öfter genutzt werden als Wiesen. Das gleiche gilt für Feldfutter, welches aufgrund der besseren Wüchsigkeit tendenziell früher geerntet wird als Dauerwiesen.
Für Dauerwiesen mit zwei bis vier Schnittnutzungen pro Jahr wurden zur Ertragsmodellierung Daten aus dem Projekt DW-NET 4 (RESCH 2021b) mit insgesamt 27 Versuchsstandorten und mit einer BKZ zwischen 16 und 84 und die Jahre 2002 bis 2019 herangezogen. Für einen mittleren TM-Bruttoertrag in t/ha und Jahr ergaben sich in Abhängigkeit von Schnitthäufigkeit und BKZ linearen Beziehungen M1 bis M3. Unter Berücksichtigung der BKZ von 30, 50 und 70 und einer realitätsnahen Steigerung der Nutzungshäufigkeiten für die zunehmende BKZ, wurde das TM-Bruttoertragsmodell M4 für den gesamten BKZ-Bereich von 1 bis 100 abgeleitet (Tabelle 1). Aus den MaB-Daten ergab sich unter gleichen Standortbedingungen und gleicher Nutzungshäufigkeit für den TM-Bruttoertrag kein Unterschied zwischen Dauer-/Kulturweiden und Dauerwiesen. Diese Beobachtung wurde auch von STARZ (2020) bestätigt. Die Weide-Bruttoerträge in den BKZ-Klassen entsprechen somit auch dem Modell M4.
Die Ertragsmodellierung für den Feldfutterbau wurde auf gleiche Weise wie bei den Dauerwiesen durchgeführt. Hier standen insgesamt 9 Standorte mit einer 4-Schnittnutzung zur Verfügung (BUCHGRABER et al. 2000). Daraus ergab sich folgendes lineares Ertragsmodell M5. Die Ertragswerte für eine geringere bzw. höhere Nutzungshäufigkeit des Feldfutters wurden aus den relativen Differenzen der Dauerwiesen-Matrix für BKZ und Nutzungshäufigkeit abgeleitet. Das an die realitätsnahe Nutzungshäufigkeit angepasste Ertragsmodell für Feldfutter ist in Tabelle 1 mit M6 bezeichnet.
Die TM-Bruttoerträge für Silomais wurden im ersten Schritt aus der Beschreibenden Sortenliste (AGES 2021) für insgesamt 10 Standorte herangezogen. Nach Zuordnung der BKZ auf diese Standorte ergab sich Regressionsgleichung M7. Ein Vergleich der Erträge von Silomais mit den Angaben zur Feldfruchternte aus den letzten 10 Jahren (STATISTIK AUSTRIA 2022) zeigte, dass die Sortenversuche bei einer durchschnittlichen BKZ von 47 auf 21,1 t TM/ha kamen. Das war um 4,6 dt TM/ha höher als die mittleren TM-Erträge der Statistikdaten aus der Feldfruchternte in Österreich. Dieser Umstand hängt wahrscheinlich mit der optimalen Kulturführung und der rein mineralischen Düngung in den Sortenversuchen zusammen. In der angepassten Ertragsgleichung M8 für Silomais wurde deshalb der TM-Ertrag um 4,6 t linear reduziert, um ihn auf ein praxisnahes Maß einzustellen (Tabelle 1). Die Silomais-Faustzahlen für die BKZ-Klasse 5 (< 20) sind in der Tabelle 2 in Klammer gesetzt, weil der Anbau von Silomais unter so ungünstigen Voraussetzungen in der Praxis nicht empfohlen wird und die Ertragsschätzung einer Extrapolation unterliegen. Außerdem ist der Anbau von Silomais auf Flächen mit weniger als BKZ 25 (Grenzlagen) auch deswegen in Frage zu stellen, weil hier der Feldfutterbau durchaus konkurrenzfähig ist.

Tabelle 9: **Lineare Modelle für den TM-Bruttoertrag von unterschiedlichen Grundfutterkulturen in Abhängigkeit der Bodenklimazahl (BKZ)**

Kultur	Modell-Kürzel	lineares Modell	Anmerkung
Dauerwiese	M1	y = 0,0437 × BKZ + 5,3476	2-Schnittnutzung
	M2	y = 0,0444 × BKZ + 5,7211	3-Schnittnutzung
	M3	y = 0,0422 × BKZ + 6,4051	4-Schnittnutzung
Dauerwiese/-weide	**M4**	**y = 0,0578 × BKZ + 5,3325**	**allgemeines Modell für Tabelle 2**
Feldfutter	M5	y = 0,0480 × BKZ + 7,4390	4-Schnittnutzung
	M6	**y = 0,0663 × BKZ + 6,5175**	**allgemeines Modell für Tabelle 2**
Silomais	M7	y = 0,1662 × BKZ + 13,3350	Sortenwertprüfung (AGES)
	M8	**y = -3,325 × BKZ + 26,9930**	**allgemeines Modell für Tabelle 2**

Bei den Bruttoerträgen sind bis zur tierischen Verwertung unvermeidbare und vermeidbare Verluste zu berücksichtigen, welche bei der Ernte, Futterkonservierung, Lagerung und der Futtervorlage auftreten. Die wichtigsten Grundfuttermittel in Österreich sind Grünfutter aus Weidehaltung und Eingrasung,

Grassilage, Heu und Maissilage. Gemäß den Verlustraten nach WEISSBACH (1993) bzw. STEINHÖFEL (2020) für Grünland unter Schnittnutzung bzw. nach STARZ (2020) für Weidehaltung, wurden für die Ermittlung der TM-Nettoerträge mittlere Bedingungen angenommen und folgende Verluste festgesetzt: Eingrasen -3 %, Silomais -10 %, Grassilage aus Dauerwiese/Feldfutter -20 %, Heu -25 % und für Weidehaltung -15 %, aufgrund von Futterselektion und Geilstellen.

Tabelle 2: **Mittlere Nutzungshäufigkeiten, TM-Erträge, Energiedichten und Energie-Erträge in Abhängigkeit der Art der Grundfutternutzung und der Bodenklimazahl**

Bodenklimazahl (BKZ)*	Einheit	BKZ-Klasse 1 **90** (> 80)	BKZ-Klasse 2 **70** (61-80)	BKZ-Klasse 3 **50** (41-60)	BKZ-Klasse 4 **30** (20-40)	BKZ-Klasse 5 **10** (< 20)
Anzahl Ernteaufwüchse pro Jahr						
Feldfutter-Silage	Anzahl	5	4,5	4	3,5	3
Dauerwiese Eingrasen	Anzahl	4,5	4	3,5	3	2,5
Dauerwiese Silage	Anzahl	4,5	4	3,5	3	2,5
Dauerwiese Heu	Anzahl	4	3,5	3,1	2,7	2,3
Dauerweide	Anzahl	5	4,5	4	3,5	3
Trockenmasse-Bruttoerträge						
Silomais	t/ha	23,7	20,3	17,0	13,7	(10,4)
Feldfutter	t/ha	12,5	11,2	9,8	8,5	7,2
Dauerwiesen/-weiden	t/ha	10,5	9,4	8,3	7,1	5,9
Trockenmasse-Nettoerträge (abzüglich Ernte- u. Konservierungsverluste nach STEINHÖFEL 2020)						
Silomais	t/ha	21,3	18,3	15,3	12,3	(9,3)
Feldfutter Silage	t/ha	10,0	8,9	7,9	6,8	5,7
Dauerwiese Eingrasen	t/ha	10,2	9,1	8,0	6,8	5,7
Dauerwiese Silage	t/ha	8,4	7,5	6,6	5,6	4,7
Dauerwiese Heu	t/ha	7,9	7,0	6,2	5,3	4,4
Dauerweide	t/ha	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0
Energiekonzentration Nettoenergie-Laktation (NEL)						
Silomais	MJ NEL/kg TM	6,75	6,62	6,50	6,38	(6,25)
Feldfutter Silage	MJ NEL/kg TM	6,30	6,22	6,13	6,07	6,00
Dauerwiese Eingrasen	MJ NEL/kg TM	6,20	6,15	6,10	6,03	5,95
Dauerwiese Silage	MJ NEL/kg TM	6,10	6,07	6,00	5,92	5,83
Dauerwiese Heu	MJ NEL/kg TM	5,60	5,55	5,50	5,45	5,40
Dauerweide	MJ NEL/kg TM	6,30	6,25	6,20	6,15	6,10
Netto-Energieerträge						
Silomais	GJ NEL/ha	143,8	121,2	99,6	78,6	(58,3)
Feldfutter Silage	GJ NEL/ha	62,9	55,5	48,3	41,3	34,5
Dauerwiese Eingrasen	GJ NEL/ha	63,3	55,8	48,8	41,2	34,1
Dauerwiese Silage	GJ NEL/ha	51,4	45,5	39,6	33,4	27,6
Dauerwiese Heu	GJ NEL/ha	44,2	39,0	34,0	28,8	23,9
Dauerweide	GJ NEL/ha	56,4	49,7	43,5	36,9	30,6

*Bodenklimazahl: Zahl in fetter Schrift = Mittelwert, Werte in Klammer = BKZ-Bereich von bis

Die mittleren Ertragspotenziale in den BKZ-Klassen spiegeln den starken Einfluss von Boden und Klima wider (Tabelle 2). In den Gunstlagen mit einer BKZ über 80 können Grünland-/Feldfutterflächen durchschnittlich 4 bis 5 Aufwüchse mit einem TM-Nettoertrag je nach Futternutzung/-konservierung von 7,9 bis 10,2 t/ha erzielen. Schlechte Böden und ungünstiges Klima (BKZ < 20) führen zu wesentlich geringerer Bewirtschaftungsintensität mit nur 2 bis 3 Aufwüchsen und mittleren TM-Nettoerträgen zwischen 4,4 bis 5,7 t/ha. Gegenüber den besten Gunstlagen waren die Erträge in den schlechten Lagen um 42 bis 44 % geringer. In der Praxis kann innerhalb der jeweiligen BKZ-Klassen und Grundfutternutzung in Abhängigkeit von Standort- und Bewirtschaftungseinflüssen mit einer Streuung von +/- 1,0 bis 1,5

t/ha TM-Bruttojahresertrag gerechnet werden. Unter extremen Verhältnissen wie z.B. stark ausgeprägter Trockenheit in der Vegetationsperiode können die Abweichungen noch größer sein.
Aufgrund der höheren Energiedichte des Futters bei intensiver Bewirtschaftung sind die Differenzen von guten und schlechten Lagen im Energieertrag noch deutlicher ausgeprägt als beim TM-Ertrag. Je nach Vegetationsverlauf und Witterung kann auf Grünlandflächen noch mit einem zusätzlichen Weidegang im Herbst gerechnet werden, der zwischen 0,3 bis 1,0 t TM/ha an Ertrag bringen kann. Beim Feldfutter wäre prinzipiell keine Unterscheidung in den Kategorien 1 und 2 vorzunehmen, da in den Gunstlagen (außerhalb des benachteiligten Berggebietes) mit geringeren Niederschlägen bzw. Trockenperioden in den Sommermonaten zu rechnen ist.
Abschließend stellt sich die Frage, inwieweit die ermittelten TM-Bruttoerträge in den BKZ-Klassen mit den Ertragsangaben in der Richtlinie für die sachgerechte Düngung (BMLRT 2022) zusammenpassen. Ein Vergleich bei Grünlandnutzung zeigt, dass die Faustzahlen zwischen 5,9 bis 10,5 t TM/ha aus Tabelle 1 für die mittlere und hohe Ertragslage stark mit der SGD korrelierten. Ein ebenso starker Zusammenhang, nur auf etwas höherem Ertragsniveau, konnte für das Feldfutter in der mittleren bzw. hohen Ertragslage festgestellt werden. Die niedrige Ertragslage in der SGD dürfte stärker ertragsmindernde Verhältnisse wie extensive Bewirtschaftung mit Unterversorgung an Nährstoffen, stärkere Hangneigung und dergleichen berücksichtigen. Die Mittelwerte in den BKZ-Klassen dürften mit der niedrigen Ertragslage aus der SGD deshalb nicht zusammenhängen, weil die Bedingungen in den Feldversuchen selbst bei niedriger BKZ noch „zu günstig“ waren. Die TM-Bruttoerträge von Silomais in den BKZ-Klassen 1 bis 4 passten sehr gut mit den Ertragslagen der SGD, die dort von 13,3 bis über 21 t TM/ha reichten, zusammen.

Zusammenfassung

Die Zuordnung von Ertragsdaten aus verschiedenen österreichischen Gebieten für Grünland (Dauerwiesen/Dauerweiden), Futterbau und Silomais in fünf Klassen der Bodenklimazahl (BKZ) zeigt, dass die BKZ ein geeigneter Parameter zur Darstellung des mittleren Ertragspotenzials von landwirtschaftlichen Futterflächen mit unterschiedlicher Bonität ist. Außerdem ist den Betriebsleitern die BKZ jeder Fläche aus der Bemessung des Einheitswertes bekannt, sodass dieses Verfahren in der Praxis gut angewendet werden kann. Gegenüber den Gunstlagen (BKZ > 80) hatten die schlechten Lagen (BKZ < 20) beim Grünland und Feldfutter um 42 bis 44 % sowie beim Silomais um 56 % weniger TM-Bruttoerträge zu verzeichnen. Mit Feldfutter-Silage kann in den besten Lagen Österreichs der 2,6-fache Energieertrag im Vergleich zu schlechten Lagen und Heukonservierung erreicht werden. Extrem schlechte Verhältnisse konnten über die Darstellung von Mittelwerten in den BKZ-Klassen nicht abgebildet werden. Die Ertragswerte in den BKZ-Klassen stimmen mit dem Zahlenwerk der Richtlinie für die sachgerechte Düngung (SGD) für die mittlere und hohe Ertragslage sehr gut überein.

Abstract

We assigned yield data from different Austrian sources for permanent grassland, forage leys and maize silage into five classes of the Soil-Climatic-Index (SCI). The SCI is a proper parameter representing the average yield of agricultural forage areas with different potential. Farm managers are familiar with the SCI of each field, so a practical application is possible. Compared to the top favourable sites (SCI > 80), the poor sites (SCI < 20) decreased in yield by 42 to 44 % for grassland and forage leys and by 56 % for silage maize. Compared to poor locations and hay conservation, silage of leys in the best sites of Austria can achieve 2.6 times more energy yield. Averages could not represent poor site conditions via the SCI classes. The yields in the SCI classes agree very well with the values of the subdivision of the Austrian Guidelines for Proper Fertilization (SGD).

Literatur

AGES (Hrsg.), 2021: Österreichische Beschreibende Sortenliste 2021 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2021, ISSN 1560-635X, Wien, 252 S. (https://bsl.baes.gv.at/pdf-version/, 05.02.2022)

BUCHGRABER, K., GERL, S., PÖTSCH, E.M., 2000: Überprüfung der Qualitätssaatgutmischungen auf die Sortenbeständigkeit und deren Konkurrenzkraft sowie Feststellung des Ertrages und der Futterqualität. Abschlussbericht Forschungsprojekt AL20795, BAL Gumpenstein, Irdning, 57 S.
BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, REGIONEN UND TOURISMUS (BMLRT), 2022: Richtlinie für die Sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. 8. Auflage, 185 S.
Bundesministerium für Finanzen, 2022: Land- und forstwirtschaftliches Vermögen/Bodenschätzung. (https://www.bmf.gv.at/themen/steuern/immobilien-grundstuecke/grundbesitzabgaben-einheitsbewertung/land-und-forstwirtschaftliches-vermoegen-bodenschaetzung.html, 01.01.2022)
GAHLEITNER, G., HEINSCHINK, K., LINDER, S., MARIA, R., SKIDMORE, T., 2022: IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, Wien, (https://idb.agrarforschung.at/default.html;jsessionid=E38D3AA8FDF65554696E8B5E28276458, 05.02.2022)
RESCH R, GUGGENBERGER T, GRUBER L, RINGDORFER F, BUCHGRABER K, WIEDNER G, KASAL A, WURM, K, 2017: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG-INFO 8/2006, Neuauflage. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irdning, 20 S.
RESCH, R., STÖGMÜLLER, G., 2019: Heuqualität auf österreichischen Praxisbetrieben unter besonderer Berücksichtigung der Feld- und Lagerpilzflora. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2019, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 111-132.
RESCH, R., 2021a: Qualitätspotenziale bei Gras- und Maissilagen in Österreich – Erkenntnisse aus dem LK-Silageprojekt 2020. 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2021, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 33-68.
RESCH, R., 2021b: Langzeitauswirkungen differenzierter Bewirtschaftungsintensität von Dauerwiesen unter besonderer Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Effekte. Zwischenbericht zum DaFNE-Forschungsprojekt „DW-NET4“ (Nr. 101309), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 45 S.
SCHAUMBERGER, A., 2011: Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland. Dissertation, Technische Universität Graz, Institut für Geoinformation, 264 S.
STARZ, W., 2020: Weidehaltung von Rindern im alpinen Raum Österreichs – Eine monderne und innovative Betriebsstrategie. Dissertation - Institut für Ökologischer Landbau (IFÖL), BOKU-Universität für Bodenkultur, 195 S.
STATISTIK AUSTRIA, 2022: Feldfruchternte. (https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/feldfruechte/index.html, 25.01.2022).
STEINHÖFEL, O., 2020: Konservierung von Futtermitteln, In: Jeroch, H.; Drochner, W.; Rodehutscord, M.; Simon, A., Simon, O. und Zentek, J. (Hg.): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, 310-335.
STÖGMÜLLER, G., 2021: Neues aus dem Futtermittellabor Rosenau. Fütterungsreferententagung 2021, St. Veit an der Glan, Vortrag, 22.09.2021
WEISSBACH, F., 1993: Grünfutter und Grünfutterkonservate, In: JEROCH, H.; FLACHOWSKY, G. und WEISSBACH, F. (Hg.): Futtermittelkunde, Gustav Fischer Verlag Jena – Stuttgart, 74 -154.

Adressen der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 22451-320

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Maßnahmen zur Regulierung des Kleinen Klappertopfs in extensiven Grünland

Measures to control yellow rattle in extensive grassland

Lukas Gaier[1*], Bernhard Krautzer[1] und Wilhelm Graiss[1]

Einleitung

Naturnahes, extensiv genutztes Grünland weist im Vergleich zu intensiv genutztem Grünland eine wesentlich höhere pflanzliche Biodiversität auf und bietet Lebensraum für viele Tierarten (PÖTSCH et al. 2005). Der Anteil dieser ökologisch wertvollen Grünlandflächen nimmt allerdings durch Nutzungsaufgabe und Landnutzungsänderungen stetig ab, in Österreich in den letzten 60 Jahren um etwa 50%. Auf der einen Seite wurden ertragreiche Standorte intensiviert, während ertragsschwache Standorte aufgegeben oder gezielt aufgeforstet wurden. Damit verbunden ist ein Verlust an Biodiversität, der für Bienen, Wildbienen und andere blütenbestäubende Insekten zunehmend existenzielle Probleme mit sich bringt (Seibold et al, 2019). Um dem Verlust an Biodiversität Einhalt zu gebieten muss der Pflege dieser Flächen große Aufmerksamkeit gewidmet werden, um sie auch für die Zukunft zu erhalten.
Einerseits soll die Artenvielfalt in diesen Gebieten gefördert werden, andererseits muss der Erhaltungsaufwand so gering wie möglich gehalten werden um nachhaltige Bewirtschaftungsmethoden zu ermöglichen. Die extensive Zweischnittnutzung mit einem späten ersten Schnitt ermöglicht den blühenden Kräutern eine natürliche Aussaat, bietet aber auch ideale Bedingungen für einige unerwünschte Bestandspartner. Eine dieser Arten ist der Kleine Klappertopf (*Rhinanthus minor*). Diese Art lebt als hemiparasitäre Pflanze hauptsächlich auf Leguminosen und Gräsern und kann die gesamte Pflanzengemeinschaft beeinträchtigen (Mudrák und Lepš, 2010). Während ein kleiner Teil dieser Art für die biologische Vielfalt wertvoll ist, kann ihr vermehrtes Auftreten den Futterertrag und die Deckung wertvoller blühender Arten verringern. Da es sich beim Kleinen Klappertopf um eine einjährige Pflanze handelt wird in der Literatur ein früher erster Schnitt als mögliche Bekämpfungsmaßnahme empfohlen um die Pflanzen am Aussamen zu hindern, allerdings es liegen dazu nur wenige genaue Daten vor (Westbury, 2004). Aus diesem Grund wurde im Jahr 2020 ein Feldversuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Wir untersuchten die Auswirkung eines einmaligen frühen ersten Schnittes auf das Artengruppenverhältnis und insbesondere auf den Anteil des Kleinen Klappertopfs in ungedüngtem und mäßig gedüngtem Grünland.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde im Mai 2020 auf einer Langzeitversuchsfläche der HBLFA Raumberg- Gumpenstein, Österreich (47°29N, 14°06E; 710 m ü.d.M.) angelegt. Der Pflanzenbestand auf der Versuchsfläche war eine artenreiche Glatthafer-Wiese, die 2009 angelegt wurde und bis Herbst 2018 keine Düngung erhielt (Schaumberger et al. 2021). Im Oktober 2018 wurden unterschiedliche Düngungsbehandlungen gestartet. In diesem Beitrag werden nur eine ungedüngte Kontrollbehandlung und eine Behandlung, die mit 45 kg/ha N (Kompostdünger) gedüngt wurde, betrachtet. Um die Auswirkungen des frühen ersten Schnitts zu untersuchen, wurde der anfängliche Pflanzenbestand der gedüngten und der ungedüngten Parzellen (14,5x3 m) im Juni 2020 in jeweils zwölffacher Wiederholung erhoben. Dazu schätzten wir die projektive Deckung der Artengruppen (Gräser, Leguminosen, Kräuter) und den projektiven Anteil des Kleinen Klappertopfs. Nach den Erhebungen teilten wir die Parzellen auf und mähten eine Hälfte (7,25 x 3 m) am 19. Juni vor der Samenreife des Kleinen Klappertopfs. Die zweite Hälfte mähten wir drei Wochen später am 8. Juli (regulärer Mähtermin). Der zweite Schnitt wurde bei allen Behandlungen am 15. September durchgeführt. Um die Wirksamkeit des frühen Schnitts zu untersuchen, wurden die gleichen Parameter im Juni 2021 erneut erhoben. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm R-studio durchgeführt. Da keine Normalverteilung vorlag, führten wir einen Kruskal-Wallis-Test und einen Shapiro-Rangsummentest durch. Die Signifikanz der Unterschiede wurde mit einem Signifikanzniveau von $p < 0{,}05$ berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen der Ausgangssituation zeigten, dass kompostgedüngte Parzellen einen höheren Anteil der projektiven Deckung an Gräsern und Leguminosen aufwiesen als die ungedüngten Parzellen. Der Anteil der projektiven Deckung bei Kräutern war in beiden Varianten fast gleich, und es gab keine Unterschiede beim Anteil des Kleinen Klappertopfs im Jahr 2020 (Tabelle 1).

Tabelle 10: **Vergleich der mittleren projektiven Deckung der Artengruppen und Rhinanthus minor [%] in den Jahren 2020 und 2021**

	2020				**2021**			
	Gräser	**Kräuter**	**Leguminosen**	**R. minor**	**Gräser**	**Kräuter**	**Leguminosen**	**R. minor**
Ungedüngt	18.50 [b]	29.33 [a]	15.50 [b]	7.76 [a]	14.92 [c]	57.75 [c]	15.67[c]	16.83 [b]
Kompost gedüngt	22.67 [a]	30.33 [a]	20.33 [a]	8.94 [a]	25.25 [b]	45.58 [b]	27.50 [b]	15.17 [b]
Ungedüngt, früher Schnitt im Jahr 2020					21.67 [b]	45.00 [b]	26.67 [ab]	2.46 [a]
Kompost gedüngt, Früher Schnitt im Jahr 2020					37.92 [a]	28.33 [a]	33.33 [a]	1.88 [a]

Index a-c kennzeichnet Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb eines Jahres

Im Jahr 2021 zeigten sich die Auswirkungen des frühen ersten Schnitts des Vorjahrs. In beiden Düngungsvarianten nahm der Anteil des Kleinen Klappertopfs durch den früheren Schnittzeitpunkt deutlich ab, während er bei der regulären Bewirtschaftung signifikant zunahm (Tabelle 2).

Tabelle 11: **Vergleich der mittleren projektiven Deckung der Artengruppen und Rhinanthus minor [%] innerhalb der Düngevarianten**

	Ungedüngt				**Kompost-gedüngt**			
	Gräser	**Kräuter**	**Leguminosen**	**R. minor**	**Gräser**	**Kräuter**	**Leguminosen**	**R. minor**
2020	18.50[ab]	29.33[a]	15.50[a]	7.76[a]	22.67[a]	30.33[a]	20.33[a]	8.94[a]
2021 (früher Schnitt im Jahr 2020)	21.67[a]	45.00[b]	26.67[b]	2.46[b]	37.92[b]	28.33[a]	33.33[b]	1.88[b]
2021	14.92[b]	57.75[c]	15.67[a]	16.83[c]	25.25[a]	45.58[b]	27.50[c]	15.17[c]

Index a-c kennzeichnet Unterschiede zwischen dem Ausgangsbestand und den verschiedenen Schnittzeitpunkten innerhalb einer Düngevariante

In allen Fällen war die Zunahme des Kleinen Klappertopfs mit einer deutlichen Zunahme des Kräuteranteils verbunden. Bei der kompostgedüngten Variante nahm der Anteil der Leguminosen unabhängig vom Schnittzeitpunkt zu, während bei der ungedüngten Behandlung nur ein früherer Schnitt zu einer Zunahme der Leguminosen führte. Der frühe erste Schnitt führte auch zu einer Zunahme der Gräser, welche allerdings nur bei der kompostgedüngten Variante signifikant war.
Im Hinblick auf die Förderung der Artenvielfalt ist der frühe Schnittzeitpunkt in der ungedüngten Variante besonders interessant. Einerseits wurde der Anteil des Kleinen Klappertopfs deutlich reduziert, andererseits nahm der allgemeine Anteil an Kräutern und Leguminosen stark zu.
Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass einfache Managementänderungen kurzfristig erhebliche Auswirkungen haben können. Der Versuch muss aber über mehrere Jahre beobachtet werden, um die Nachhaltigkeit dieser einmaligen Maßnahme beurteilen zu können.

Schlussfolgerung

Die Untersuchung ergab eine signifikante Verringerung des Kleinen Klappertopfs durch einen frühen ersten Schnitt im Vorjahr, sowohl bei der ungedüngten als auch bei der gedüngten Variante. Der frühe erste Schnitt stellt somit eine gute Bekämpfungsstrategie dar, die nachhaltige Wirkung muss aber noch weiter untersucht werden.

Zusammenfassung

Aufgrund der Aufgabe von landwirtschaftlichen Betrieben und der Veränderungen in der Landnutzung nimmt der Anteil des extensiv genutzten Grünlands stetig ab. Bei adäquater Bewirtschaftung weisen diese Flächen eine deutlich höhere floristische Artenvielfalt als intensiv genutzte Grünlandflächen auf. Aufgrund der mäßigen Nutzung können sich in diesen Beständen eine Vielzahl wertvoller blühender Kräuter langfristig etablieren. Neben diesen erwünschten Kräutern können sich aber auch unerwünschte Bestandspartner etablieren und nachhaltige Schäden am Pflanzenbestand verursachen. Eine dieser unerwünschten Arten ist der Kleine Klappertopf (*Rhinanthus minor*).
Um diesem Problem zu begegnen wurde auf einer Langzeitfläche an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in den Jahren 2020 und 2021 ein Feldversuch durchgeführt. Auf einem zehn Jahre lang ungedüngten, zweischnittigen Grünland wurden die Auswirkungen einer moderaten Düngung und eines einmaligen frühen ersten Schnittes auf das Artengruppenverhältnis und insbesondere auf den Anteil des Kleinen Klappertopfs untersucht. Im Jahr nach dem frühen ersten Schnitt wurde ein signifikanter Rückgang des Kleinen Klappertopfs im Vergleich zum üblichen Schnittzeitpunkt beobachtet.

Abstract

Due to farm abandonment and changes in land use, the proportion of extensively used grasslands is steadily decreasing. When adequately managed, these areas have significantly higher floristic biodiversity than intensively used grasslands. Because of the moderate use, various flowering herbs can persist in these stands. However, in addition to the desired flowering herbs, undesirable stand partners can also establish and cause lasting damage. One of these undesirable herbs is the yellow rattle (Rhinanthus minor). We conducted a field trial at AREC Raumberg - Gumpenstein on a long-term experimental plot to address this problem. On a two-cut grassland that had been unfertilized for ten years, we investigated the effects of moderate fertilization and a single early first cut on species group ratio and, in particular, on the fraction of yellow rattle. In the year following the early first cut, we observed a significant decrease of yellow rattle compared to the usual cutting time.

Literatur

MUDRÁK O, LEPŠ J, 2010: Interactions of the Hemiparasitic Species Rhinanthus minor with its Host Plant Community at Two Nutrient Levels. *Folia Geobotanica*, 45, 407-424.
PÖTSCH E. M, BLASCHKA A, RESCH R, 2005: Impact of different mangement systems and location parameters on floristic diversity of mountainous grassland. *Grassland Science in Europe* 10, 315-318.
SCHAUMBERGER S, BLASCHKA A, KRAUTZER B, GRAISS W, KLINGLER A, PÖTSCH E. M, 2021: Successful transfer of species-rich grassland by means of green hay or threshing material: Does the method matter in the long term? *Applied Vegetation Science*, 24(3),
SEIBOLD S, GOSSNER M. M, SIMONS N. K, BLÜTHGEN N, MÜLLER J, AMBARLI D, WEISSER W. W, 2019: Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, 574(7780), 671-674.
WESTBURY D. B, 2004: Rhinanthus Minor L. The Journal of ecology, 92, 927.

Adressen der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: DI Lukas GAIER, lukas.gaier@raumberg-gumpenstein.at

Auswirkung von Dürreperioden auf Ertrag und Qualität im Grünland in einem sich verändernden Klima

Drought impact on grassland yield and quality under changing climate

Andreas Schaumberger* und Andreas Klingler

Einleitung

Die Landwirtschaft mit ihrer direkten Abhängigkeit von klimatischen Bedingungen ist vom Kli-mawandel besonders stark betroffen. Als einer der wichtigsten Pflanzenwachstumsfaktoren bestimmt die Witterung sowohl die Art der landwirtschaftlichen Produktion als auch den Ertrag und damit den wirtschaftlichen Erfolg eines landwirtschaftlichen Betriebes. Im benachteiligten Berggebiet Österreichs ist die Grünlandwirtschaft mit ihrer großen Nutzungsvielfalt die wichtigste Kulturart und nimmt dort einen überwiegenden Teil der landwirtschaftlich genutzten Fläche ein. Die Wiesen und Weiden dienen hier in erster Linie der Grundfutterversorgung in der Viehwirtschaft, erfüllen jedoch auch wichtige ökologische Funktionen und sind unverzichtbarer Bestandteil der agrarisch geprägten Kulturlandschaft. Trockenheit als limitierender Faktor im sehr wasserbedürftigen Grünland wird in vielen Regionen ein zunehmend größeres Problem und gefährdet eine ausreichende Grundfutterversorgung.

Im Zuge des Klimawandels muss aufgrund einer Zunahme der globalen Mitteltemperaturen sowie einer ungleichmäßigeren Niederschlagsverteilung angenommen werden, dass die Häufigkeit und Intensität von Dürre zunimmt und auch Regionen betroffen sein werden, die bislang ausreichend mit Wasser versorgt sind (HASLINGER *et al.* 2015, IPCC 2021, ÖKS15 2016). Mit der an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein installierten Versuchsanlage ClimGrass werden in einem FACE-Experiment (Free Air Carbon Dioxide Enrichment), kombiniert mit Temperaturerhöhung und Regendächern, unter anderem die Auswirkungen von Dürreperioden auf Dauergrünland im direkten Vergleich zwischen aktuellem und zukünftigem Klima untersucht.

In mehreren Jahren wurden jeweils für die Dauer eines Aufwuchses künstliche Dürreperioden durch Abhaltung des Niederschlags erzeugt und dabei die Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem Grünland untersucht. Ertrag und Qualität des Grundfutters spielen dabei aus landwirtschaftlicher Sicht eine herausragende Rolle und wurden im Rahmen dieser Arbeit ausgewertet.

Material und Methoden

Auf insgesamt 54 Versuchsparzellen wird das gegenwärtige Klima einer Simulation, bestehend aus den Faktoren Temperatur und CO_2-Konzentration in zwei, untereinander kombinierten Abstufungen, gegenübergestellt. Inmitten der 16 m² großen Parzellen befindet sich auf einem höhenverstellbaren Rahmen ein Begasungsring, der mit CO_2 angereicherte Umgebungsluft zuführt, sowie Infrarotstrahler, welche die Bestandesoberfläche erwärmen. *Abbildung 1* zeigt eine Übersicht der Versuchsanlage mit allen Varianten und Faktorstufen. Die auf Referenzparzellen gemessene CO_2-Konzentration (C0) wird in der ersten Stufe um +150 (C1), in der zweiten Stufe um +300 ppm (C2) erhöht. Die Referenztemperatur (T0) wird um +1,5 °C (T1) bzw. +3,0 °C (T2) erhöht. Während die Temperaturbeaufschlagung beinahe ganzjährig angebracht wird, erfolgt die Zuführung von CO_2 mit unterscheidbarer Isotopensignatur (δ13C) nur tagsüber und ausschließlich in der Vegetationsperiode.

Die Regelung erfolgt dynamisch auf Basis von Referenzwerten unter Berücksichtigung externer Effekte wie Strahlungsintensität und Windgeschwindigkeit (vgl. PÖTSCH *et al.* 2019b). Neben den Faktoren CO_2-Konzentration und Temperatur unterstützt ClimGrass die Simulation von Trockenheit als weitere Faktorkombination. Dazu kann auf insgesamt zwölf, mit Regendächern ausgestatteten Parzellen, Wasserstress in Kombination mit gegenwärtigem und zukünftigem Klima erzeugt werden. Diese trockengestressten Varianten werden mit dem Buchstaben „R“ gekennzeichnet, welcher die Abkürzungen der beiden Klimavarianten ergänzt.

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, werden die Trockenexperimente auf den 12 Versuchsparzellen unter den Regendächern lediglich für die beiden Klimavarianten C0T0R und C2T2R durchgeführt. Für eine möglichst ganzheitliche Betrachtung des Ökosystems Grünland werden über eine Lysimeter- bzw. Bodengasmessanlage laufend Daten gesammelt, die den Einfluss von Klimaelementen auf den Wasserhaushalt und den Gasaustausch in unterschiedlichen Bodenstufen festhalten.

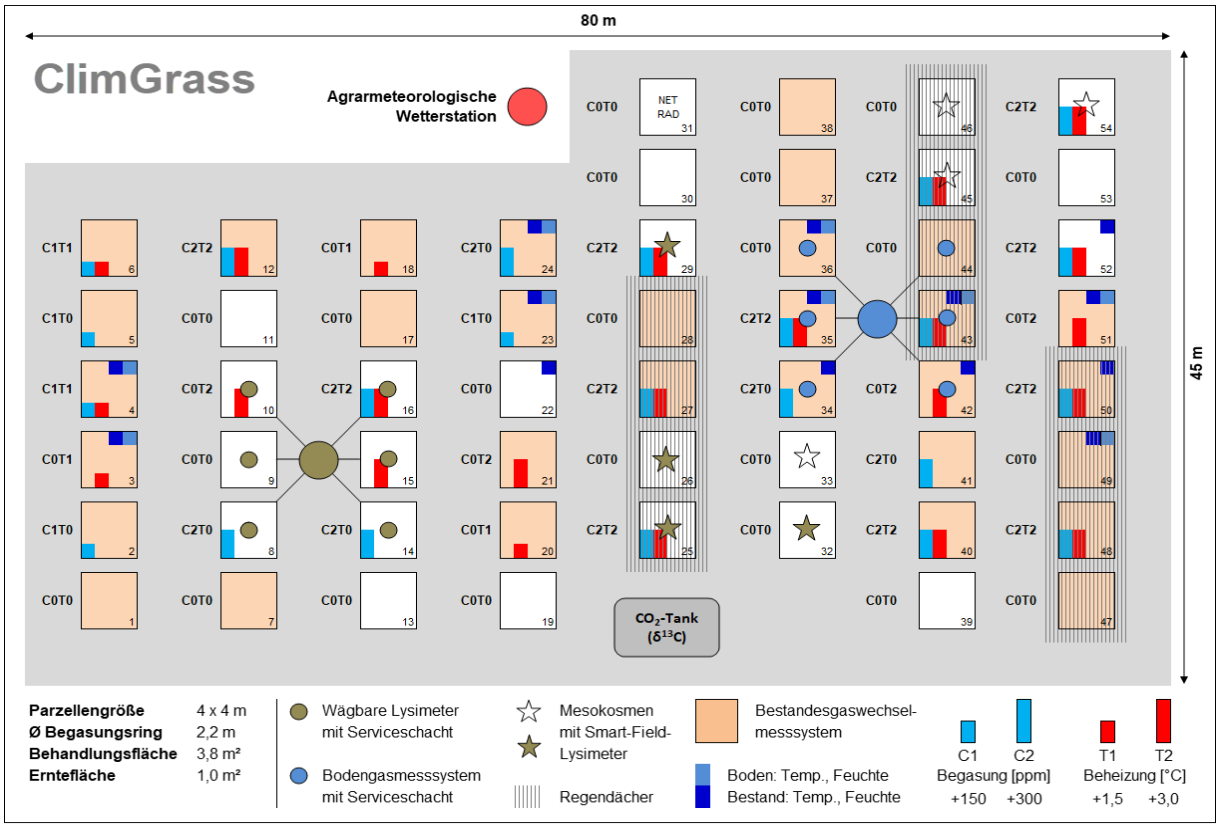


Abbildung 1: **Versuchsplan des multifaktoriellen Freilandexperimentes ClimGrass zur Simulation künftiger Klimabedingungen und Trockenperioden**

Sämtliche Versuchsparzellen werden als Dauerwiese mit drei Schnitten pro Jahr und gleicher Düngung bewirtschaftet. Innerhalb des Begasungsringes befinden sich auf jeder Parzelle definierte Bereiche für verschiedene Beobachtungen und Messungen. Dazu gehören Versuchsernten, Bodenprobennahmen oder Respirationsmessungen. Acht Parzellen sind mit jeweils zwölf Mesokosmen ausgestattet, die eine zusätzliche Abstufung mit unterschiedlicher Nährstoffversorgung erlauben. Auf vier dieser Mesoksomenparzellen wurden Smart-Field-Lysimeter zur detaillierten Beobachtung des Bodenwasserhaushalts während des Verlaufs von Dürreexperimenten installiert. Die hier vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf Trockenexperimente während des zweiten Aufwuchses in den Jahren 2017, 2020 und 2021. Nach der Ernte des ersten Aufwuchses (Ende Mai) wurden dafür die mittels Regensensor gesteuerten Dächer bei Niederschlagsereignissen bis zur Ernte des zweiten Aufwuchses (Ende Juli) geschlossen. Im Jahr 2017 konnten auf diese Weise an 34 Tagen insgesamt 307 mm, im Jahr 2020 an 24 Tagen 268 mm und 2021 an 30 Tagen 157 mm abgehalten werden.
Die jeweiligen Trockenexperimente wurden durch eine künstliche Bewässerung von 40 mm unmittelbar nach der Ernte des zweiten Aufwuchses beendet. Neben einer finalen Ertragsfeststellung mit einer entsprechenden Auswertung der Futterqualität wurde jedes Trockenexperiment mit zahlreichen nicht-destruktiven Beobachtungen (Wuchshöhe, Blattflächenindex, Feldspektrometrie, Respirationsmessungen, Bodengasmessungen, kontinuierliche Messung von Bodentemperaturen und Bodenwassergehalten mittels Lysimeter, phänologische Beobachtungen, usw.) begleitet.
Für die statistische Analyse wurden aus den verfügbaren Versuchsparzellen die Varianten C0T0, C0T0R sowie C2T2 und C2T2R mit jeweils 4 Wiederholungen herangezogen. Wir untersuchten den Einfluss von Trockenheit, den Jahreseffekt und deren Wechselwirkung mittels Glimmix-Prozedur in SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc.). Um die Korrelation in den zeitlichen Messwiederholungen zu berücksichtigen, wurde ein allgemeines lineares gemischtes Modell verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Anhaltender Trockenstress führt bei Dauergrünlandbeständen zu geringeren Erträgen, wobei der Umfang des Ertragseinbruchs sowohl von der Intensität als auch der Dauer eines Dürreereignisses abhän-

gen. Für den Vergleich des Dürreeffektes auf Grünlanderträge und Futterqualitäten haben wir den Einfluss des aktuellen Klimas mit dem eines simulierten zukünftigen Klimas verglichen. Die Witterung wurde dabei durch die Abhaltung von Niederschlägen verändert und der Wasserstress bei den Varianten C2T2R noch zusätzlich durch Temperaturerhöhung verschärft. *Abbildung 2* zeigt den Verlauf der klimatischen Wasserbilanz (Niederschlag - Evapotranspiration nach Penman-Monteith) in den drei Versuchsjahren, der sich während des Trockenexperimentes auf den Parzellen unter den Regendächern in allen Jahren zunehmend stark vom natürlichen Verlauf unterscheidet.

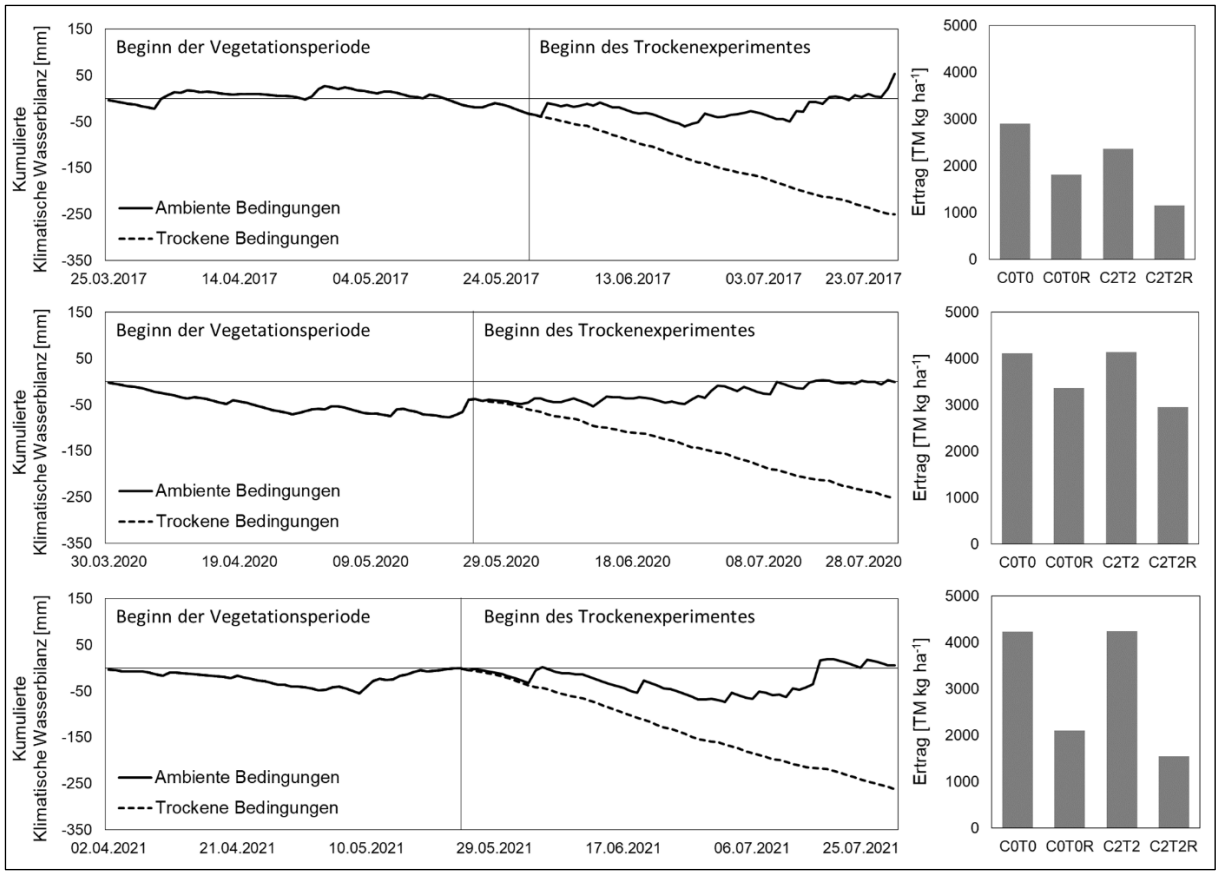


Abbildung 2: **Kumulierte klimatische Wasserbilanz und Trockenmasseerträge für 2017, 2020 und 2021 unter aktuellen (C0T0, C0T0R) und zukünftigen (C2T2, C2T2R) klimatischen Bedingungen ohne und mit Trockenstress (R)**

Abbildung 3: **Aufnahme eines trockengestressten (C2T2R) Bestandes im direkten Vergleich zu einer ausreichend mit Wasser versorgten Parzelle (C0T0) am 23.07.2022**

Die Auswirkungen auf den Ertrag, wie in Abbildung 2 dargestellt, sind dabei erheblich und wiederholen sich bei allen drei Dürreereignissen in ähnlicher Weise. Die Ertragsunterschiede zwischen den Varianten

hängen sehr stark vom Witterungsverlauf des jeweiligen Jahres ab. So verstärken beispielsweise trockenere Bedingungen, wie sie im natürlichen Verlauf 2021 zu sehen sind, den Effekt der künstlichen Trockenheit auf den Ertrag. Entscheidend für das Ernteergebnis bzw. für die Unterschiede zwischen den Varianten ist neben den Temperaturen auch die Wasserverfügbarkeit in bestimmten Entwicklungsphasen, die sich auf den Parzellen außerhalb der Regendächer dann besonders im Ertrag auswirken.
In *Abbildung 3* wird eine trockengestresste Versuchsparzelle einer ambienten Parzelle ohne Trockenstress gegen Ende der Dürreperiode 2021 gegenübergestellt. Der offensichtliche Unterschied im Ertrag (TM) in den beiden Bildern wird im Zuge der statistischen Auswertung über alle Versuchsjahre durch eine hohe Signifikanz zwischen den Varianten außerhalb der Regendächer und den trockengestressten Varianten bestätigt (vgl. *Abbildung 4*). Während der Trockenmasseertrag (TM) in *Abbildung 4* sehr klar die Auswirkungen der Trockenheit zeigt, gibt es bei der Futterqualität in Form des Rohproteingehaltes (XP) nur geringe Unterschiede zwischen den Behandlungen.
Unsere Versuche zeigen jedoch einen signifikant niedrigeren Ligningehalt (ADL) in den trockengestressten Varianten, das unter anderem auch SANAULLAH *et al.* (2014) nachgewiesen haben. Niedrigere Blattflächenindexwerte (LAI), gemessen mit einem AccuPAR LP-80, in den trockengestressten Behandlungen entsprechen niedrigeren Erträgen und deuten in Bezug auf die geringeren ADL-Werte auf gedrungenere Grünlandbestände mit kleinerem Stammanteil hin.

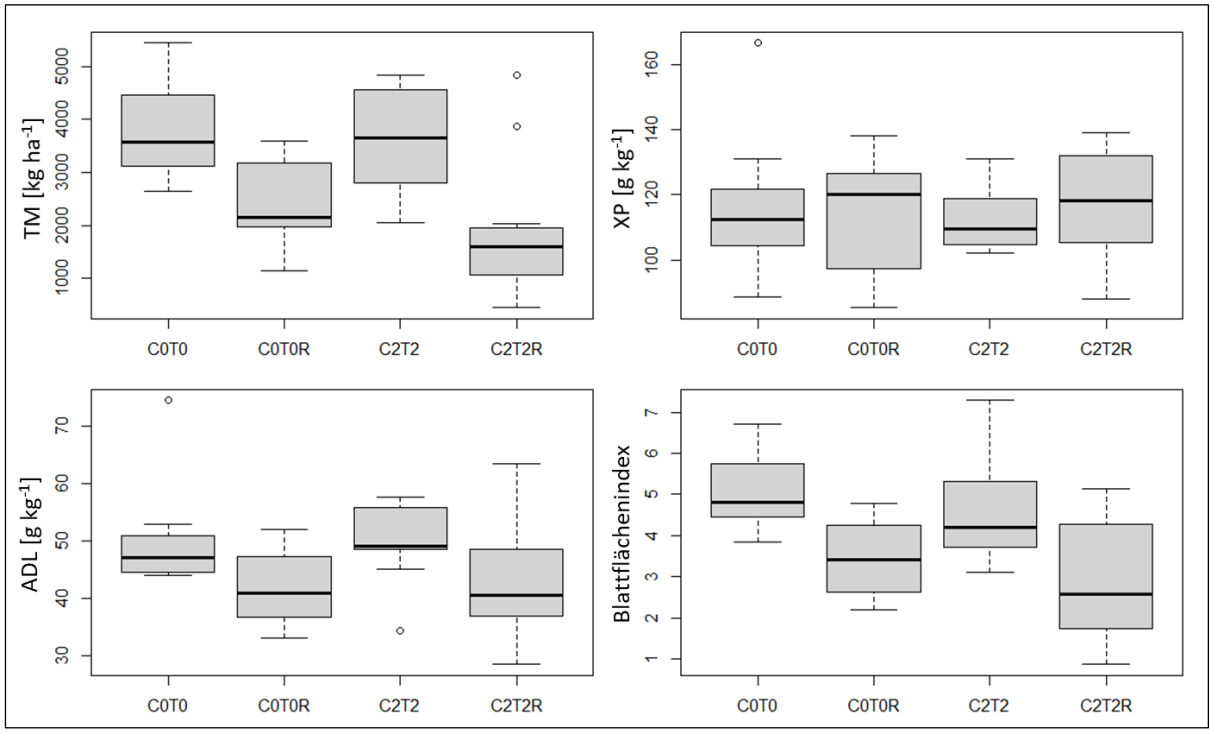


Abbildung 4: **Trockenmasseertrag, Rohproteingehalt, ADL-Gehalt und Blattflächenindex (LAI) unter gegenwärtigem (C0T0, C0T0R) und zukünftigem (C2T2, C2T2R) Klima ohne und mit Trockenstress (R)**

Die simulierten Dürreereignisse der vorgestellten Jahre sind in das seit 2014 betriebene Langzeitexperiment ClimGrass eingebettet, welches unter anderem die Auswirkungen von erhöhter Temperatur und CO_2-Konzentration auf Dauergrünlanderträge zeigt (PÖTSCH *et al.* 2019a). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf die direkten Auswirkungen der Dürreereignisse. Im Laufe der bisherigen Versuchsjahre konnten wir jedoch eine allgemeine Veränderung der Grasnarbe in den Klimavarianten beobachteten, die im Wesentlichen einen Rückgang von Gräser zugunsten der Kräutern zeigen (SCHAUMBERGER *et al.* 2019). Dies führte zu einer Verringerung der oberirdischen Biomasse nicht nur in den Dürrejahren, sondern auch in allen anderen Versuchsjahren (vgl. CANTAREL *et al.* 2013).

Zusammenfassung

Die mit dem Klimawandel einhergehende Zunahme des Trockenheitsrisikos führt zu starken Ertragsschwankungen im Grünland mit erheblichen regionalen Unterschieden. Während die Futterqualität auch unter trockenen Bedingungen stabil bleibt und die Verdaulichkeit aufgrund des geringeren Ligningehalts

sogar positiv beeinflusst werden kann, führt der Ertragsrückgang zu einer Verknappung des Futterangebots. Die Ergebnisse von drei Dürreexperimenten mit einem signifikanten Rückgang der Wasserverfügbarkeit zeigen bei allen Behandlungen eine Verringerung des Ertrags. In den Experimenten der ClimGrass-Versuchsanlage an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein konnten stärkere Effekte der Dürre unter zukünftigen Klimabedingungen nachgewiesen werden, die zu einer Ertragsminderung von mehr als 20 % im Vergleich zum Dürreeffekt unter aktuellen Klimabedingungen führt. Die vorliegenden Ergebnisse dienen als Grundlage für Anpassungsstrategien in der Grünlandbewirtschaftung.

Abstract

The increase in drought risk associated with climate change leads to substantial yield variability in grassland with considerable regional differences. While forage quality remains more stable under dry conditions and digestibility can be positively influenced due to the lower lignin content, the decrease in yield leads to a shortage of forage supply. The results of three drought experiments with a significant reduction in water availability show a decrease in yield in all treatments. In the experiments at the ClimGrass facility at HBLFA Raumberg-Gumpenstein, stronger effects of drought under future climate conditions could be verified, leading to a yield reduction of more than 20 % compared to the drought effect under current climate conditions. The present results serve as a basis for adaptation strategies in grassland management.

Literatur

CANTAREL A.A.M., BLOOR J.M.G. und SOUSSANA J.-F., 2013: Four years of simulated climate change reduces above-ground productivity and alters functional diversity in a grassland ecosystem. Journal of Vegetation Science 24 (1), 113-126.

HASLINGER K., SCHÖNER W. und ANDERS I., 2015: Future drought probabilities in the Greater Alpine Region based on COSMO-CLM experiments – spatial patterns and driving forces. Meteorologische Zeitschrift 25 (2), 137-148.

IPCC, 2021: Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung. In: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag von Arbeitsgruppe I zum Sechsten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen. IPCC, Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 42 S.

ÖKS15, 2016: Klimaszenarien für Österreich, Daten - Methoden - Klimaanalyse. ÖKS15-Arbeitsgruppe, Wien, 358 S.

PÖTSCH E.M., HERNDL M., SCHAUMBERGER A., SCHWEIGER M., RESCH R. und ADELWÖHRER M., 2019a: Auswirkung zukünftiger Klimabedingungen auf Ertrag und Futterqualität im Grünland. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema "Klimawandel im Alpenraum - Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung", Gumpenstein, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26.-27. März 2019, 49-54.

PÖTSCH E.M., HERNDL M., BAHN M., SCHAUMBERGER A., SCHWEIGER M., KANDOLF M., REINTHALER D., SCHINK M. und ADELWÖHRER M., 2019b: ClimGrass – ein innovatives Freilandexperiment zur Erforschung der Folgen des Klimawandels im Grünland. 21. Alpenländisches Expertenforum "Klimawandel im Alpenraum - Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung", Gumpenstein, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26.-27. März 2019, 3-10.

SANAULLAH M., CHABBI A., GIRARDIN C., DURAND J.-L., POIRIER M. und RUMPEL C., 2014: Effects of drought and elevated temperature on biochemical composition of forage plants and their impact on carbon storage in grassland soil. Plant and Soil 374 (1-2), 767-778.

SCHAUMBERGER A., PÖTSCH E.M. und SCHWEIGER M., 2019: Veränderungen der Vegetationsdynamik unter zukünftigen Klimabedingungen. 21. Alpenländisches Expertenforum zum Thema "Klimawandel im Alpenraum - Auswirkungen auf das Ökosystem Grünland und dessen Bewirtschaftung", Gumpenstein, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 26.-27. März 2019, 35-44.

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Altirding 11, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Andreas SCHAUMBERGER, andreas.schaumberger@raumberg-gumpenstein.at

Verbesserung der Saatgutproduktion der Knaulgrassorte Tandem in Österreich

Improvement of seed production of the cocksfoot cultivar Tandem in Austria

Lukas Gaier*, Bernhard Krautzer, Wilhelm Graiss und Andras Klingler

Einleitung

Rund 67% der Agrarischen Nutzfläche weltweit wird von Wiesen und Weiden bedeckt. In den inneralpinen Lagen sowie deren Randbereichen, wo Acker- und Feldfutterbau nur eingeschränkt möglich sind, stellt das Dauergrünland die vorherrschende Landnutzungsart dar (Buchgraber et al. 2011). Die Zusammensetzung der Grünlandbestände ist in Abhängigkeit der Nutzung und der Lage stark unterschiedlich, jedoch ist es in der Regel eine Mischung aus Gräsern, Leguminosen und Kräutern. In Bezug auf den Ertrag und Energiegehalt des Futters kommt den Gräsern die größte Bedeutung zu. Neben den Raygräsern kommt in Österreich vor allem dem Knaulgras (*Dactylis glomerata*) eine besondere Bedeutung zu. Zwar ist die Futterqualität bei Knaulgras geringer als beispielsweise bei den Raygräsern, allerdings bildet es in den Sommermonaten einen höheren Ertrag und ist auch weniger anfällig gegenüber abiotischen Stressfaktoren wie extremen Wetterbedingungen, oder mäßig fruchtbaren Böden. Diese Eigenschaften sind in standortangepassten Sorten besonders stark ausgeprägt, allerdings ist von diesen Sorten oftmals wenig über die Saatgutproduktion bekannt. Eine dieser Sorten ist die Knaulgrassorte *Tandem*. Diese wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein gezüchtet und ist derzeit die einzige österreichische Sorte, die auch in der beschreibenden Sortenliste gelistet ist. Es handelt sich um eine blattreiche, mittelspäte Sorte mit einer hohen Verdaulichkeit und einer geringen Anfälligkeit für Blattkrankheiten (AGES, 2017).
Da über die potenzielle Steigerung der Saatgutproduktion von Gräsern und im Speziellen von Knaulgras keine aktuellen Untersuchungen vorhanden sind, wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in den Jahren 2016-2019 ein Exaktversuch dazu durchgeführt.

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Juni 2016 in Gumpenstein, Österreich (47°29N, 14°06E; 710 m ü.d.M.) mit der Sorte *Tandem* angelegt und dauerte drei volle Vegetationsperioden. Zuvor wurde der Versuchsstandort in den Jahren 2013-2015 für den Anbau einer Wiesenfuchsschwanz-Saatgutvermehrung (*Alopecurus pratensis L*) genutzt. Die Anlage erfolgte am 15. Juni 2016 mittels Breitsaat und einer Saatstärke von 7 kg/ha. Der Drusch erfolgte mit einem Wintersteiger Classic Parzellendrescher mit einer Schnittbreite von 150 cm. Wir untersuchten die Auswirkungen von Schwefel (S), den Einsatz von Fungiziden (F) sowie den Einsatz eines Halmverkürzers (H), einzeln und in Kombination (S+F+H), unter zwei verschiedenen Stickstoff-Dünger-Management-Systemen (einmalige Anwendung [N1], geteilte Anwendung [N2]). Dabei wurde in jedes Stickstoffmanagementsystem eine Kontrollvariante ohne weitere Behandlungen aufgenommen, was zu zehn Versuchsvarianten führte. Die Konzentration der Wirkstoffe der Herbizide, des Wachstumsregulators sowie die Düngung der Versuchsparzellen können unter Gaier et al. (2022) nachgelesen werden. Neben dem quantitativen Saatgutertrag wurde auch die Keimfähigkeit der Samen untersucht. Nach dem Drusch wurden die Samen in einer Trockenkammer bei 32°C vier Tage lang getrocknet und mit einem RÖBER laboratory seed cleaner gereinigt. Die Anlage der Keimfähigkeitsprüfung erfolgte in sechsfacher Wiederholung und wurde nach dem von der ISTA vorgegebenen Verfahren durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SAS (Version 9.4; SAS Institute Inc.), wobei der Versuch nach einem α-Design angeordnet war.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kombination aller Pflanzenschutzmitteln führte unabhängig vom Düngemanagement zu einer Steigerung des Saatgutertrags im Vergleich zur reinen Düngungsvariante, wobei diese nur in N2 signifikant war (Tabelle 1). Der Einsatz des Halmverkürzers führte nur in N2 zu einer signifikanten Ertragssteigerung, dies kann möglicherweise auf die geringe Aufwandsmenge zurückgeführt werden, die auch in der Literatur zu nicht signifikanten Steigerungen führte (Gingrich und Mellbye 2001). In den einzelnen Versuchsjahren waren die Unterscheide zwischen den Varianten nur gering und meist nicht signifikant.

Die Unterschiede zwischen den Jahren waren deutlich zu erkennen, alle Varianten erreichten im zweiten Versuchsjahr den höchsten Ertrag.

Tabelle 12: **Saatgutertrag (kg/ha) in Abhängigkeit von der pflanzenbaulichen Behandlung**

Treatment	2017	2018	2019	2017–2019
N_1	373.03^{abj}	628.35^{ai}	519.3^{ai}	506.89^{AB}
N_1+S	357.92^{abj}	567.13^{ai}	465.04^{aij}	463.36^{A}
N_1+F	481.3^{abj}	673.59^{ai}	470.04^{aj}	541.64^{AB}
N_1+H	354.75^{abj}	631.57^{ai}	491.48^{aj}	492.6^{AB}
N_1+S+F+H	465.38^{abj}	656.07^{ai}	616.61^{ai}	579.35^{B}
N_2	314.3^{abj}	569.25^{ai}	498.7^{ai}	460.75^{A}
N_2+S	297.98^{aj}	541.27^{ai}	527.27^{ai}	455.51^{A}
N_2+F	481.87^{abi}	541.41^{ai}	480.48^{ai}	501.25^{AB}
N_2+H	424.75^{abj}	680.85^{ai}	596.97^{ai}	567.53^{B}
N_2+S +F+H	490.15^{bj}	658.38^{ai}	546.64^{aij}	565.06^{B}

Index a-b steht für die Unterschiede zwischen den Behandlungen innerhalb eines bestimmten Jahres;
Index i-j steht für die Unterschiede zwischen den Jahren innerhalb einer bestimmten Behandlung;
Index A-B steht für die Unterschiede zwischen den Behandlungen über alle Jahre innerhalb von N1 und N2

Die Ergebnisse der Keimfähigkeitsprüfung (Tabelle 2) zeigten bei allen Versuchsvarianten eine sehr hohe Keimfähigkeit auf. In den ersten beiden Versuchsjahren konnten keine Unterscheide zwischen den Versuchsvarianten festgestellt werden. Im dritten Versuchsjahr wiesen die mit Fungizid behandelten Varianten eine signifikant höhere Keimfähigkeit im Vergleich zu den anderen Varianten auf. Über die Jahre gab es in N2 keine Unterscheide hinsichtlich der Keimfähigkeit, in N1 wiesen die mit Fungizid behandelten Varianten eine signifikant höhere Keimfähigkeit als die Kontrollvariante auf. Dies kann durch die Schutzwirkung der Herbizide begründet werden, da diese die Pflanzen vor Pilzkrankheiten schützen und somit zu gesünderen und vitaleren Samen führen.

Tabelle 13: **Keimfähigkeit in Abhängigkeit von der pflanzenbaulichen Behandlung**

Treatment	2017	2018	2019	2017–2019
N_1	94.3^{ai}	92.2^{abj}	89.7^{bk}	92.3^{C}
N_1+S	94.3^{ai}	93.0^{abij}	91.2^{bj}	92.9^{BC}
N_1+F	92.5^{aj}	93.0^{abj}	96.0^{ai}	94.1^{AB}
N_1+H	94.7^{ai}	92.4^{abj}	89.5^{bk}	92.5^{C}
N_1+S+F+H	94.4^{aij}	92.9^{abj}	95.4^{ai}	94.3^{A}
N_2	94.9^{ai}	93.8^{ai}	90.7^{bj}	93.4^{A}
N_2+S	93.9^{ai}	92.5^{abi}	89.8^{bj}	92.2^{A}
N_2+F	94.2^{ai}	90.2^{bj}	95.2^{ai}	93.5^{A}
N_2+H	95.0^{ai}	92.1^{abj}	90.2^{bj}	92.7^{A}
N_2+S +F+H	92.6^{aj}	93.2^{aij}	94.6^{ai}	93.5^{A}

Index a-b steht für die Unterschiede zwischen den Behandlungen innerhalb eines bestimmten Jahres;
Index i-k steht für die Unterschiede zwischen den Jahren innerhalb einer bestimmten Behandlung;
Index A-C steht für die Unterschiede zwischen den Behandlungen über alle Jahre innerhalb von N1 und N2

Schlussfolgerung

Die Kombination aller getesteten Pflanzenschutzbehandlungen (Fungizide+Schwefel+Halmverkürzer) kann empfohlen werden, da diese Kombination zu den besten Ergebnissen sowohl bei den Qualitäts- als auch bei den Quantitätsparametern führte.

Zusammenfassung

Die Produktion und Vermehrung von standortangepassten Grassorten ist für die Bereitstellung von hochwertigem Futter im alpinen Raum unerlässlich. Für die österreichische Landwirtschaft stellt das Knaulgras (*Dactylis glomerata*) eine der bedeutendsten Grasarten im Grünland dar. Zur Steigerung der Effizienz in der Saatgutproduktion dieser Art wurde deshalb in den Jahren von 2016 – 2019 ein Exaktversuch mit der Knaulgrassorte *Tandem* an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Unter zwei verschiedenen Stickstoff- Düngemanagementsystemen (einfache [N1] und geteilte [N2] Düngung) wurden die Auswirkungen des Einsatzes eines Halmverkürzers, Fungiziden sowie eine zusätzliche Schwefeldüngung (einzeln und in Kombination aller Behandlungen) auf den Saatgutertrag und die Keimfähigkeit der Samen untersucht.
In Bezug auf den Saatgutertrag führte eine Kombination aller Behandlungen im Vergleich zur reinen Düngung zu einer signifikanten Steigerung innerhalb des geteilten Düngungsregimes. Der Einsatz von Fungiziden und eine Kombination aller Behandlungen erhöhte auch die Keimfähigkeit in N1 signifikant. Daher wird eine Kombination aller Pflanzenschutzbehandlungen empfohlen, um den Samenertrag und die Keimfähigkeit zu optimieren.

Abstract

The production and propagation of site-adapted grass species is essential for the provision of high-quality forage in alpine areas. For Austrian agriculture, cocksfoot (*Dactylis glomerata*) represents one of the most important grass species in grassland. To increase the efficiency in seed production of this species, an exact trial with the cocksfoot cultivar Tandem was therefore conducted at HBLFA Raumberg-Gumpenstein from 2016 - 2019. Under two different nitrogen fertilization management systems (single [N1] and split [N2] fertilization), the effects of a plant growth regulator, fungicides, and an additional sulfur fertilization (individually and in combination of all treatments) on seed yield and germination capacity were investigated. In terms of seed yield, a combination of all treatments resulted in a significant increase within the split fertilization regime compared to fertilization only. The use of fungicides and a combination of all treatments also significantly increased germination capacity in N1. Therefore, a combination of all crop protection treatments is recommended to optimize seed yield, and germination capacity.

Literatur

AGES (ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGS-SICHERHEIT) 2017: Österreichische Beschreibende Sortenliste.
BUCHGRABER K, SCHAUMBERGER A, PÖTSCH, E. 2011: Grassland Farming in Austria - status quo and future prospective. 16th Symposium of the European Grassland Federation "Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions", Gumpenstein, Austria.
GAIER L, KRAUTZER B, GRAISS W, KLINGLER A, PÖTSCH, E. M. 2022: Effect of fertilization and plant protection treatments on seed yield and seed quality of orchardgrass (Dactylis glomerata L.). Grassland Science
GINGRICH G, MELLBYE M. E, 2001:. The effect of plant growth regulators on seed yields of grass crops. In W. C. Young III (Ed.), Seed Production Research at Oregon State University. USDA-ARS Cooperating (pp. 37–39).

Adresse der Autoren

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

[*] Ansprechpartner: DI Lukas GAIER, lukas.gaier@raumberg-gumpenstein.at

Förderung der pflanzlichen Biodiversität im Grünland

Promotion of plant biodiversity in grassland

Bernhard Krautzer*, Wilhelm Graiss und Lukas Gaier

Einleitung

Extensive, ein- bis zweischnittige Grünlandflächen weisen höchste floristische Biodiversität auf und gehören zu den ökologisch wertvollsten Flächen unserer Kulturlandschaft. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts geht überall in Europa der Anteil dieses reichblühenden Extensivgrünlandes kontinuierlich zurück und Hand in Hand mit dem Rückgang ihres Lebensraums werden auch Schmetterlinge, Wildbienen, Heuschrecken und andere Insekten immer seltener. Dies wiederum ist eine der wesentlichen Ursachen für die starke Abnahme unserer Singvögelbestände, aber auch der Niederwildpopulationen.
Zusätzlich erfüllen solche extensiven Blühflächen auch wichtige Ökosystemfunktionen und bieten Lebensraum für viele Arten, die auch für uns Menschen wichtige Funktionen ausüben, sei es als Blütenbestäuber, sei es als räuberisches Insekt, welches hilft, kulturschädigende Insekten wie Blattläuse zu reduzieren und damit den Aufwand für Pflanzenschutz zu reduzieren. Nachstehend ist kurz zusammengefasst, wie man wertvolle Nützlingsblühstreifen wieder in der Kulturlandschaft etablieren kann.

Saatgutmischung und Zielsetzungen

Biodiversitätsmischungen aus heimischen Wildpflanzen werden nach den folgenden Vorgaben zusammengesetzt:

- Sie enthalten Arten, die einer dem Naturraum und den Standortsverhältnissen entsprechenden Pflanzengesellschaft nachempfunden sind.
- Es werden dafür Arten ausgewählt, die im entsprechenden Naturraum heimisch sind, aus regionalen Sammlungen von Wildpflanzen stammen und mit ihrer lokalen genetischen Ausprägung daher eine besondere Bereicherung der Biodiversität in der Kulturlandschaft darstellen. Diese Eigenschaften müssen über ein anerkanntes Zertifizierungssystem (z.B. www.gzert.at) nachgewiesen werden.
- Eine möglichst hohe Vielfalt an ein- und überjährigen sowie ausdauernden Arten aus vielen unterschiedlichen Pflanzenfamilien wird eingemischt, damit ein breites Spektrum an blütenbestäubenden und sonstigen Insektengruppen gefördert wird (vgl. Tabelle 1).
- Der Fokus liegt auf Arten, die sich auch auf mit Nährstoff angereicherten Flächen im Rahmen einer nachfolgend extensiven, ein- bis zweischnittigen Nutzung dauerhaft etablieren können.

Diese Zielsetzungen werden erreicht, wenn man auf zertifiziertes Wildpflanzensaatgut zurückgreift. In der Maßnahme A, Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung (UBB) im kommenden ÖPUL 2023 sind geeignete Arten für Acker- und Grünlandrandstreifen aufgelistet und genau definiert (Positivliste). Darauf aufbauende Saatgutmischungen umfassen mindestens 30 standörtlich passende Arten aus zumindest sieben unterschiedlichen Familien von heimischen, zertifizierten Blütenpflanzen. Für alle Mischungspartner muss die regionale Herkunft des Ausgangsmaterials nachgewiesen sein (REWISA, G-Zert oder vergleichbare Zertifizierung). Als regionales Herkunftsgebiet gilt eine biogeografische Region innerhalb von Österreich. Die Saatgutmenge und Zusammensetzung ist durch Saatgutetiketten und Bezugsrechnungen zu dokumentieren. Die Mahd findet mindestens jährlich, maximal zweimal pro Jahr mit Verbringung des Mähgutes statt, Mulchen ist nicht zulässig.
ÖPUL-gerechte Wildpflanzen-Mischungen zur Anlage von Biodiversitätsstreifen werden seit Frühjahr 2022 bereits im Saatguthandel angeboten.
Nachstehend werden dazu Ergebnisse aus dem EIP-Agri-Projekt „Nützlingsblühstreifen“ beispielhaft dargestellt (Tabelle 1, Abbildungen 1-3).

Tabelle 1: EIP-Agri „Nützlingsblühstreifen“: Mischungszusammensetzung

Blühstreifenmischung		
Lat. Name	**Dt. Name**	**Gew.%**
Anthyllis vulneraria	Echter Wundklee	3
Lotus corniculatus	Hornklee	4
Medicago lupulina	Gelbklee	2
Onobrychis viciifolia	Gew. Esparsette	10
Trifolium pratense	Rotklee	4
Trifolium repens	Weißklee	2
6 Leguminosen		**25%**
Achillea millefolium	Echte Schafgarbe	1
Campanula patula	Wiesen-Glockenblume	1
Centaurea jacea	Wiesen-Flockenblume	4
Centaurea scabiosa	Skabiosen-Flockenblume	3
Centaurea pseudophrygia	Perücken-Flockenblume	2
Cichorium intybus	Wegwarte	1
Crepis biennis	Wiesen-Pippau	3
Daucus carota	Möhre	3
Dianthus carthusianorum	Eigent. Karthäuser-Nelke	6
Galium mollugo	Kleines Wiesen-Labkraut	1
Galium verum	Gelb-Labkraut	1
Knautia arvensis	Wiesen-Witwenblume	5
Leontodon hispidus	Wiesen-Löwenzahn	3
Leucanthemum vulgare	Magerwiesen-Margerite	5
Lychnis flos cuculi	Kuckucks-Lichtnelke	1
Lychnis viscaria	Pechnelke	1
Plantago lanceolata	Spitz-Wegerich	3
Salvia pratensis	Wiesen-Salbei	5
Sanguisorba minor	Kleiner Wiesenknopf	4
Silene dioica	Rote Lichtnelke	5
Silene vulgaris	Aufgeblasenes Leimkraut	3
Tragopogon orientalis	Östlicher Wiesenbocksbart	4
22 Kräuter		**65%**
Agrostemma githago	Kornrade	2,5
Anthemis tinctoria	Färberkamille	1
Matricaria camomilla	Echte Kamille	0,5
Centaurea cyanus	Kornblume	4
Papaver rhoeas	Klatschmohn	2
5 Feldblumen		**10%**
33 Arten	**Summe**	**100%**

Aussaat: 2g/m²

Anlagezeitpunkt

Frühjahrsansaaten sind bei frühen Anlageterminen von Anfang bis Mitte April noch spätfrostgefährdet. Bei späteren Anlageterminen bis Mitte Mai besteht wiederum die Gefahr einer mangelnden Wasserversorgung, besonders nach den in den letzten Jahren häufiger gewordenen Trockenperioden um April bis Mitte Mai. Dazu kommt, dass auflaufende sommerannuelle Unkräuter deutlich schneller auflaufen und

die Ansaat sehr stark konkurrieren (Wasser, Licht, Standraum). Dies führt zu schlechten Keimergebnissen der oberflächennah abgelegten Ansaat. Bei entsprechendem Unkrautspektrum und dem Zuwachs hoher Biomassemengen wird bei Frühjahrsansaaten manchmal ein zusätzlicher Reinigungsschnitt im Frühsommer notwendig. Wird dabei das Schnittgut nur gemulcht, kann das zu einem flächigen Absticken der jungen Ansaat führen. *Spätsommeransaaten*, je nach Klimagebiet zwischen dem dritten Augustdrittel und dem ersten Septemberdrittel ausgeführt, funktionieren im Regelfall sehr gut. Einerseits werden die Witterungsbedingungen gegen den Herbst hin zunehmend feuchter, auch laufen im Spätsommer deutlich weniger Unkräuter auf. Die sommerannuellen darunter frosten im Spätherbst ab. Die winterannuellen bleiben in der Herbstentwicklung zurückhaltend und üben wenig Konkurrenzdruck aus. Die Temperaturen sinken, die Nächte werden zunehmend taufeucht, wodurch die Wasserversorgung der Ansaat deutlich verbessert wird, die Keimlinge können sich bis in den Spätherbst hinein gut entwickeln. Im darauffolgenden Frühjahr steht noch ausreichend Winterfeuchte zur Verfügung. Selbst bei einer im darauffolgenden Frühjahr stärkeren Entwicklung der winterannuellen Unkräuter können die Jungpflanzen der Ansaat gut standhalten. Ein Reinigungsschnitt ist daher im Regelfall nicht notwendig. Viele Arten der Spätsommeransaat sind im Folgejahr so gut entwickelt, dass ein guter Teil davon bereits im ersten Frühjahr bis Frühsommer zur Blüte gelangt.

Anlagetechnik

Die passende Anlagetechnik ist ein wesentlicher Faktor für die erfolgreiche Etablierung solcher kleinkörnigen Saatgutmischungen. Voraussetzung ist eine rechtzeitige Bodenvorbereitung mit dem Ergebnis eines gut abgesetzten, möglichst feinkrümeligen Saatbetts. Die Ablage des Saatgutes erfolgt oberflächlich, maximal 0,5 cm tief. Ein fein dosierbarer Säkasten (am besten auf einem gängigen Übersaatgerät) sorgt für eine gleichmäßige Verteilung des Saatgutes. Bei Nichtverfügbarkeit eines Übersaatgerätes hilft oft ein Aushängen der Säleiter bei gängigen Drillsaatgeräten. Die Aussaatmengen solcher Mischungen belaufen sich bei dem kleinkörnigen Saatgut auf 2g/m². Das Saatgut muss vor dem Einmischen in den Säkasten gut vermischt werden. Eine Abdrehprobe zur exakten Dosierung der Saatmenge ist unerlässlich. Ganz wichtig ist im Anschluss eine ausreichende Rückverdichtung durch eine passende Profilwalze (Prismenwalze, „Güttlerwalze“). Dadurch wird das Saatgut leicht in den Boden eingedrückt und ein ausreichender Kapillarschluss zur Wasserversorgung in trockeneren Perioden erreicht. Im Bedarfsfall ist ein Übersaatgerät in Kombination mit einer Prismenwalze meist über die Maschinenringe verfügbar.

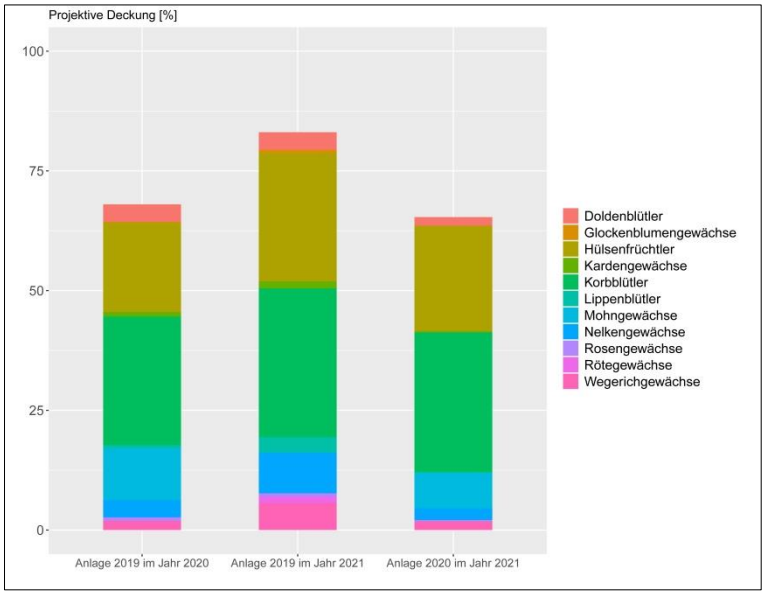


Abbildung 9: **EIP-Agri „Nützlingsblühstreifen“: Etablierte Pflanzenfamilien und ihr Anteil an der Gesamtdeckung**

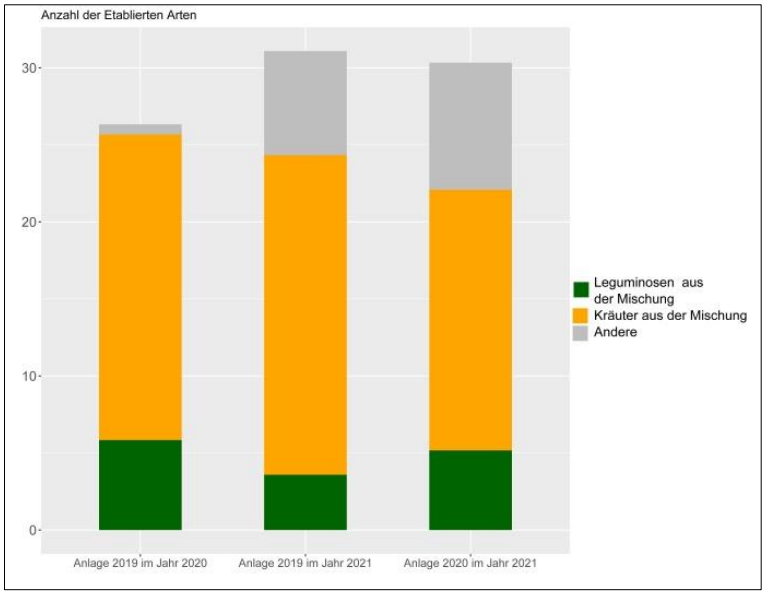


Abbildung 2: **EIP-Agri „Nützlingsblühstreifen“: Anzahl etablierter Arten der Anlagen 2019 und 2020**

Pflege

Für eine erfolgreiche und dauerhafte Etablierung solcher artenreichen Blühstreifen sind nur wenige Pflegemaßnahmen zu beachten. Winterannuelle (Ehrenpreisarten, diverse Kreuzblütler, Taubnessel, Kamillen) und ausdauernde (Ackerkratzdistel, Quecke) Ackerkräuter können im zeitigen Frühjahr des ersten Vegetationsjahres auch durchaus konkurrenzstark in Erscheinung treten. In Folge, meist schon ab Mai, treten sie aber in den Hintergrund und sind nach dem ersten Schnitt Anfang Juli weitestgehend verschwunden. Auch die ausdauernden Unkräuter verschwinden, bedingt durch den zweimaligen Schnitt, relativ schnell aus den Flächen. Nur die ausdauernden Arten der Saatgutmischung verbleiben in Folge am Standort und bereits im Spätsommer des ersten Vegetationsjahres ist im Regelfall ein breites Spektrum an blühenden Pflanzen zu beobachten. Da der Boden über die nächsten Standjahre nicht mehr bearbeitet oder geöffnet wird, kann man davon ausgehen, dass die Bestände in Folge weitgehend frei von Ackerkräutern bleiben, es etabliert sich eine extensive, reichblühende, weitgehend gräserfreie Grünlandgesellschaft. Bei einem ersten Schnitt Anfang Juli entwickelt sich in den Spätsommer hinein ein zweiter, ebenfalls noch reichlich blühender, meist biomassearmer Folgeaufwuchs. Dieser bietet Bienen und blütenbestäubenden Insekten mit später Entwicklung eine wertvolle Nahrungsquelle. Wenn im zweiten Aufwuchs ausreichend Biomasse zuwächst, folgt Mitte bis Ende September ein weiterer Schnitt mit Abfuhr des Schnittgutes. Bei trockenen Verhältnissen und wenig Biomassezuwachs kann dieser Schnitt auch fallweise unterbleiben, ohne merkbare Veränderung des Pflanzenbestandes. Bei mehrjähriger Nutzung und Abfuhr des Schnittmateriales hagert die Fläche nach und nach aus und die aufwachsende Biomasse wird zusehends weniger.

Zusammenfassung

In praktisch allen angelegten Versuchsflächen des Projekts „REGRASS“ konnte das gesamte in der Saatgutmischung enthaltene Artenspektrum etabliert werden. Anlagetechnik und Anlagezeitpunkt spielen für den Erfolg eine wesentliche Rolle. Bei Einhaltung der beschriebenen Pflege kann man nach dreijähriger Beobachtung davon ausgehen, dass alle Blühflächen über mehrere Jahre stabil in ihrer botanischen Zusammensetzung bleiben (Abbildung 1). Trotzdem nimmt mit den Jahren die Biomasseproduktion ab, eine Aushagerung der Flächen ist zu beobachten, was für eher konkurrenzschwache Arten im Bestand sehr vorteilhaft ist. Der Gräseranteil pendelt sich auf sehr niedrigem Niveau ein. Das Pflegemanagement hat einen signifikanten Einfluss auf die Artenzusammensetzung. Schnitt und Abfuhr der Biomasse sind für eine dauerhafte Etablierung der gewünschten Vegetation unerlässlich. Prinzipiell kann der aus einer passenden Saatgutmischung entstandene Pflanzenbestand bei entsprechender Pflege als ausdauernd, artenreich und stabil in ihrer Zusammensetzung beurteilt werden (Abbildung 2 und Abbildung 3).

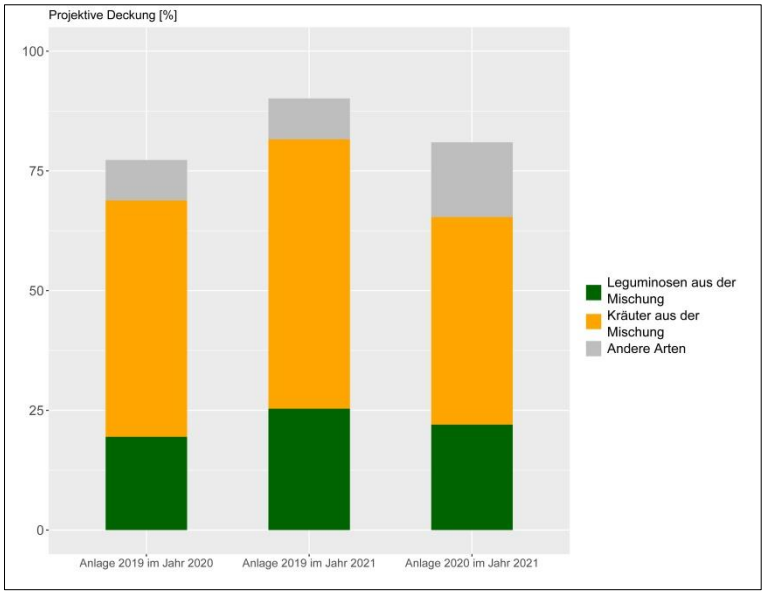


Abbildung 3: **EIP-Agri „Nützlingsblühstreifen“: Deckung der Artengruppen der Anlagen 2019 und 2020 in den Beobachtungsjahren 2020 und 2021**

Abstract

One- to two-cut grassland areas have the highest floristic biodiversity and are among the most ecologically valuable areas of our cultivated landscape. Such extensive flowering areas also fulfil important ecosystem functions and provide habitats for flower pollinators and predatory insects.
In Austria, regional, certified seed mixtures from wild plants are available on the market, and their use will be financially supported in the upcoming ÖPUL programme.
In an experiment to establish such regional flowering areas, the entire species spectrum contained in the seed mixture could be established in practically all trial plots. Seeding technique and time of establishment played an important role in the success. If the described management was respected, all observed flowering areas remained stable in their botanical composition over several years. Cutting and removal of biomass were essential for the permanent establishment of the desired vegetation.

Literatur

Hussain, R., Brandl, M., Maas, B., Krautzer, B., Frank, T & D. Moser (2022): Establishing new grasslands on crop fields: short-term development of plant and arthropod communities. Restoration Ecology, https://doi.org/10.1111/rec.13641.

Krautzer, B., Graiss, W., Haslgrübler, P., Frühwirth, T & E. Ockermüller (2018): Aufblühen. Blühmischungen aus heimischen Wildpflanzen, Lebensraum und Nahrung für unsere blütenbestäubenden Insekten. ÖAG Info 4/2018. Österreichsiche Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 28 S.

Krautzer, B., Gaier, L., Weber, H., Graiss, W & A. Klingler (2020): How to increase biodiversity in species poor grassland. Proceedings of the 28th GENERAL MEETING OF EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION (EGF) "Meeting the future demands for grassland production".

Schaumberger, S., Blaschka, A., Krautzer, B., Graiss, W., Klingler, A & E. Pötsch (2021): Successful transfer of species-rich grassland by means of green hay or threshing material: Does the method matter in the long term? Applied Vegetation Science, DOI: 10.1111/avsc.12606.

Adressen der Autoren

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning
* Ansprechpartner: Dr. Bernhard Krautzer, bernhard.krautzer@raumberg-gumpenstein.at

Hitzetolerante Käferbohnen (*Phaseolus coccineus* L.) durch Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen

*Towards heat tolerant runner bean (*Phaseolus coccineus L.*) by utilizing plant genetic resources*

Svenja Bomers[1*], Eva M. Molin[2], Eveline Adam[3], Philipp von Gehren[1], Karin Hansel-Hohl[2], Noémie Prat[1] und Alexandra Ribarits[1]

Zusammenfassung

Die Käferbohne (*Phaseolus coccineus* L.) ist ein typisches Produkt der südöstlichen Steiermark – von der Region für die Region – und entwickelte sich zur unverkennbar steirischen Spezialität. Die typischen steirischen Käferbohnensorten leiden aber besonders während der Blütezeit im Sommer unter heißen Tagen und reagieren mit dem Abwerfen der Blüten und Hülsenansätze, woraus große Ertragseinbußen resultieren. Die Entwicklung besser an Hitzetage angepasster Sorten ist folglich von größter Bedeutung. Daher war es Ziel unserer Studie, hitzetolerante Genotypen aus gesammelten pflanzengenetischen Ressourcen, Sorten und Zuchtlinien zu identifizieren und entsprechende genetische Marker zur Anwendung in der markergestützten Selektion zu entwickeln. Zu diesem Zweck haben wir die genetischen und phänotypischen Eigenschaften von 113 Käferbohnen-Genotypen (davon 101 mit österreichischer Herkunft) untersucht, die in den Versuchen in 2018 und 2020 unter Hitzestressbedingungen im Glashaus angebaut wurden. Insbesondere drei pflanzengenetische Ressourcen zeigten unter Hitzestress in beiden Jahren einen höheren Ertrag als die Vergleichssorte Bonela und sind daher interessant für die Aufnahme in Zuchtprogramme. Darüber hinaus ergab die Assoziationsanalyse 18 hochwertige SNPs, die anschließend für die Berechnung einer geschätzten Hitzetoleranz mit Hilfe des MassARRAY®-Systems verwendet wurden. Unsere Studie stellt einen ersten Schritt zur Züchtung hitzetoleranter Käferbohnen als Anpassungsmaßnahme an die globale Erwärmung dar.

Abstract

The runner bean (*Phaseolus coccineus* L.) is a typical product of southeastern Styria - from the region for the region - and has developed into a trademarked Styrian specialty. However, the typical Styrian runner bean varieties suffer from excessively high temperatures, especially during the flowering period in summer and react by shedding their flowers and pods, which results in large yield losses. Developing better adapted varieties is of utmost importance in such conditions. Our study aimed at identifying heat tolerant genotypes in a collection of plant genetic resources, varieties and breeding lines and developing associated genetic markers for their application in marker assisted selection. For this, we assessed the genetic and phenotypic characteristics of 113 runner bean genotypes (from which 101 of Austrian origin) grown in the glasshouse under heat stress conditions in 2018 and 2020. In particular, three plant genetic resources showed a higher yield than the reference variety Bonela under heat stress in both years and thus are interesting to be included in breeding programs. In addition, the association analysis resulted in 18 high quality SNPs that were subsequently used for the calculation of an estimated heat tolerance using the MassARRAY® system. Overall, our study represents first steps towards breeding heat tolerant runner bean as an adaptation strategy against global warming.

Schlagwörter

Hitzestress; *Phaseolus coccineus* L.; Käferbohne; Pflanzengenetische Ressourcen; Züchtung; GWAS; Genotypisierung, Phänotypisierung; RADseq; MassARRAY®

Einleitung

Die Käferbohne (auch Feuerbohne, Prunkbohne, Rosenbohne; *Phaseolus coccineus* L.) ist ein typisches Produkt der südöstlichen Steiermark – von der Region für die Region – und entwickelte sich zur unverkennbar steirischen Spezialität. Am häufigsten wird die Käferbohnensorte Bonela angebaut, die mit ihren nierenförmigen, violett-schwarz gescheckten Bohnen dem typischen Erscheinungsbild der steiri-

schen Käferbohne entspricht. Allerdings leidet sie während der Blütezeit im Sommer unter hohen Temperaturen. In der Praxis wird häufig vom Abwerfen der Blüten und Hülsenansätze an heißen Tagen berichtet, was zu kompletten Ernteausfällen führen kann. Zum Beispiel führten die langanhaltenden Hitzeperioden im Sommer 2013 und 2015 in Österreich zu großen Ertragseinbußen. Mit jeweils rund 140 kg/ha wurde nur ein Zehntel der üblichen Ernte eingebracht (Statistik Austria, 2022). Ab welcher Temperatur Käferbohnen unter Hitzestress leiden, wurde wissenschaftlich noch nicht dokumentiert. Für die nah verwandte Gartenbohne (*Phaseolus vulgaris*) ist eine Temperatur ab 32°C problematisch (Porch & Jahn, 2001; Rainey & Griffiths, 2005). Solch hohe Temperaturen sind bereits jetzt im österreichischen Sommer nicht ungewöhnlich und werden aufgrund der Klimakrise noch häufiger auftreten. Die Entwicklung trockenheits- und hitzetoleranter Sorten ist daher von größter Bedeutung, um den Anbau von Käferbohnen trotz einer deutlichen Zunahme von Hitzetagen im Sommer zu erhalten.
Auch in Österreich gibt es seit einigen Jahren ein Zuchtprogramm mit dem Ziel, die Ertragsstabilität in besonders heißen/trockenen Jahren zu verbessern. Im Zuge dieser Bearbeitung wurden viele Käferbohnen-Genotypen – auch pflanzengenetische Ressourcen aus dem europäischen Ausland – testweise angebaut und untersucht, um mögliche Kreuzungspartner für die aktuelle Hauptsorte Bonela zu finden. Das Ertragspotential dieser Genotypen blieb in den Anbauversuchen unter dem der Bonela. Eine gezielte phänotypische Erfassung von Hitzetoleranz bei der Käferbohne im Freiland gestaltet sich äußerst schwierig und aufwändig. Dies wäre beispielsweise durch die Erfassung des Blüten- und Hülsenabwurfs in Hitzeperioden möglich, was aber mit immensem Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden ist, da eine Einzelpflanze im Freiland bis in den Herbst mehrere hundert Blütenstände und mehrere tausend Blüten ausbilden kann. Im Rahmen der Projekte CharAccess und CharAccess II wurden daher die Versuche unter weitgehend kontrollierten Bedingungen im Glashaus durchgeführt. Zusätzlich konnte das aufwändige Zählen von Blüten und Hülsen durchgeführt werden.
Unsere Studie zielte darauf ab, die Züchtung hitzetoleranter Käferbohnen zu unterstützen, indem hitzetolerante pflanzengenetische Ressourcen identifiziert und genetische Marker für Hitzetoleranz entwickelt wurden, die in der markergestützten Selektion eingesetzt werden können.

Material und Methoden

Material: Insgesamt wurden 113 Käferbohnengenotypen untersucht, wovon der Großteil (101) aus Österreich stammte. Die Auswahl umfasste 100 pflanzengenetische Ressourcen, 11 Käferbohnensorten, inklusive der Vergleichssorte Bonela und 2 Zuchtlinien der Saatzucht Gleisdorf Ges.mbH. Der Großteil des Saatgutmaterials der pflanzengenetischen Ressourcen wurde von der AGES Genbank in Linz bezogen (www.genbank.at).

Glashausversuche: In den Jahren 2018 und 2020 wurden mit 80 Genotypen Hitzestressversuche in Glashäusern der AGES GmbH in der Spargelfeldstraße, 1220 Wien durchgeführt. In 2018 wurden 33 Genotypen mit jeweils 8 Individuen und in 2020 64 Genotypen mit jeweils 6 Individuen in Töpfen kultiviert. 17 Genotypen wurden dementsprechend in beiden Jahren im Glashaus angebaut. Um die für die Hülsenausbildung notwendige Befruchtung der Käferbohnen sicher zu stellen, wurde in beiden Jahren jeweils ein Honigbienenvolk in die Glashausabteile gestellt. Nachdem die meisten Genotypen Blüten entwickelt hatten, wurden die Käferbohnen für rund drei Wochen einem täglichen mehrstündigen Hitzestress von >32°C, entweder durch Einschaltung der Heizung (in 2018) oder aufgrund der hohen Umgebungstemperatur (in 2020), ausgesetzt. Die Phänotypisierungen starteten rund 30 Tage nach der Aussaat, als die ersten Blüten an einzelnen Genotypen beobachtet wurden. Daraufhin wurde für rund acht Wochen an drei Tagen in der Woche für jedes Individuum die Anzahl der ausgebildeten Blüten und Hülsen (>5cm) gezählt. Nach vollständigem Abreifen der Hülsen aller Individuen wurden diese geerntet und die Anzahl und das Gewicht der Bohnen für jeden Genotypen ermittelt. Aus diesen Daten wurden unter anderem die Gesamt- und Maximalanzahl ausgebildeter Blüten, die finale und maximale Anzahl an ausgebildeten Hülsen, die Gesamtanzahl und das Gewicht an ausgebildeten Bohnen, das Durchschnittsgewicht einer Bohne und die durchschnittliche Anzahl an Bohnen in einer Hülse ermittelt.

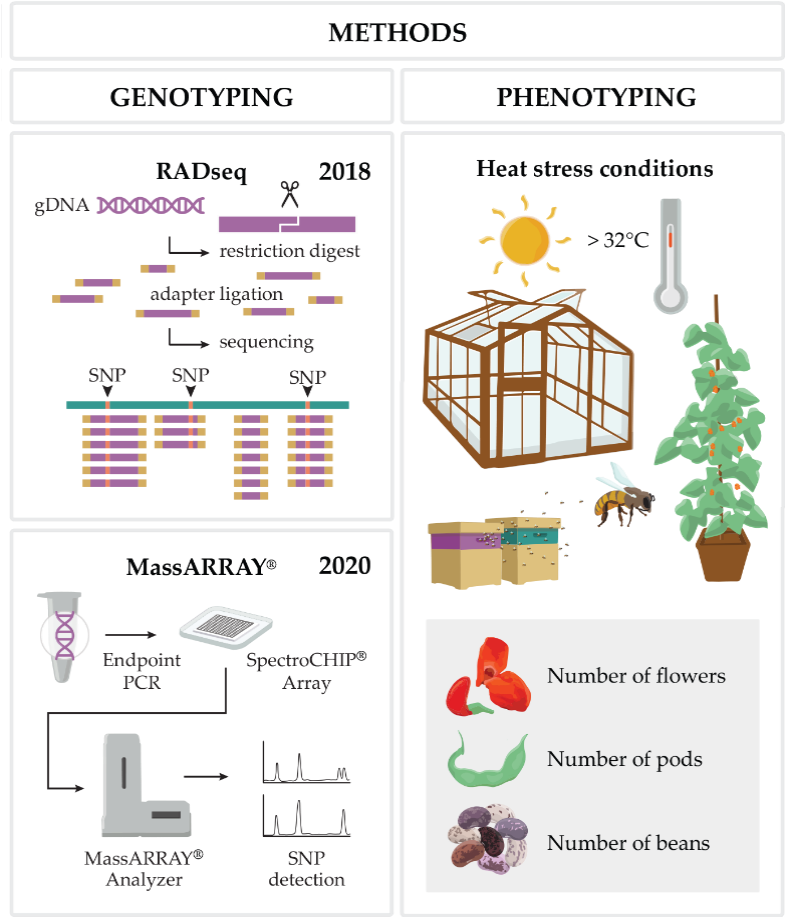


Abbildung X**: Darstellung der genetischen und phänotypischen Methoden, die in dieser Studie zur Untersuchung der Hitzetoleranz von 113 Käferbohnengenotypen genutzt wurden.**

Genotypisierungen und Assoziationsanalysen: Von allen 113 Genotypen wurden zumindest Jungpflanzen herangezogen, um Pflanzenmaterial zur DNA-Extraktion und darauffolgende Genotypisierung zu entnehmen. Für einen Großteil der Genotypen (94) wurde im Jahr 2018 DNA von acht biologischen Replikaten zu Floragenex, Inc., Beaverton, Oregon geschickt für die Restriction site associated DNA Sequenzierung (RADseq), eine kosteneffiziente Next generation sequencing (NGS) Methode, welche, 4.175 RAD-Loci mit 29.271 single nucleotide polymorphisms (SNPs) lieferte. Nach einer Qualitätsanalyse wurden davon 1.190 hoch qualitative SNPs zur weiteren Analyse ausgewählt. Zusammen mit den phänotypischen Daten aus 2018 und 2020, die aufgrund des Platzbedarfs der Pflanzen im Glashaus für ausgewählte 61 von den sequenzierten Genotypen erhoben wurden, wurde eine Assoziationsanalyse (GWAS) mittels der latent factor mixed models (lfmm) Funktion des R Pakets LEA Version 3.0.0 durchgeführt. Damit wurden SNPs ermittelt, die mit einer Falscherkennungsrate (FDR) von 0.01 signifikant zu den phänotypischen Merkmalen assoziiert waren. Anhand der DNA, die in 2020 von weiteren 26 Genotypen á 6 Individuen extrahiert wurde, wurden die Markereigenschaften dieser SNPs mittels des Agena's MassARRAY® Systems am AIT validiert. Sieben Genotypen wurden somit sowohl in 2018 als auch in 2020 genotypisiert.

Auswahl der SNPs: Schlussendlich wurden alle gesammelten phänotypischen und genetischen Daten zusammengeführt, um daraus die SNPs mit den besten Markereigenschaften auszuwählen. Dafür wurden diejenigen SNPs verworfen, die in der MassARRAY® Analyse nicht funktional oder monomorph waren oder kein eindeutiges positives Allel aufwiesen. Das positive Allel ist das Allel, das bei den tragenden Genotypen in beiden Projektjahren zu einer höheren Hitzetoleranz und damit höheren Bohnenbildung geführt hat.

Ergebnisse und Diskussion

Im Gegensatz zu der viel untersuchten und nah verwandten Gartenbohne wurde die Hitzestresstoleranz der Käferbohne bisher noch nicht wissenschaftlich untersucht. Unsere Beobachtungen im Glashaus bestätigten eine vergleichbare Hitzestressreaktion auf Temperaturen >32°C; insbesondere der Abwurf von Blüten und Hülsenansätzen wurde beobachtet. Die hier untersuchten Käferbohnensorten zeigten im Vergleich zu den ausgewählten pflanzengenetischen Ressourcen eine geringere Hitzetoleranz, was in einem niedrigen Ertrag (Anzahl ausgebildeter Bohnen) resultierte. Die Identifizierung von hitzetoleranten Käferbohnengenotypen und die Entwicklung von SNP Markern zur Berechnung der Hitzetoleranz kann die Entwicklung neuer Käferbohnenlinien beschleunigen und weniger aufwändig machen als dies bisher mit rein konventionellen Züchtungsmethoden möglich war.

Hitzetolerante Genotypen: Insgesamt haben von den 113 hier untersuchten Genotypen 24 pflanzengenetische Ressourcen aus der AGES Genbank, zumindest in einem Jahr, mehr Bohnen unter Hitzebedingungen gebildet als die Vergleichssorte Bonela. Insbesondere drei pflanzengenetische Ressourcen haben sich in unseren Glashausversuchen als sehr hitzetolerant dargestellt: BVAL-610181 aus der Südost-Steiermark, BVAL-610348 aus Süditalien und BVAL-610637 aus dem Burgenland. Sie lieferten in beiden Jahren trotz Hitzebedingungen hohe Erträge und bildeten bis zu fünfmal so viele Bohnen aus wie die Standardsorte Bonela. Außerdem haben sich BVAL-610531 aus Budapest, sowie BVAL-610413 aus Südkärnten im zweiten Versuchsjahr in 2020 als sehr ertragreich erwiesen, da sie 14- bzw. 8-mal so viele Bohnen wie Bonela gebildet haben. Allerdings kann der hohe Ertrag dieser zwei pflanzengenetischen Ressourcen in dieser Studie nicht ausreichend validiert werden, da sie aus Platzgründen im Glashaus nur in einem Jahr untersucht wurden. Zudem mangelt es allen in dieser Studie untersuchten pflanzengenetischen Ressourcen an einer Bestätigung der Hitzetoleranz unter Feldbedingungen. Bestätigt sich die Hitzetoleranz auch im Freiland, sind diese Genotypen wertvolle Kreuzungspartner für die Entwicklung von hitzetoleranten Käferbohnenlinien. Da einige pflanzengenetische Ressourcen allerdings nicht das typische Erscheinungsbild der Steirischen Käferbohne aufweisen (nierenförmig violett-schwarz gecheckt), sondern zum Beispiel einfarbig weiß sind, muss zusätzlicher Aufwand betrieben werden, um diese Kriterien am Ende des Züchtungsprozesses zu erfüllen. Insgesamt dienen die Erkenntnisse aus den Glashausversuchen als direkt verwertbare Grundlagen für die Entwicklung verbesserter, hitzetoleranter Sorten um den erfolgreichen Anbau der Steirischen Käferbohne auch in Zukunft zu sichern.

SNP Marker zur Berechnung der Hitzetoleranz: Mittels der Assoziationsanalysen ergaben sich 18 mit Hitzetoleranz assoziierte SNP Marker. Diese Marker können für weitere Studien und, nach Validierung, für Züchtungszwecke zur Selektion auf Hitzetoleranz verwendet werden. Dies ist für die Züchtung sehr wertvoll, da auf diese Weise die Anzahl der Nachkommen in den Folgejahren nach der Kreuzung frühzeitig und gezielt reduziert werden kann. Im Fall der Käferbohne kann eine markergestützte Selektion hohen Arbeitsaufwand ersparen, da die Käferbohne ein strikter Fremdbefruchter ist und eine Linienentwicklung nur mit Einzelpflanzen auf isolierten Standorten, einzeln mit Bestäuberinsekten eingenetzt oder mit gezielten manuellen Selbstungen möglich ist. Die Marker können zum Beispiel für die Entwicklung eines einfach zu verwendenden SNP Panel genutzt werden, das zur Berechnung einer geschätzten Hitzetoleranz verwendet werden kann. Mittels unseres entwickelten SNP Panels auf Basis der 18 SNP Marker wurden geschätzte Hitzetoleranzen zwischen 27% und 81% berechnet. Unsere Arbeit zeigte, dass viele Käferbohnen, die in den Hitzestressversuchen einen überdurchschnittlichen Ertrag lieferten, eine berechnete Hitzetoleranz von über 60% aufwiesen, während Genotypen mit einer geschätzten Hitzetoleranz unter 50% weniger Bohnen gebildet haben. Angewandt auf die 33 pflanzengenetischen Ressourcen, die in unserer Studie nicht phänotypisch betrachtet wurden, wurden 13 als gering hitzetolerant (<50%) und 7 als potentiell hitzetolerant (>60%) eingeschätzt. Wenn sich die Hitzetoleranz der ausgewählten Genotypen im Anbau bestätigt, ist von einer Zuverlässigkeit der gefundenen SNP Marker auszugehen.

Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung danken wir dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus sowie dem Land Steiermark, die durch ihre Bund-Bundesländerkooperation die Projekte CharAccess und CharAccess II ermöglicht haben (Projektnummer 101193 und 101536, www.dafne.at).

Das Saatgut wurde von der AGES Genbank in Linz, Österreich; der Versuchsstation für Spezialkulturen in Wies, Österreich (Doris Lengauer); Naktuinbouw, Niederlande, und CSIC, Spanien (Antonio De Ron) zur Verfügung gestellt. Unser Dank gilt Martin Schwab für die Betreuung der Käferbohnenpflanzen im Glashaus, der AGES Abteilung Bienenkunde und Bienenschutz (Katharina Etter) für die Bereitstellung der Bienen, Martina Grabner und Barbara Bauer für ihre Hilfe bei den Phänotypisierungen, Stephan Gaubitzer für seine Unterstützung bei der RADseq-Datenanalyse und Tatjana Hirschmugl (https://scillustration.at/en/) für die die Gestaltung der Übersichtsgrafiken.

Hinweise

Die vorgestellte Arbeit wurde als wissenschaftlicher Artikel publiziert: Bomers et al. (2022) (https://doi.org/10.3390/agronomy12030612); Details können weiters in den Projektberichten von CharAccess (https://dafne.at/projekte/characcess) und CharAccess II (https://dafne.at/projekte/characcessii) nachgelesen werden.

Literatur

Bomers, S., Sehr, E. M., Adam, E., von Gehren, P., Hansel-Hohl, K., Prat, N., & Ribarits, A. (2022). Towards Heat Tolerant Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) by Utilizing Plant Genetic Resources. *Agronomy, 12*(3). doi:https://doi.org/10.3390/agronomy12030612

Porch, T. G., & Jahn, M. (2001). Effects of high-temperature stress on microsporogenesis in heat-sensitive and heat-tolerant genotypes of *Phaseolus vulgaris*. *Plant, Cell & Environment, 24*(7), 723-731. doi:https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00716.x

Rainey, K. M., & Griffiths, P. D. (2005). Differential response of common bean genotypes to high temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 130*(1), 18-23. doi:https://doi.org/10.21273/JASHS.130.1.18

Statistik Austria. (2022). Gemüseproduktion ab 1995. Retrieved from http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/gemuese/index.html

Adressen der Autoren

[1] Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

[2] AIT Austrian Institute of Technology, Center for Health & Bioresources, Konrad-Lorenz-Str. 24, A-3430 Tulln

[3] Saatzucht Gleisdorf Ges.mbH, Am Tieberhof 33, A-8200 Gleisdorf

[*] Ansprechpartnerin: Svenja Bomers MSc, svenja.bomers@ages.at

Effekt einer Fungizidanwendung auf Krankheitsbefall, Ertrag und Qualität zwei- und mehrzeiliger Wintergersten

Effect of fungicide application on disease incidence, yield and quality of two-row and six-row winter barleys

Michael Oberforster*

Einleitung

Witterung und genotypische Empfindlichkeit bestimmen wesentlich das Auftreten von Blattkrankheiten bei der Wintergerste. In einem feuchten Frühjahr ist mit einem stärkeren Infektionsdruck zu rechnen. Die Krankheiten verursachen nekrotische Flecken und eine vorzeitige Blattseneszenz. Einbußen an Ertrag und eine verminderte Kornqualität sind die Folge. Für eine effiziente Assimilation sollten die oberen Blätter und die Ähre bis gegen Ende der Milchreife weitgehend gesund bleiben.

Material und Methoden

Standorte, Versuche: Es wurden 42 Wintergerstenversuche von 2015/16 bis 2020/21 ausgewertet. Die Standorte befinden sich im Nordöstlichen Flach- und Hügelland (Fuchsenbigl und Obersiebenbrunn im Bez. Gänserndorf, Großnondorf im Bez. Hollabrunn, Tulln im Bez. Tulln), im östlichen Alpenvorland (Prinzersdorf im Bez. St. Pölten-Land, Grabenegg im Bez. Melk, Gießhübl im Bez. Amstetten), im westlichen Alpenvorland (Ritzlhof im Bez. Linz-Land, Bad Wimsbach – Neydharting im Bez. Wels) und im Südöstlichen Flach- und Hügelland (Gleisdorf im Bez. Weiz).
Pflanzenmaterial: Einbezogen wurden 4 zweizeilige Winterfuttergersten (‘Anemone’, ‘Lentia’, ‘Sandra’, ‘SU Vireni’) und 6 mehrzeilige Gersten (‘Adalina’, ‘Azrah’, ‘Finola’, ‘Henriette’, ‘Journey’, ‘KWS Tonic’).
Versuchsdesign: Die Versuche waren als Spaltanlage mit den Fungizidvarianten als Großteilstücke und den Sorten als Kleinteilstücke konzipiert. Die 8 Prüfglieder waren 3- oder 4-fach wiederholt, die Parzellengröße variierte von 8,1 bis 13,0 m².
Fungizide: Im Nordöstlichen Flach- und Hügelland wurde 1,0 l/ha des Carboxamid-Azol-Fungizids Ascra Xpro (Wirkstoffe Bixafen, Fluopyram, Prothioconazol) eingesetzt. In den übrigen Regionen waren es 2016 1,0 l/ha Ascra Xpro und 1,0 l/ha des Kontaktfungizids Balear 720 SC (Wirkstoff Chlorthalonil). Von 2017 bis 2020 kam der Pack Ascra Plus, d.h. 1,0 l/ha Ascra Xpro und 1,0 l/ha des Kontaktmittels Alternil (Wirkstoff Chlorthalonil), zur Anwendung. Im Jahr 2021 wurde 1,2 l/ha Ascra Xpro mit 1,5 l/ha des Kontaktfungizids Folpan 500 SC (Wirkstoff Folpet) kombiniert.
Merkmale: Der Krankheitsbefall wurde anhand der Skala von 1 bis 9 (1 = kein Befall, 9 = sehr starker Befall) visuell beurteilt (BAES 2015). Kornertrag (dt/ha) und Tausendkorngewicht (g) sind auf 86% TS. normiert. Der Proteingehalt wurde nach Dumas (ICC-Standard Nr. 167) analysiert. Die Korn-Stickstoff-Ertragsleistung (kg/ha) entspricht dem Rohproteinertrag (kg/ha) dividiert durch 5,7.

Ergebnisse und Diskussion

Abgesehen von Viren wird die Wintergerste überwiegend durch pilzliche Blattkrankheiten geschädigt (WALTERS et al. 2012). Erkrankungen der Halmbasis und Ähre sind im Vergleich zu Weizen weniger bedeutsam. Mehltau wird durch eine hohe Luftfeuchte begünstigt und bedroht vor allem mit Stickstoff gut gedüngte Bestände. Ein warmes Wetter mit gelegentlichem Regen und taureichen Nächten fördert den Zwergrost. Die Krankheit tritt vorrangig in Ostösterreich und im Alpenvorland auf. Mehltau und Zwergrost sind mit Fungiziden einfach zu kontrollieren (*Abbildung 1*). Netzflecken und Rhynchosporium-Blattflecken erscheinen nach Phasen mit längerer Blattnässe im April und Mai. Eine Reihe von Gerstensorten zeigt eine gute bis mittlere Widerstandskraft gegen diese Erreger.
Die vom Pilz *Ramularia collo-cygni* verursachte Sprenkelkrankheit war in den 1980er Jahren bei Gerste erstmals häufiger zu beobachten (HUSS 2017). Seit den 1990er Jahren hat sie sich im Alpenvorland, Mühl- und Waldviertel, im Mittel- und Südburgendland, in der Steiermark und in Kärnten zur Haupt-

krankheit der Gerste entwickelt. Die Anwendung von Fungiziden ist die wirksamste Methode zur Bekämpfung dieser Krankheit. Seit 2016 sind jedoch Wirkungsverluste der Carboxamide gegen *Ramularia collo-cygni* bekannt (KÖPPL 2020, ASSINGER *et al.* 2021). Dies erfordert eine Ergänzung mit einem Multi-Site-Inhibitor (Kontaktfungizid). Obwohl die Pflanzen in der Schossphase vom Ramulariapilz infiziert sind, ist dies visuell nicht erkennbar. Üblicherweise werden die Symptome erst nach der Gerstenblüte sichtbar. Eine Fungizidanwendung nach Bekämpfungsschwelle ist daher nicht möglich. Während der Milchreife können die Blätter binnen ein bis zwei Wochen weitgehend zerstört sein. Züchterische Bemühungen haben bisher keinen durchschlagenden Erfolg gebracht. Das Gerstensortiment ist für Ramularia überwiegend mittelstark bis stark anfällig. Lediglich einige mehrzeilige Wintergersten sind geringfügig widerstandsfähiger, zweizeilige Sorten erscheinen empfindlicher.

In Ostösterreich treten vorrangig Mehltau und Zwergrost auf, Netzflecken und die Ramularia-Sprenkelkrankheit sind meist untergeordnet. In der Regel ist die Belastung mit Abreifekrankheiten in diesem Gebiet deutlich geringer als im Alpenvorland. Auf schwächeren Standorten oder bei ausgeprägter Trockenheit erweist sich ein Verzicht auf den Fungizideinsatz oft als richtig. In der pannonischen Region war der Fungizidaufwand zu Winterfuttergerste überwiegend nicht kostendeckend (*Abbildung 2*). Im Mittel von vier Sorten wurden bei zweizeiligen Sorten +3,2 dt/ha und bei mehrzeiligen Sorten +5,7 dt/ha gesichert (16 Versuche). Die Kornqualität änderte sich wenig.

Im Feuchtgebiet bestimmt die Ramularia-Sprenkelkrankheit zumeist die Fungizidstrategie. Mehrheitlich ist ein Zuwarten bis zum Ährenschieben (BBCH 51 bis 59) zweckmäßig. Durch die späte Anwendung werden auch die Grannen benetzt und geschützt. Carboxamid-Azol-Kombinationen sind wegen ihrer längeren Dauerwirkung die erste Wahl. Im östlichen Alpenvorland brachte ein Carboxamid-Azol-Fungizid, ergänzt mit dem Kontaktwirkstoff Chlorthalonil (2016 bis 2020) bzw. Folpet (2021), durchschnittlich +15,3 dt/ha (9 Versuche). In Oberösterreich leistete die Fungizidkombination +20,5 dt/ha (11 Versuche). In der Oststeiermark blieben die Effekte mit +12,4 dt/ha (6 Versuche) darunter. Der gesicherte Ertrag basiert nicht nur auf dem höheren Tausendkorngewicht, im Feuchtgebiet wurden im Mittel auch etwa 1.300 Körner/m² mehr geerntet (26 Versuche). Obwohl mehrzeilige Gerstensorten für den Ramulariapilz etwas weniger anfällig sind als zweizeilige Sorten (AGES 2022), dankten sie das angewandte Fungizid mit einer höheren Ertragssicherung. Die gesund gehaltenen Pflanzen nutzten den Stickstoff um 24 kg/ha besser aus. Der Proteingehalt reduzierte sich nur wenig (-0,3 %), das Hektolitergewicht stieg um 2,5 kg und der Vollgerstenanteil um 13 % an (*Tabelle 1*). Im Feuchtgebiet war die Bekämpfung der Abreifekrankheiten bei Wintergerste fast durchwegs rentabel.

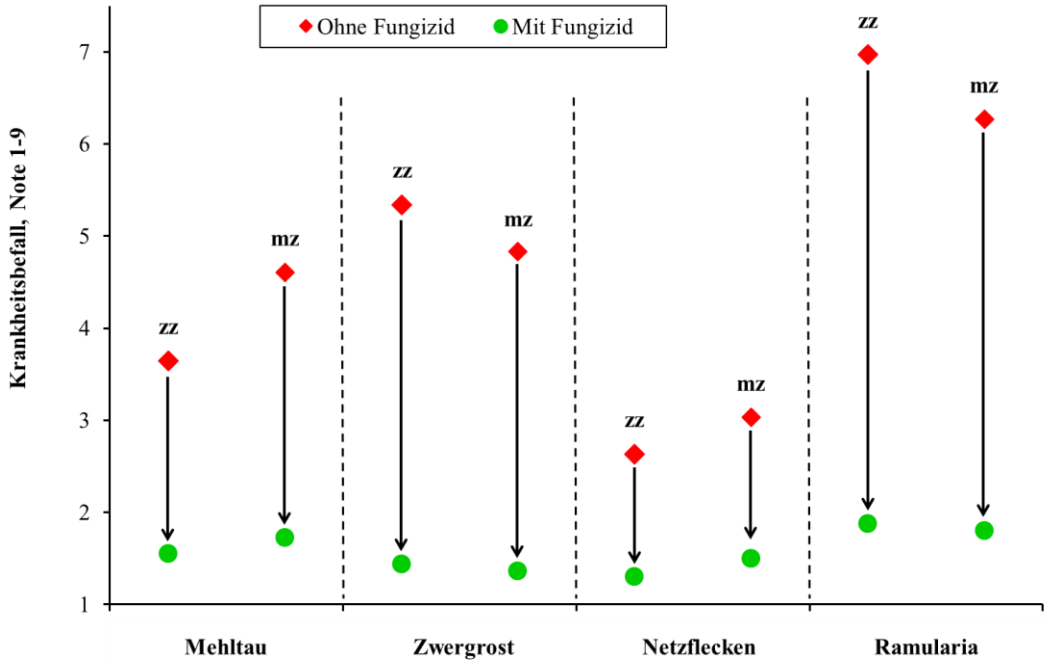


Abbildung 1: **Wintergerste 2016 bis 2021: Auswirkung einer Fungizidbehandlung auf den Krankheitsbefall bei zweizeiligen (zz) und mehrzeiligen (mz) Gerstensorten (Note 1 = kein Befall, … 9 = sehr starker Befall).**

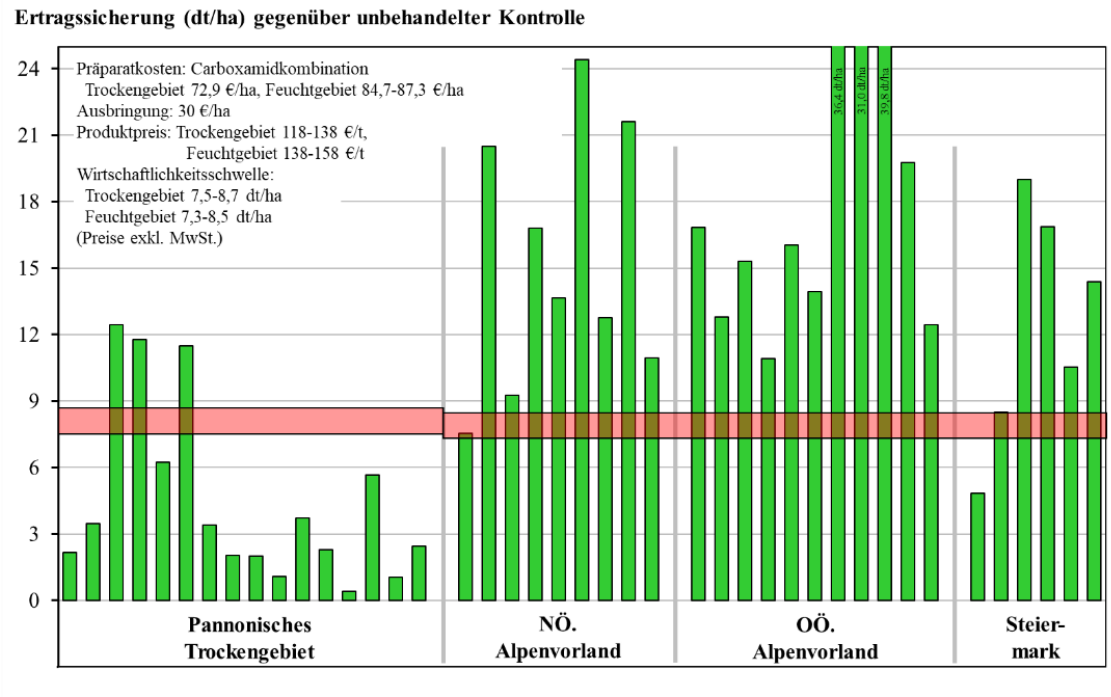


Abbildung 2: **Wintergerste 2016 bis 2021: Ertragseffekte durch Bekämpfung von Abreifekrankheiten mit einem Carboxamidfungizid im Trockengebiet bzw. mit einem Carboxamidfungizid und Kontaktmittel im Feuchtgebiet (42 Versuche, Mittel aus jeweils vier Sorten)**

Tabelle 1: **Wintergerste 2016 bis 2021: Kornertrag und Qualität durch Bekämpfung von Abreifekrankheiten im Trocken- und Feuchtgebiet (42 Versuche, Mittel aus jeweils vier Sorten)**

Anbaugebiet / Variante	Kornertrag, dt/ha	Kornzahl je m²	Vollgerstenanteil, %	Tausendkorngewicht, g (86% TS.)	Hektoliter-gewicht, kg	Rohprotein, %	Stickstoffentzug, kg/ha
Pannon. Trockengebiet (n=16)							
Unbehandelt	95,6	18831	90	51,0	70,4	12,2	161
Carboxamidfungizid	100,1	19171	93	52,5	71,0	12,2	167
Alpenvorland, Steiermark (n=26)							
Unbehandelt	88,0	18999	78	46,6	66,2	12,3	148
Carboxamidfungizid	104,8	20324	91	51,9	68,7	12,0	172

Pannonisches Trockengebiet: Ascra Xpro (2016-2021)
Alpenvorland, Steiermark: Aviator Xpro + Balear 720 SC (2016), Ascra Plus (2017-2020), Ascra Xpro + Folpan 500 SC (2021)

Zusammenfassung

In Österreich ist die Wintergerste durch Blattkrankheiten wie Mehltau, Zwergrost, Netzflecken, Rhynchosporium-Blattflecken und die Ramularia-Sprenkelkrankheit gefährdet. Im Nordöstlichen Flach- und Hügelland ist die Infektionsdruck meist deutlich geringer als in feuchteren Anbaugebieten. Im pannonischen Gebiet sicherte das angewandte Carboxamidfungizid im Mittel verschiedener Sorten durchschnittlich +4,5 dt/ha Ertrag (16 Versuche). In Regionen mit mehr Feuchtigkeit verursacht die Ramularia-Sprenkelkrankheit erhebliche Schäden. Die Gerstensorten sind für diese Krankheit überwiegend stark anfällig. Mit einem Carboxamidfungizid, ergänzt mit dem Kontaktwirkstoff Chlorthalonil oder Folpet, war auch eine befriedigende Kontrolle resistenter Ramularia-Stämme möglich. Im östlichen Alpenvorland wurde ein Mehrertrag von +15,3 dt/ha (9 Versuche) erzielt. Im westlichen Alpenvorland leistete die Fungizidkombination durchschnittlich +20,5 dt/ha (11 Versuche) und in der Oststeiermark +12,4 dt/ha (6 Versuche). Die gesund gehaltenen Pflanzen nutzten den Stickstoff um 24 kg/ha besser

aus, das Hektolitergewicht stieg um 2,5 kg an. Im Feuchtgebiet war die Bekämpfung der Blattkrankheiten bei Wintergerste im Stadium BBCH 39 bis 59 großteils rentabel. Obwohl mehrzeilige Gerstensorten für den Ramulariapilz etwas weniger anfälliger sind als zweizeilige Gersten, reagierten sie auf das angewandte Fungizid deutlicher.

Abstract

In Austria, winter barley is threatened by foliar diseases such as powdery mildew, leaf rust, net blotch, scald and Ramularia leaf spot. In the northeastern plains and hills, the infection pressure is usually significantly lower than in wetter growing regions. In the Pannonian region, the applied carboxamide fungicide ensured +4.5 dt/ha grain yield (16 trials) on average for different varieties. In regions with more moisture, Ramularia leaf spot causes considerable damage. The barley varieties are predominantly highly susceptible to this disease. If a carboxamide fungicide was applied and supplemented with the multisite inhibitor chlorothalonil or folpet, satisfactory control of resistant strains of Ramularia was also possible. In the eastern pre-alpine foothills, an additional yield of +15.3 dt/ha (9 trials) could be achieved. In the western pre-alpine foothills, the fungicide combination produced +20.5 dt/ha (11 trials) on average and +12.4 dt/ha (6 trials) in eastern Styria. The healthy plants made better use of nitrogen by 24 kg/ha, and the hectolitre weight increased by 2.5 kg. In regions with higher precipitation levels, control of foliar diseases in winter barley was largely profitable at the BBCH 39 to 59 stage. Although six-row barley varieties are slightly less susceptible to the Ramularia fungus than two-row barley, they responded more visibly to the fungicide applied.

Literatur

AGES, 2022: Österreichische Beschreibende Sortenliste 2022, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2022. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Wien.

ASSINGER T, TORRIANI SFF, ACCARDO S, FOUNTAINE J, STEINKELLNER S, 2021: Fungicide strategies and resistance of *Ramularia collo-cygni* to demethylation and succinate dehydrogenase inhibitors in Austrian winter barley (*Hordeum vulgare*). J Plant Dis Prot 128, 735-748. DOI: 0.1007/s41348-021-00454-x

BAES, 2015: Richtlinien für die Sortenwertprüfung. Sorten- und Saatgutblatt, Sondernummer 44. Bundesamt für Ernährungssicherheit (BAES), Wien.

HUSS H, 2017: Ramularia-Sprenkelkrankheit: Noch immer eine Unbekannte. Der Pflanzenarzt 4, 16-19.

KÖPPL H, 2020: Wie Ramularia in Gerste in den Griff bekommen? Der Pflanzenarzt 4, 22-24.

WALTERS DR, AVROVA A, BINGHAM IJ et al., 2012: Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach. Eur J Plant Pathol 133, 33-73. DOI: 10.1007/s10658-012-9948-x

Adresse des Autors

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: DI Michael OBERFORSTER, michael.oberforster@ages.at

Stresstolerante Pflanzensorten als ein wichtiges Element in der Klimawandelanpassung

Stress-tolerant plant varieties as an important element in climate change adaptation

Alexandra Ribarits*, Svenja Bomers und Philipp von Gehren

Einleitung

Die Auswirkungen des vom Menschen verursachten Klimawandels sind global, national und regional in den letzten Jahren verstärkt zu beobachten und äußern sich durch die Zunahme verschiedenster extremer Wetterphänomene wie Hitzewellen, Dürren, Überflutungen, Waldbrände und Starkniederschlagsereignisse (WMO, 2021, UNDRR, 2020). Die Auswirkungen des Klimawandels auf die zukünftigen klimatischen Bedingungen in Österreich sind komplex und nur eingeschränkt vorhersagbar. Vor allem im ackerbaulich relevanten Flachland im Osten erwarten Prognosen neben der Erhöhung der Durchschnittstemperatur, einen leicht sinkenden jährlichen Niederschlag. Dabei dürfte es zu einer Verschiebung des Niederschlagsmusters kommen. Weniger Niederschlag gekoppelt mit längeren Hitze- und Trockenperioden in den Sommermonaten steht ein leichtes Plus an Niederschlag in den Wintermonaten gegenüber (FORMAYER et al., 2009). Unmittelbar von diesen Extremen betroffen ist dabei die Landwirtschaft, welche immer schon direkt und indirekt von klimatischen Ereignissen beeinflusst war. Im östlichen Flachland Österreichs werden sich die Landwirt:innen in Zukunft auf länger anhaltende Dürreperioden einstellen müssen, welche sich negativ auf den Ertrag und die Ertragsleistung der Böden auswirken (HASLMAYR et al., 2018, STRAUSS et al., 2013). Zusätzlich werden die untypische Niederschlagsverteilung, eine Zunahme der Intensität der Starkniederschläge, ein sich veränderndes Spektrum an Pflanzenkrankheiten und aufgrund milderer Winter vermehrt auftretende Pflanzenschädlinge den Ackerbau in Österreich in Zukunft erschweren. Die zu erwartenden Anbaubedingungen werden sich negativ auf die Ertragsleistung von etablierten Sorten auswirken. Folglich stellt die Klimakrise eine existenzielle Bedrohung für die Ernährungssicherung in Österreich dar. Die Nachfrage nach verbesserten ertragreichen Sorten mit hoher Trockenheits- und Hitzetoleranz ist groß, da sie neben anderen dringend umzusetzenden Anpassungsmaßnahmen zur Ernährungssicherung beitragen können. In diesem Sinne kooperiert die Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) in den Projekten Klimafit und ADAPT national und international mit Universitäten, Forschungseinrichtungen, Züchtungsunternehmen und Interessensverbänden, um die Entwicklung von stresstoleranten Pflanzensorten zu unterstützen.

Die Projekte Klimafit und ADAPT: Vorstellung und erste Ergebnisse

Wie schon das Vorgängerprojekt Klimafit I verfolgt das Projekt Klimafit II einen breiten Ansatz auf dem Weg zur Entwicklung von stresstoleranten Pflanzensorten. Die Projekte inkludieren eine große Vielfalt an Kulturarten, von wichtigen Getreidearten wie u.a. Sommer- und Winterweizen, Sommer- und Wintergerste, Sommer- und Winterhafer, Triticale, Roggen und Mais, über Öl- und Eiweißpflanzen wie z.B. Sojabohne, Raps, verschiedene Bohnenarten, Ölkürbis, Sonnenblume, Körnererbse und Weiße Lupine bis hin zur Kartoffel. Dabei sollen die neuentwickelten Sorten an die zu erwartenden zukünftigen klimatischen Bedingungen sowie an regionale Erfordernisse angepasst werden, um so auch in den kommenden Jahren die Kulturartenvielfalt im Ackerbau im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung sicherstellen zu können.

Innerhalb der definierten Kulturarten führen die am Projekt beteiligten Züchtungsunternehmen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) eigenverantwortlich eine erste Evaluierung u nd Vorselektion von vielversprechenden Genotypen aus klassischer Züchtung mit einem Fokus auf Trockenheits- und Hitzestresstoleranz durch. Dabei kommen auch genomische und markergestützte Analysen zur Anwendung.

Projekt Klimafit I & II

Projekttitel:

- Miteinander zu Sorten mit verbesserter Ökostabilität zur Anpassung an den Klimawandel (Klimafit I & II)

Förderprogramm:

- Sonderrichtlinie des BMLRT zur Förderung der Land- und Forstwirtschaft aus nationalen Mitteln, BMLFUW-LE.1.1.12/0066-II/8/2015, i.d.g.F

Laufzeit:

- Klimafit I: 01.11.2017 bis 31.12.2020
- Klimafit II: 01.01.2021 bis 31.12.2023

Konsortium:

- **Saatgut Austria; Projektkoordinator Dr. Anton Brandstetter**
- Saatzucht Donau GesmbH & Co KG
- Saatzucht Gleisdorf GesmbH
- Raiffeisen Ware Austria AG
- Saatbau Linz eGen
- Probstdorfer Saatzucht GmbH & Co KG
- Niederösterreichische Saatbaugenossenschaft reg. Gen.mbH
- Pioneer Hi-Bred Services GmbH
- AGES, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH

Weiterführende Informationen:

- https://info.bmlrt.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/pflanzliche-produktion/saatgut-sorten/klimafit.html

Projekt ADAPT

Projekttitel:

- Accelerated Development of multiple-stress tolerant Potato (ADAPT)

Förderprogramm:

- Horizon 2020, Research and Innovation Actions (RIA)

Laufzeit:

- 01.07.2020 bis 30.06.2024

Konsortium:

- **Universität Wien, AT; Projektkoordinator Dr. Markus Teige**
- Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, DE
- Utrecht University, NL
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, DE
- The James Hutton Institute, UK
- Durham University, UK
- Wageningen University & Research, NL
- Palacký University Olomouc, CZ
- Center for Research in Agricultural Genomics, ES
- NIB, National Institute of Biology, SI
- HZPC Research BV, NL
- C. Meijer potato BV, NL
- Solana Research GmbH, DE
- **NÖS, Niederösterreichische Saatbaugenossenschaft, AT**
- PSI, Photon Systems Instruments, CZ
- EUROPATAT, European Potato Trade Association, BE
- **AGES, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, AT**

Weiterführende Informationen:

- Projektwebsite: https://adapt.univie.ac.at/
- Social Media: https://twitter.com/eu-Adapt

Abbildung 1: **Infobox mit den wichtigsten Eckdaten der Projekte Klimafit I & II und ADAPT**

Die selektierten vielversprechenden Zuchtlinien werden in jedem Projektjahr verstreut über ganz Europa und Österreich in Parzellenversuche gestellt. Im zurückliegenden Projektjahr 2021 befanden sich genau 144 dieser Standorte ¬ das entspricht 43,3 % ¬ in Österreich (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

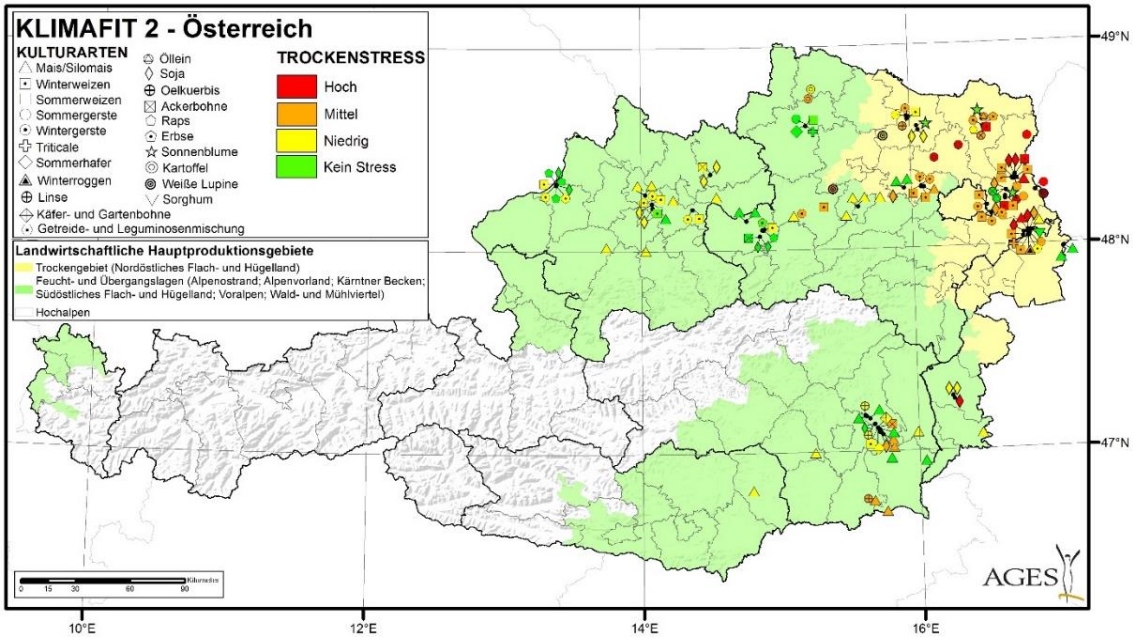


Abbildung 2: **Übersicht über die 144 Standorte in Österreich, an denen Parzellenexaktversuche angelegt wurden. Das Symbol gibt die jeweilige Kulturart wieder. Die Farbe zeigt die Einschätzung des Trockenstresses von den versuchsbetreuenden Züchter:innen.**

Das breitgespannte Versuchsnetz ermöglicht die Selektion von Zuchtlinien, welche trotz Trockenstress am Versuchsstandort zufriedenstellende Erträge lieferten, und erlaubt auch die Berücksichtigung weiterer relevanter Parameter, wie z.B. Resistenzen gegenüber mit der Klimaänderung einhergehender

Krankheiten bzw. Schadorganismen. Zusätzliche Bonituren und Messungen auf den Versuchsstandorten dienen dem Feststellen des Verhaltens der Pflanzen in der Umwelt und ermöglichen die Analyse der neuen Zuchtlinien hinsichtlich ihrer Qualität. Dabei konnten in den vergangenen Projektjahren die Anzahl der Versuche und Versuchsstandorte jedes Jahr gesteigert werden. So wurden im Jahr 2021 an 333 Standorten im In- und Ausland insgesamt 981 Versuche mit 23 verschiedenen Kulturarten angelegt. Durch gemeinsam definierte Standardsorten innerhalb der untersuchten Kulturarten wird der AGES GmbH eine Auswertung der erhobenen Daten über mehrere Versuchsstandorte hinweg ermöglicht. Bei der Selektion von hitze- und trockenheitstoleranten Zulassungs- und Kreuzungskandidaten, spielt neben Ertrag auch die Qualität der Ernteguts (z.B. Proteingehalt bei Weizen und Soja, Stärkegehalt bei Kartoffel etc.) eine Rolle, welche anhand von nachgelagerten Untersuchungen erhoben wird. Aufbauend auf den Standortversuchen und den erhobenen Daten konnten bisher von allen im Projekt inkludierten Kulturarten zahlreiche Zuchtlinien für die amtliche Wertprüfung angemeldet werden, welche in weiterer Folge den Landwirt:innen zur Verfügung stehen. Bei der zukünftigen Zulassung klimafitter Sorten in Österreich ist eine Leistungsbeurteilung unter Hitzeeinwirkung und Trockenheitsstress für die Landwirt:innen von großem anwendungsorientiertem Nutzen. Dazu sind Sortenprüfungen an Standorten mit zu erwartendem Trockenstress ein realisierbarer Ansatz. Weitere Informationen liefern Leistungsfeststellungen unter Beregnungseinsatz. Im Rahmen des Projektes Klimafit II werden Vorversuche für eine Anpassung in der Darstellung der Leistung neuer Sorten im Hinblick auf Trockenstresstoleranz durchgeführt, um dadurch den Impact des Projektes für die Endnutzer:innen wie Landwirt:innen und Saatgutkäufer:innen zu erhöhen. Die ersten Ergebnisse dieser Vorversuche konnten bereits auf der 72. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2021 präsentiert werden (VON GEHREN et al., 2021).

Die Kartoffel gehört zu den wichtigsten Grundnahrungsmitteln der Welt. Auch als Futtermittel und Industrierohstoff ist sie von enormer wirtschaftlicher Bedeutung. Allerdings ist sie besonders empfindlich gegenüber den Folgen der Klimakrise. Das EU-Projekt ADAPT (Accelerated Development of multiplestress tolerAnt PoTato) erforscht die molekularen und phänotypischen Reaktionen der Kartoffel auf kombinatorischen Hitze- und Trockenstress. Zusätzlich wird der Faktor Überflutung nach Starkregenereignissen berücksichtigt. Besonders diese abiotischen Stressfaktoren werden aufgrund der Klimakrise in der Zukunft für den Ernteertrag von Kartoffeln besonders wichtig sein. Ziel von ADAPT ist es, neue Strategien zu entwickeln, um die Kartoffel fit für die herausfordernden klimatischen Bedingungen der Zukunft machen. Die Erkenntnisse sollen den Pflanzenzüchter:innen die Arbeit erleichtern, um den Landwirt:innen damit rascher und effizienter stresstolerante Kartoffeln zur Verfügung zu stellen. ADAPT ist ein Konsortium von zehn führenden europäischen Forschungsinstitutionen, vier Kartoffelzüchtern, einer non-profit EU-Organisation, der AGES und einem Technologie-Entwickler (siehe Abbildung 1) und erschließt damit ein innovatives Methodenspektrum. Die beteiligten Forscher:innen bringen ihre umfassende Expertise aus Molekularbiologie, Stressphysiologie, Systembiologie und Analytik ein. Erfahrung in Sortenentwicklung und -prüfung kommt von den Züchtungsunternehmen und der AGES. Ein Partner stellt modernste Phänotypisierungstechnologien zur Verfügung. Die AGES leitet jenes Arbeitspaket, das einen starken Praxisbezug und die zielgruppenorientierte Kommunikation der Forschungsergebnisse sicherstellt. Als Basis des Projekts dient die Erforschung der molekularen Mechanismen der Stressanpassung der Kartoffel, was zunächst in den Labors der beteiligten Forschungsinstitutionen geschieht. Die beteiligten Züchter:innen führen gleichzeitig große Feldversuche in Spanien und den Niederlanden durch, um die Hitze- und Trockenstresstoleranz verschiedener Sorten zu evaluieren. Die Analyse der gesammelten Daten erfolgt mit Hilfe von Modellen, die umfassende Einblicke in die Stressreaktionen und Signalwege der Kartoffel bieten. Das Verständnis der molekularen Zusammenhänge ermöglicht die Entwicklung von Markern, die direkt in der gezielten Züchtung von stresstoleranten Kartoffelsorten Anwendung finden können (Abbildung 3).

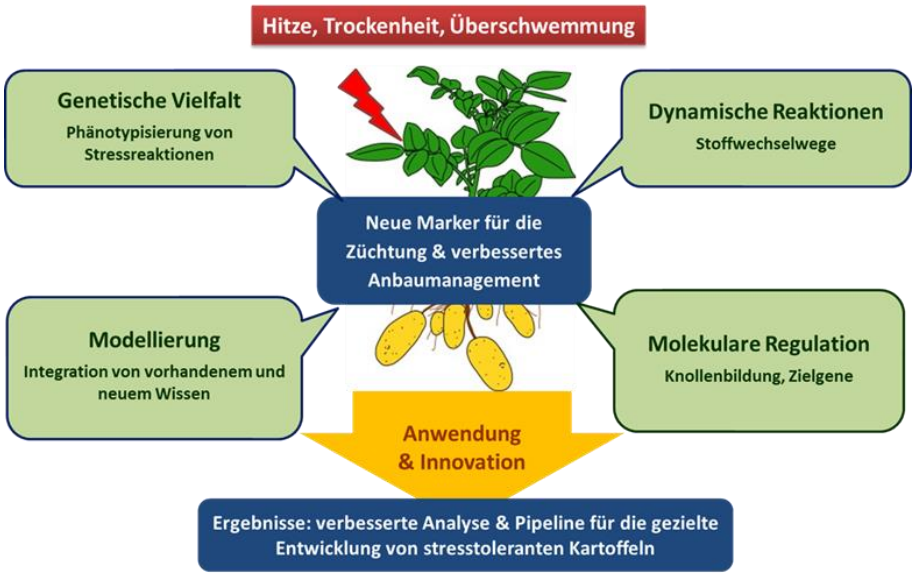


Abbildung 3: **ADAPT verbindet Grundlagenforschung mit modernen Methoden der Modellierung, Markerentwicklung und Phänotypisierung, um die Pflanzenzüchtung bei der Entwicklung von stresstoleranten Kartoffeln zu unterstützen und Landwirt:innen das Anbaumanagement zu erleichtern.**

Gemeinsam mit der NÖS führt die AGES an vier Standorten in Niederösterreich Sortenversuche durch, die moderne Phänotypisierungstechnologien und innovative Sortenprüfungen für die Charakterisierung stresstoleranter Sorten einschließen. Damit soll die Sortenprüfung weiterentwickelt werden, wovon letzten Endes Züchtungsunternehmen und Landwirt:innen profitieren.
Dass das ADAPT-Projekt am Puls der Zeit ist, zeigte eine im letzten Jahr abgeschlossene Umfrage, die die Wahrnehmung der Auswirkungen der Klimakrise von europäischen Kartoffelanbauer:innen abfragte. An dieser Befragung beteiligten sich 553 Teilnehmer:innen aus 22 europäischen Ländern. Bereits 9 von 10 der Landwirt:innen gaben an, dass sie Auswirkungen der Klimaveränderungen auf ihre Ernte feststellen. Jede/r Zweite sieht sogar seine Produktion in Zukunft gefährdet. In der Vergangenheit spürten 80 % die Auswirkungen von Trockenheit und Hitze.

Zusammenfassung

Die Klimakrise stellt den Ackerbau in Österreich vor große Herausforderungen. Insbesondere die langen Hitze- und Trockenperioden in den Sommermonaten wirken sich negativ auf den Ertrag aus. Die AGES bringt in den Projekten Klimafit und ADAPT ihre Expertise ein, um mit neuen stresstoleranten Sorten die Klimawandelanpassung in der Landwirtschaft zu unterstützen und so auch in Zukunft die nachhaltige Sicherung der Lebensmittelversorgung in Österreich zu gewährleisten.
Dabei wählt das Projekt Klimafit als Kooperationsprojekt mit österreichischen Pflanzenzüchtungsunternehmen einen breiten Ansatz und bearbeitet eine Vielfalt an verschiedenen Kulturarten von Getreiden, Öl- und Eiweißpflanzen bis hin zur Kartoffel, um neue Zuchtlinien mit Hitze- und Trockenheitstoleranz und verbesserten Qualitäten zu identifizieren.
Das Projekt ADAPT verbindet Molekularbiologie, Stressphysiologie, Systembiologie und Analytik mit moderner Phänotypisierung, Sortenprüfung und molekularer Züchtung. Die Entwicklung stresstoleranter Kartoffelsorten wird von Landwirt:innen als dringend notwendig beurteilt, was die Relevanz des ADAPT-Projekts in der aktuellen Situation unterstreicht.

Abstract

The climate crisis poses major challenges for farming in Austria. In particular, the long periods of heat and drought in the summer months have a negative impact on yields. AGES is contributing its expertise to the projects Klimafit and ADAPT which support climate change adaptation in agriculture with new stress-tolerant varieties and thus ensure sustainable food security in Austria in the future.

The project Klimafit is a cooperation project with Austrian plant breeding companies that chooses a broad approach and works on a variety of different crop types from cereals, oil and protein crops to potatoes with the aim to identify new heat- and drought-tolerant breeding lines with improved qualities. The project ADAPT combines molecular biology, stress physiology, systems biology and analytics with modern phenotyping, variety testing and molecular breeding. The development of stress-tolerant potato varieties is seen as urgently needed by farmers, which underlines the relevance of the ADAPT project in the current situation.

Danksagung

Die Finanzierung der Projekte Klimafit I & II erfolgt durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus sowie durch alle Bundesländer Österreichs (Wien, Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland, Steiermark, Salzburg, Kärnten, Tirol und Vorarlberg) mittels der Sonderrichtlinie zur Förderung der Land- und Forstwirtschaft aus nationalen Mitteln. Das Projekt ADAPT wird gefördert durch das EU-Förderprogramm für Forschung und Innovation Horizont 2020, Grant Agreement Nr. GA 2020 862-858.

Literatur

FORMAYER H, CLEMENTSCHITSCH L, HOFSTÄTTER M, KROMP-KOLB H, 2009: Vor Sicht Klima! Klimawandel in Österreich, regional betrachtet (Endbericht Global 200, Mai 2008). BOKU-Met Report 16.

HASLMAYR H-P, BAUMGARTEN A, SCHWARZ M, HUBER S, PROKOP G, SEDY K, KRAMMER C, MURER E, POCK H, RODLAUER C, SCHAUMBERGER A, NADEEM I, FORMAYER H, 2018: BEAT – Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich: Endbericht zum Forschungsprojekt Nr. 100975.

STRAUSS F, MOLTCHANOVA E, SCHMID E, 2013: Drought Impacts on Crop Production in Austria. American Journal of Climate Change, 2, 1-11.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR), 2020: The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019) Estados Unidos.

VON GEHREN P, BOMERS S, RIBARITS A, MOTTL K, MECHTLER K, FLAMM C, BRANDSTETTER A, 2022: Adapting to a changing climate: first steps towards assessing a variety's climate-fitness in VCU trials. In: Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs (Ed), 72. Jahrestagung 2021, 22-24 November, Raumberg-Gumpenstein, pp 5-8. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria. ISBN-13: 978-3-900932-96-1

WORLD METEROLOGICAL ORGANISATION (WMO), 2021: State of the Global Climate 2020, Switzerland, ISBN 978-92-63-11264-4.

Adresse der Autoren

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

[*] Ansprechpartnerin: DI Dr. Alexandra Ribarits, alexandra.ribarits@ages.at

Auswirkungen von Sortenmischungen bei Winterweizen im Vergleich zur Reinsaat auf Krankheitsauftreten, Ertrag und Qualität

Effects of variety mixtures in winter wheat compared to pure stands on disease incidence, yield and quality

Clemens Flamm[1*] und Wolfgang Deix[2]

Einleitung

Besonders für den Biolandbau wurden Sortenmischungen als Alternative zum reinsortigen Anbau getestet (FLAMM 2008). Mischungen von anfälligen und resistenten Sorten verhindern eine Ausbreitung von Krankheiten in einem größeren Ausmaß, als es das Mittel der Komponenten erwarten lassen würde (WOLFE 1985, FINCKH and MUNDT 1992, DE VALLAVIEILLE-POPE 2004). In der vorliegenden Arbeit soll geprüft werden, ob auch unter konventionellen Bedingungen in Österreich ein Vorteil von Mischungen gegenüber Reinsorten nachweisbar ist.

Material und Methoden

Versuche: In neun konventionell bewirtschafteten Winterweizenversuchen (2019 und 2020) wurden Mischungen mit Reinsaaten verglichen. Die Standorte lagen im Pannonischen Trockengebiet in Andau (Bez. Neusiedl am See), Lanzenkirchen (Bez. Wiener Neustadt-Land), Mistelbach (Bez. Mistelbach), Pottendorf (Bez. Baden) und Tulln (Bez. Tulln).
Versuchsanlage: Die einfaktoriellen Sortenprüfungen waren als Zwei- und Dreisatzgitter konzipiert (drei- bzw. vierfach wiederholt). Die Parzellenfläche variierte von 9,1 bis 16,9 m^2. Der Anbau erfolgte zwischen 15. und 21. Oktober nach den Vorfrüchten Sommergerste, Winterdurum, Körnermais, Sonnenblume bzw. Soja. Die Versuche in Tulln und Lanzenkirchen sowie ein Versuch in Pottendorf (2019) erhielten einen Abreifeschutz, ansonsten erfolgte keine Krankheitsbekämpfung.
Sorten: Die Weizensorten ‘Aurelius’ und ‘Bernstein’ sowie ‘Energo’ und ‘Messino’ wurden jeweils reinsortig als auch in Mischung 1:1 angebaut. Bei den ausgewählten Genotypen handelt es sich um Qualitätsweizen der Backqualitätsgruppe 7 bzw. 8. Sie unterscheiden sich u.a. in der Begrannung (Kolben, Grannen), in der Reifezeit (APS 4-7), Wuchshöhe (APS 5-6), Lagerneigung (APS 3-5), Anfälligkeit für Braunrost (APS 5-8) und Gelbrost (APS 1-6, AGES 2022).
Statistik: Für die Bewertung der Unterschiede zwischen den Sorten und Mischungen wurden multivariate und univariate Varianzanalysen mit dem Tukey Post-Hoc-Test mit der Statistic-Software IBM SPSS Statistics (Version 26) durchgeführt. Die Beurteilung der Ertragsstabilität erfolgte unter Verwendung der Stabilitätsvarianz (SHUKLA 1972) und Einbeziehung aller in den Versuchen vorkommenden zugelassenen Weizensorten (18), die zweijährig geprüft wurden.

Ergebnisse und Diskussion

‘Bernstein’ schob um vier Tage später die Ähren und reifte um drei Tage später als ‘Aurelius’. Die Mischung der beiden entwickelte sich aber ähnlich wie das Mittel der Reinsorten. Auch bei der zweiten Mischung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die gemessene mittlere Wuchshöhe der Reinsorten entsprach ebenfalls jener in der Mischung. Bei Mehltau beeinflusste die signifikant höhere Anfälligkeit von ‘Bernstein’ die Mischung. Diese war aber nicht von dem Mittel der Reinsorten unterscheidbar. Bei ‘Energo’ und ‘Messino’ erzielte die Mischung den gleichen Wert wie das Mittel der Reinsorten. Bei Braunrost zeigte sich in dieser Mischung Ähnliches. Trotz der höheren Anfälligkeit für Braunrost von ‘Bernstein’ konnten keine signifikanten Differenzen nachgewiesen werden. *Septoria nodorum* befiel die Sorten und Mischungen in ähnlichem Ausmaß, sodass dort ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Mischungen zu den Reinsorten nachgewiesen werden konnten.
Im Kornertrag brachte ‘Aurelius’ höhere Leistungen als ‘Bernstein’. Der Mittelwert der beiden lag um 0,6 dt/ha höher als die Mischung. ‘Energo’ und ‘Messino’ gemittelt lagen ebenfalls mit 0,7 dt/ha über deren Mischung. Statistisch nachweisbar waren diese Unterschiede aber nicht. Im Proteinertrag konnten keine Unterschiede zwischen Mischung und Sortenmittel nachgewiesen werden.

Von den Korn- und Qualitätsparametern zeigte sich beim Wassergehalt kein Unterschied. Beide Mischungen erzielten ein nicht signifikant geringeres Tausendkorngewicht (-0,3 bzw. -0,7 g) als das Reinsortenmittel. Beim Hektolitergewicht lag die Mischung von ‘Aurelius’ und ‘Bernstein’ um 0,3kg über dem Mittel. Zwischen ‘Energo’ und ‘Messino’ hingegen waren die genotypischen Unterschiede zu gering.

Tabelle 1: **Winterweizen: Vergleich der Mittelwerte der Einzelkomponenten zu den Sortenmischungen bei Datum Ährenschieben, Gelbreife, Wuchshöhe, Krankheiten und Erträgen, 9 Versuche 2019 und 2020**

Sorten/Mischungen	DTAE	DTGR	WHOE	MEHL	BRST	SEPB	KOEQ	RPSQ
N =	6	5	7	2	5	3	9	9
Aurelius	522	702	91	3,2	3,7	3,9	83,9	10,8
Bernstein	526	705	101	5,3	5,2	3,7	78,3	10,7
Mittel Aurelius+Bernstein	524	703	96	4,2	4,4	3,8	81,1	10,8
Mischung Aurelius+Bernstein, 1:1	523	704	97	4,4	4,8	3,7	80,5	10,7
Differenz Mischung-Mittel	-0,5	+0,6	+1	+0,2	+0,4	-0,1	-0,6	-0,1
Energo	522	702	101	2,5	4,7	3,6	81,9	10,8
Messino	523	702	96	3,9	5,0	3,3	83,9	10,6
Mittel Energo+Messino	522	702	99	3,2	4,8	3,5	82,9	10,7
Mischung Energo+Messino, 1:1	523	702	99	3,2	4,9	3,6	82,3	10,5
Differenz Mischung-Mittel	+0,5	+0,6	±0	±0,0	+0,1	+0,1	-0,6	-0,2

DTAE = Datum Ährenschieben (MMTT), DTGR = Datum Gelbreife (MMTT), WHOE = Wuchshöhe (cm), MEHL = Mehltau (Bon.1-9), BRST = Braunrost (Bon.1-9), SEPB = Septoria nodorum-Blattflecken (Bon.1-9), KOEQ = Kornertrag (dt/ha), RPSQ = Proteinertrag (dt/ha)

Im Proteingehalt lag zwar ‘Bernstein’ deutlich über ‘Aurelius’, die Mischung und der Mittelwert der Sorten unterschieden sich jedoch nicht. Beim Feuchtklebergehalt konnte keine eindeutige Tendenz festgestellt werden. Im Sedimentationswert lagen beide Mischungen um 1,6 ml über dem Mittel der Einzelkomponenten. Dieser Unterschied war aber statistisch nicht absicherbar. Die Fallzahl zeigte generell ein sehr hohes Niveau.

Tabelle 2: **Winterweizen: Vergleich der Mittelwerte der Einzelkomponenten zu den Sortenmischungen bei Korn- und Qualitätsmerkmalen, 9 Versuche 2019 und 2020**

Sorten/Mischungen	H2OG	TKGN	HLGW	RPRT	GLUT	SEDW	FZAL
N=	9	8	9	9	8	4	4
Aurelius	13,4	44,0	81,3	15,0	31,7	63,5	407
Bernstein	13,7	42,2	79,6	15,9	34,8	71,8	407
Mittel Aurelius+Bernstein	13,6	43,1	80,5	15,5	33,2	67,6	407
Mischung Aurelius+Bernstein, 1:1	13,6	42,3	80,2	15,5	31,9	69,3	406
Differenz Mischung-Mittel	±0,0	-0,8	-0,3	±0,0	-1,3	+1,7	-1
Energo	13,7	43,6	81,4	15,3	31,7	69,5	383
Messino	13,5	43,2	80,8	14,7	30,5	51,3	408
Mittel Energo+Messino	13,6	43,4	81,1	15,0	31,1	60,4	396
Mischung Energo+Messino, 1:1	13,5	43,1	81,1	14,8	31,6	62,0	390
Differenz Mischung-Mittel	-0,1	-0,3	±0,0	-0,2	+0,5	+1,6	-6

H2OG = Feuchtigkeitsgehalt (%), TKGN = Tausendkorngewicht (g 86% TS), HLGW = Hektolitergewicht (kg), RPRT = Proteingehalt (%), GLUT = Feuchtkleber (%), SEDW = Sedimentationswert (ml), FZAL = Fallzahl (s)

Ertragsstabilität: Als Vorteil von Mischungen gegenüber Reinsorten wird neben einem Effekt der Abpufferung von Umwelteinflüssen auch die Erhöhung der Ertragssicherheit gesehen (WOLFE 1985, LANNOU and MUNDT 1996). Es zeigte sich, dass die Mischung Energo+Messino mit 7,0 eine höhere Ertragsstabilität als die Einzelkomponenten (‘Energo’ 8,6, ‘Messino’ 10,0) aufwies. Die Mischung Aurelius+Bernstein hingegen war mit 24,5 weniger ertragsstabil als ‘Aurelius’ (14,3) sowie

‘Bernstein’ (23,8). Dies ist auch gegensätzlich den Ergebnissen von FLAMM (2008). Der Grund für die fehlende Ertragssicherheit dieser Mischung kann der Fungizideinsatz in manchen Versuchen liegen. Dadurch wurde ein Braunrostbefall bei ‘Bernstein’ vermieden.

Zusammenfassung

In den Jahren 2019 und 2020 wurden an konventionellen Standorten im Pannonischen Trockengebiet die Winterweizensorten ‘Aurelius’ und ‘Bernstein’ sowie ‘Energo’ und ‘Messino’ als Mischung mit ihren Komponenten verglichen. Es zeigte sich, dass die Mischung weder in Krankheitsbefall noch im Korn- und Proteinertrag dem Mittel der Einzelkomponenten signifikant überlegen war. Auch in den untersuchten Qualitätsparametern konnten keine Vorteile der Mischungen festgestellt und abgesichert werden. Nur im Sedimentationswert lagen beide Mischungen tendenziell über dem Mittel der Sorten. Bei der Ertragssicherheit zeigten sich die Mischungen unterschiedlich. Die Mischung Energo+Messino war ertragsstabiler, die Mischung Aurelius+Bernstein hingegen weniger stabil als die Sorten.

Abstract

In 2019 and 2020, the winter wheat varieties ‘Aurelius’ and ‘Bernstein’ as well as ‘Energo’ and ‘Messino’ were compared as a mixture to their components at conventional locations in the Austrian Pannonian region. It turned out that the mixture was not significantly superior to the average of the individual components neither in terms of disease infestation nor in terms of grain and protein yield. Also in the examined quality parameters, no advantages of the mixtures could be determined and secured. Both mixtures tended to be above the mean of the pure stands only in terms of the sedimentation value. The mixtures differed in terms of yield reliability. The Energo+Messino mixture was more stable in yield, while the Aurelius+Bernstein mixture was less stable than their varieties.

Literatur

AGES (Hrsg.), 2022: Österreichische Beschreibende Sortenliste 2022, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2022, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungs-sicherheit (AGES), Wien.

DE VALLAVIEILLE-POPE C, 2004: Management of disease resistance diversity of cultivars of a species in single fields: controlling epidemics. C. R. Biol. 327 (7), 611-620. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2003.11.014.

FINCKH MR, MUNDT CC, 1992: Stripe rust, yield and plant competition in wheat cultivar mixtures. Phytopathology 82 (9), 905-913. https://doi.org/10.1094/Phyto-82-905.

FLAMM C, 2008: Sortenmischungen bei Winterweizen im Biolandbau – Auswirkungen auf Krankheitsauftreten, Ertrag und Qualität. Bericht 63. ALVA-Jahrestagung 2008, 89-91.

SHUKLA GK, 1972: Genotype Stability Analysis and Its Application to Potato Regional Trails. Crop Science, 11, 184-190.

LANNOU C, MUNDT CC, 1996: Evolution of a pathogen population in host mixtures: simple race-complex race competition. Plant Pathol., 45, 440-453.

WOLFE MS, 1985: The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. Annu. Rev. Phytopathol. 23 (1), 251-273.
https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.001343.

Adressen der Autoren

[1] Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

[2] Land Niederösterreich, Abteilung K4 Schulen, LFS Pyhra, Kyrnbergstraße 4, A-3143 Pyhra

[*] Ansprechpartner: DI Clemens FLAMM, clemens.flamm@ages.at

POSTER

Metabolic kinetics of *Alternaria* toxins and potential interspecies differences

Metabolische Kinetik von Alternaria Toxinen und potentielle speziesspezifische Unterschiede

Eszter Boros[1*], Elisabeth Varga[1], Georg Aichinger[1,2] und Doris Marko[1]

Siehe Seite 24 ALVA-Förderpreis

Entwicklung und Bewertung von torfreduzierten Produktionssystemen im Gartenbau - ToPGa

Development and evaluation of peat-reduced horticultural production systems - ToPGa

Annmarie-Deetja Rohr[1]*, Heinrich Beltz[2], Felix Besand[3]; Bernhard Beßler[4], Antje Bettermann[5], Walter Dirksmeyer[6], Christina Eilers[2], Michael Emmel[4], Ariane Friese[7], Georg Guggenberger[8], Kai-Uwe Katroschan[3], Doreen Koltermann[9], Oliver Körner[10], Felix Koschnick[7], Paul Lampert[11], Maren Langhof[9], Katharina Leiber-Sauheitl[8], Gerlinde Michaelis[2], Janina Neeb[4], Marie-Friederike Ohmes[1], Janett Riebesehl[1], Adam Schikora[5], Patrick Schnoor[12], Johanna Schöps[11], Quentin Schorpp[1], Kai-Uwe Schwarz[9], Fabricio Fabián Soliz Santander[1], André Sradnick[10], Andreas Wrede[12], Ju-Kwang Yoon[6] und Ute Katharina Vogler[1]

Projekthintergrund und Zielsetzung

Der Abbau von Torf aus entwässerten Moorböden ist mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden und führt zu einer starken Beeinträchtigung oder gar Zerstörung sensibler Ökosysteme. Die deutsche Bundesregierung hat das Ziel, Torf in Kultursubstraten sowohl im Hobby- als auch im Erwerbsgartenbau bis 2030 weitgehend zu ersetzen (BMUV 2021). Die Suche nach praktikablen Lösungen für den Torfersatz beschäftigt alle Bereiche des Produktionsgartenbaus und wird durch zahlreiche Modell- und Demonstrationsvorhaben sowie Forschungsprojekte unterstützt. Eines davon ist das Verbundvorhaben ToPGa zur Entwicklung und Bewertung von torfreduzierten Produktionssystemen im Gartenbau, das am 1. November 2021 startete. Mit insgesamt sieben beteiligten Institutionen, rund dreißig Mitarbeitenden und knapp drei Millionen Euro Fördersumme ist ToPGa das umfassendste Projekt zum Thema Torfersatz, das bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) im vergangenen Jahr angelaufen ist und vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gefördert wird. In den nächsten drei Jahren widmen sich die ToPGa-Forschenden den folgenden Aspekten des Torfersatzes, die bisher noch nicht hinreichend erforscht werden konnten (Abbildung 1):

- den Dynamiken von Mikroorganismen, Humanpathogenen (Teilprojekt 2), schädlichen und nützlichen Organismen (Teilprojekt 3) in Torfersatzstoffen und torfreduzierten Substraten,
- der Untersuchung und Evaluierung der neuen potenziellen Torfersatzstoffe Gärreste und Fasernessel (Teilprojekt 4),
- der Darstellung und Modellierung von Mischeffekten verschiedener Substratkomponenten in Mischungen (Teilprojekt 4),
- der Entwicklung einer optimierten Methode zur Bestimmung des Stickstoffhaushalts in organischen Substratausgangsstoffen (Teilprojekt 5),
- der Entwicklung neuer torfreduzierter Anbausysteme für Erdpresstöpfe für die Jungpflanzenproduktion und im Beerenobst (Teilprojekt 6), sowie
- der betriebswirtschaftlichen und ökobilanziellen Bewertung (Teilprojekte 7 und 8).

Ziel von ToPGa ist es, die Herausforderungen torfreduzierter Kultursubstrate systematisch und möglichst ganzheitlich zu betrachten. Zu diesem Zweck wurden ökonomisch relevante Kulturen aller Sparten des Erwerbsgartenbaus für die Versuche ausgewählt (Tabelle 1). Bei einigen dieser Kulturen stellt der Ersatz von Torf in der Produktion eine besondere Herausforderung dar.

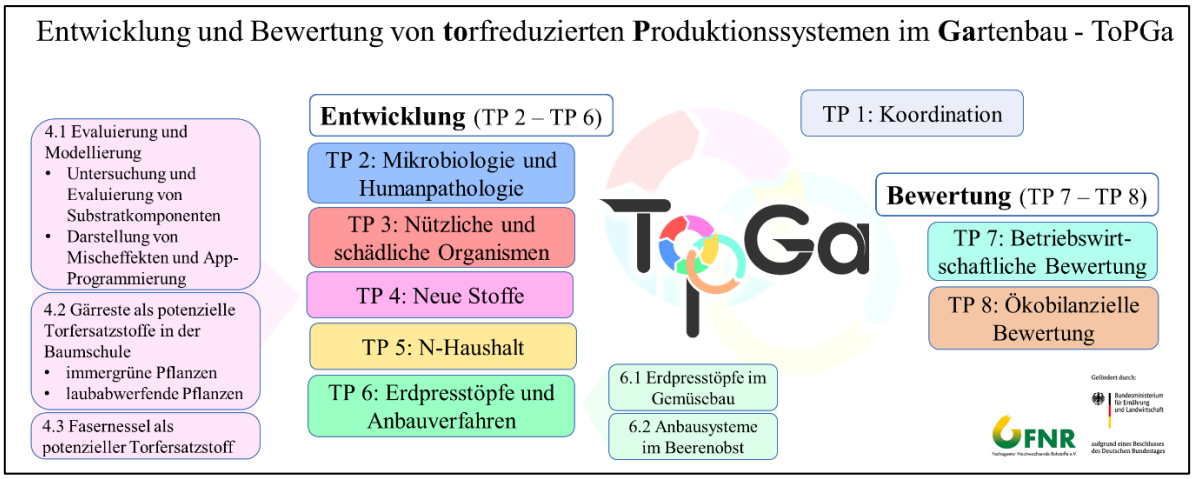


Abbildung 11: **Das Verbundvorhaben ToPGa gliedert sich in acht Teilprojekte (TP), welche von sieben deutschen Forschungsinstitutionen bearbeitet werden**

In den Versuchen von ToPGa werden einheitlich abgestufte Anteile an Torf bzw. Torfersatzstoffen eingesetzt, um die Ergebnisse aller Projektpartner vergleichbar zu machen. In jedem Substrat werden dabei maximal drei Substratausgangsstoffe gemischt, um die Interaktionen der verschiedenen Komponenten einzugrenzen. Ausgehend von einem reinen Torfsubstrat wird Torf in 25 %-Schritten mit zunächst einem und dann mit einem weiteren Torfersatzstoff substituiert. Auf diese Weise liegt der summierte Anteil an Torfersatzstoffen in den Versuchssubstraten bei 25, 50, 75 und 100 % in der torffreien Mischung. Diese Mischungsstufungen dienen der systematischen Untersuchung und Bewertung der Substratausgangsstoffe und ihrer Interaktionen untereinander und stellen keine praxisüblichen Substrate dar. Die verwendeten Torfersatzstoffe werden je nach Kultur und Fragestellung in dem vorgegebenen Raster variiert. Weitere Varianten werden für spezielle Fragestellungen ergänzt.

Tabelle 14: **Übersicht über die abgestimmten gartenbaulichen Kulturen aus allen Sparten, die im Rahmen des ToPGa-Verbundvorhabens bearbeitet werden**

Sparte	Kultur 1	Kultur 2
Baumschule	Johannisstrauch (*Hypericum* cv.)	Scheinzypresse (*Chamaecyparis lawsoniana*)
	Rose (*Rosa* sp.)	Weigelie (*Weigela* sp.)
Beerenobst	Erdbeere (*Fragaria* × *ananassa*)	Heidelbeere (*Vaccinium corymbosum)*
Gemüse	Salat (*Lactuca* sp.)	Kohlarten (*Brassica oleracea* var.)
Topfkräuter	Basilikum (*Ocimum* sp.)	-
Zierpflanzen	Alpenveilchen (*Cyclamen persicum*)	Petunie (*Petunia* × *hybrida*)

Neue Stoffe: Fasernessel und Gärreste als Torfersatz

Kokosfasern, ein weit verbreiteter Torfersatzstoff, stehen sozioökologisch in der Kritik. Andere Torfersatzstoffe wie Rindenhumus oder Nadelholzfasern stehen mit anderen Verwertungsmöglichkeiten, wie der Energiegewinnung, in Konkurrenz (EYMANN et al. 2015). In ToPGa werden daher zwei heimische Alternativen auf ihre Eignung als Torfersatzstoffe getestet: Aufbereitetes Material der Fasernessel und biogene Reststoffe aus der fermentativen Biogasgewinnung (Gärreste).

Bei der **Fasernessel** handelt es sich um eine Kovarietät der Großen Brennnessel (*Urtica dioica* L.), deren Fasergehalt züchterisch gesteigert wurde (Abbildung 2 A). Die Fasernessel kann durch ihre niedrigen Ansprüche auf landwirtschaftlichen Böden unterschiedlicher Güte angebaut werden (FISCHER ET AL. 2019). Als extensive Dauerkultur ist der Anbau z. B. in Agroforstsystemen in Konkurrenzzonen nahe der Bäume denkbar, in denen Kulturpflanzen Ertragseinbußen zeigen (SWIETER ET AL. 2019, TAYLOR 2009). Durch das Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde des Julius Kühn-Instituts (JKI) wurden in einem Vorversuch bereits erste Fasernesseln angebaut (Abbildung 2 B). Es wird der Anbau, die Ertragsbildung und die Qualität des geernteten Materials untersucht. Zudem wird geprüft, ob durch

Stickstoffdüngung das C:N-Verhältnis optimiert werden kann. Weiterhin werden Aufbereitungsmethoden wie Häckseln, Trocknen, Sieben (Abbildung 2 C, D, E) sowie Kompostierung und Silierung geprüft, um die Verwendung in Substraten zu ermöglichen. Das aufbereitete Fasernesselmaterial wird ebenfalls in Substrate eingemischt und pflanzenbaulich bewertet. Abschließend wird eine Potenzialanalyse des Fasernesselanbaus in Deutschland durchgeführt.

Gärreste bestehen aus fermentierten pflanzlichen und tierischen Rückständen aus Biogasanlagen (Abbildung 2 F-I). Enthalten sind in den hier verwendeten Gärresten verschiedene Mischungen von Mist, Gülle, Mais, Getreide oder Zuckerrüben. Somit können sich verschiedene Gärreste je nach Zusammensetzung und Herkunft stark unterscheiden. Gärreste sind lokal und nachhaltig verfügbar und weisen mitunter hohe Salz- und Nährstoffgehalte auf. Während hohe Salzgehalte ein Problem für viele Kulturen darstellen, können die hohen Nährstoffgehalte gezielt zur Düngung im Gartenbau interessant sein. An den Standorten der Landwirtschaftskammern Niedersachsen (Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Bad Zwischenahn-Rostrup) und Schleswig-Holstein (Gartenbauzentrum Ellerhoop) werden verschieden aufbereitete Gärreste auf ihre Eignung als Torfersatzstoffe in Baumschulkulturen getestet. Im ToPGa-Konsortium werden weitere Aspekte der Gärreste beleuchtet, insbesondere der Stickstoffhaushalt und die Vorbelastung mit menschlichen und pflanzlichen Pathogenen.

Ob Fasernessel und Gärreste als potenzielle Torfersatzstoffe geeignet sind, ist nicht oder kaum bekannt. Durch das Institut für Bodenkunde der Leibniz Universität Hannover wird das aufbereitete Material von Fasernessel und Gärresten systematisch auf seine Eignung als Substratrohstoff getestet. Im mehrstufigen Prüfraster für Substratausgangsstoffe (LEIBER-SAUHEITL et al. 2021) werden die neuen Rohstoffe einer stofflichen Grundcharakterisierung unterzogen. Anschließend werden die aufbereiteten Rohstoffe mit Methoden der erweiterten Substratanalytik charakterisiert, z. B. Nährstoffgehalte oder Wasser- und Luftkapazität. Erfüllen die Analyseergebnisse der neuen potenziellen Substratkomponenten die Kriterien für einen Substratausgangsstoff, schließen sich komplexere Analysen wie z. B. Tests zum Mineralstickstoffhaushalt, Wachstumstests unter standardisierten Bedingungen oder Tests zur Abbaustabilität an.

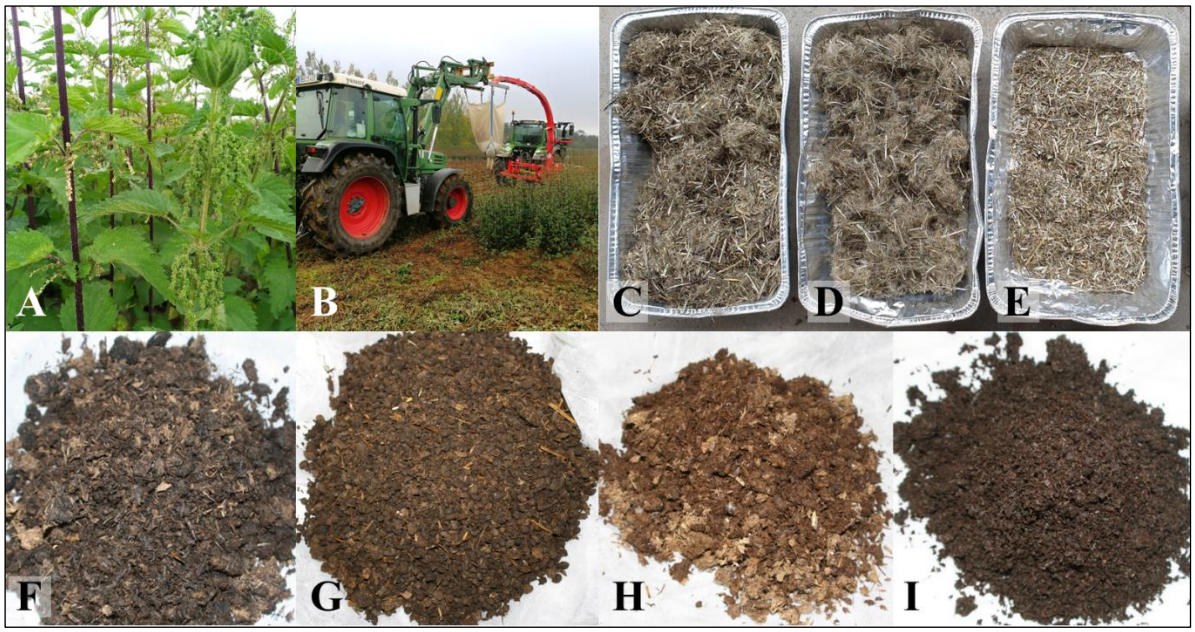


Abbildung 12: **Anbau (A) und Ernte (B) der Fasernessel. Die getrocknete Fasernessel wird gehäckselt (C) und durch Sieben in Fasern und Stängelreste (D) und Schäben (E) aufgetrennt. Darüber hinaus werden Gärreste verschiedener Herkünfte in ToPGa untersucht (F – I)**

In praxistauglichen torfreduzierten Substraten werden Mischungen verschiedener Ausgangsstoffe verwendet. So können pflanzenbaulich vorteilhafte Eigenschaften einzelner Komponenten durch weitere Komponenten in der Mischung gegenseitig ergänzt werden. Ein besonderes Augenmerk wird in ToPGa auf den Einsatz von separierten Gärresten und der Fasernessel gelegt. Diese sollen in Mischungen u.a. als Substratausgangsstoff oder als Nährstoffquelle genutzt werden.

Mischungen mit zwei und mehr Torfersatzstoffen stellen aufgrund ihrer chemischen und biologischen Komplexität eine erhebliche Herausforderung für den Einsatz in der Praxis dar, da schlecht Vorhersagen für das Verhalten der gesamten Mischung getroffen werden können. Diese Vorhersage soll durch einen systematischen Modellansatz ermöglicht werden, welcher am Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren mit effektiven Methoden zum Experimentaldesign entwickelt wird. Das resultierende Modell kann zum Beispiel im Hinblick auf die Stickstoffdynamik oder den Befall von Pathogenen und Schädlingen in torfreduzierten Produktionssystemen nützlich sein.

Die Bedeutung torfreduzierter Substrate für die Gesundheit von Mensch und Pflanze

Die Verwendung von organischen Torfersatzstoffen in Substraten bringt nicht nur chemische und physikalische Änderungen im Vergleich zu reinen Torfsubstraten mit sich. Die eingearbeiteten Substanzen beeinflussen auch maßgeblich die Zusammensetzung und Funktionen von schädlichen und nützlichen Organsimen im Kultursubstrat. Auch eine veränderte Produktionsweise, Lagerung oder Kulturführung hat einen Einfluss auf das Auftreten und die Entwicklungsmöglichkeiten von schädlichen oder nützlichen Organismen und somit auf die Pflanzengesundheit. Dieser Einfluss kann positiv oder negativ im Vergleich zum derzeitigen Standardkultursubstrat sein.

Nützliche oder schädliche Organismen können bereits in Kultursubstrate gelangen, bevor diese verwendet werden. Am Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst des JKI werden pflanzliche Pathogene und Schädlinge in torfreduzierten Produktionssystemen untersucht. Hier liegt der Schwerpunkt auf der Ökologie von Schadinsekten wie Trauermücken (Abbildung 3 A), phytopathogenen Pilzen und Oomyceten (Abbildung 3 B) und nützlichen Organismen. Die Vorbelastung torfreduzierter Kultursubstrate wird ebenso untersucht wie die Entwicklung und Vermehrung der nützlichen und schädlichen Organismen über den Kulturzeitraum. Ziel ist es, torfreduzierte Substrate aus der Sicht des Pflanzenschutzes zu bewerten und entsprechende gezielte Kulturmaßnahmen für den integrierten und biologischen Pflanzenschutz abzuleiten.

Die Verwendung von Torfersatzstoffen tierischen Ursprungs wie Gärresten stellt ein Risiko für den Eintrag humaner Krankheitserreger in Substrate und somit auf die Pflanze dar. Werden Frischeprodukte roh verzehrt, besteht in sehr seltenen Fällen die Möglichkeit, dass assoziierte Bakterien beim Menschen Infektionskrankheiten auslösen. Am Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik des JKI werden Effekte von Torfersatzstoffen auf das Pflanzenmikrobiom untersucht. Zudem wird die Stabilität (Resilienz) des Mikrobioms während des Pflanzenwachstums, die Veränderungen und Übertragbarkeit von Antibiotikaresistenzgenen (Resistom) sowie die Persistenz ausgewählter Humanpathogene in torfreduzierten Kultursubstraten vor und während der Kultur untersucht (Abbildung 3 C).

Abbildung 13: **In ToPGa wird die Ökologie von schädlichen Organismen in torfreduzierten Kultursystemen untersucht, insbesondere von Trauermücken (A) und Pilzen und Oomyceten (B). Auch die Persistenz ausgewählter Humanpathogene in Substraten wird untersucht (C)**

Methodenoptimierung zur Bestimmung des Stickstoffhaushalts in torfreduzierten Systemen

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal für Substrate ist die Stabilität des Stickstoffhaushalts, die durch einen standardisierten Brutversuch des VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs-

und Forschungsanstalten) ermittelt wird. Je stabiler der Stickstoffaushalt eines Substrates ist, desto geringer ist die Freisetzung bzw. Immobilisierung von Stickstoff durch mikrobielle Abbauprozesse und eine zuverlässige Einschätzung der Stickstoffversorgung von Pflanzen während der Kulturzeit ist möglich. In torfreduzierten bzw. torffreien Substrate werden häufig mehrere Substratausgangsstoffe kombiniert. Durch diese zunehmende Komplexität stößt die etablierte Methode an ihre Grenzen.
Um weiterhin eine zielgerichtete und bedarfsgerechte Stickstoffdüngung zu ermöglichen, arbeitet die Lehr- und Versuchsanstalt Hannover-Ahlem der Landwirtschaftskammer Niedersachsen im Rahmen des ToPGa-Projekts an einer Optimierung der bestehenden Methode. Durch chemische und physikalische Modifikationen der Proben vor der Bebrütung, Versuchen zur Bebrütungszeit bzw. -länge und der Probenlagerung, sowie durch den Vergleich mit internationalen Methoden zur Bestimmung des Stickstoffhaushalts soll eine Methode entwickelt werden, die möglichst schnell sichere und reproduzierbare Ergebnisse liefert. Mit Versuchen an Petunie und Cyclame sowie mit Hilfe von Keimpflanzentests wird abschließend geprüft, ob die im Labor ermittelten Daten auch pflanzenbaulich belegbar sind. Durch die Vernetzung mit den anderen ToPGa-Partnern bekommt die Validierung eine deutlich größere Basis.

Lösungen für die Torfreduktion bei Erdpresstöpfen und im Beerenobst

Ein besonderer Teilaspekt im Gemüseanbau ist die Jungpflanzenanzucht in Erdpresstöpfen. Bei Erdpresstöpfen sind die Presseigenschaften und die Topfstabilität zur Pflanzung von besonderer Bedeutung, welche insbesondere durch den Torfanteil bestimmt werden. Forschende der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (Gartenbaukompetenzzentrum Gülzow) verfolgen das Ziel des verminderten Torfeinsatzes bei Erdpresstöpfen durch eine substanzielle Volumenverringerung. Am Beispiel von Kopfsalat (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) sollen umfassend Möglichkeiten und Grenzen von torfreduzierten und gleichzeitig stabilen Erdpresstöpfen ausgelotet werden. In Versuchen wird untersucht, welchen Einfluss eine verminderte Erdpresstopfgröße und der Zusatz von Torfersatzstoffanteilen auf die Jungpflanzeneigenschaften und die spätere Ertragsbildung im Feld haben. Weitere Bewertungskriterien sind u. a. auch Jungpflanzenhaltbarkeit, Kulturdauer und Bestandshomogenität. Abschließend sollen praxistaugliche Empfehlungen für Anzuchtsysteme abgeleitet werden.

Heidelbeeren werden mehrjährig angebaut und haben eine Standzeit von 10 – 20 Jahren. Dafür geeignet sind Moor- und Heideböden, die allerdings geschützt und damit für den Anbau nicht verfügbar sind. Um dem deutschen Heidelbeeranbau die Möglichkeit zu geben, nachhaltig, ökologisch und innovativ an der weltweiten Entwicklung dieser Kulturpflanze zu partizipieren, ist ein neues innovatives, torfreduziertes Anbauverfahren von Nöten. Dieses Anbauverfahren soll bei einer Reduktion des benötigten Substratvolumens von mehr als 60 % unter Benutzung von torfreduzierten Kultursubstraten beurteilt, erprobt, demonstriert und in die Praxis transferiert werden.
Im Anbau von Erdbeeren und Strauchbeeren nimmt der Anteil des bodenfernen geschützten Anbaus kontinuierlich zu. Im Rahmen von ToPGa sollen neue torfreduzierte Substrate unter Praxisbedingungen überprüft und verbessert werden, um auch für die speziellen Bedürfnisse dieser Kultursysteme mit langen Standzeiten nachhaltige Alternativen zu entwickeln. Diese Fragestellungen zum Beerenobst werden an der Versuchsstation Langförden der Landwirtschafts-kammer Niedersachsen bearbeitet.

Ökonomische und ökobilanzielle Bewertung

Die Bestrebungen den Torf in Kultursystemen in Deutschland zu reduzieren baut auf die Freiwilligkeit im Hobby- und Erwerbsgartenbau (BMU 2016). Torfreduzierte Substrate werden bisher unterschiedlich breit im Produktionsgartenbau angewandt. Als Gründe gegen eine Verringerung des Torfeinsatzes werden höhere Kosten und eine steigende Unsicherheit bei der Kulturführung, z. B. durch höhere Substratpreise, steigende Ausfallraten oder sinkende Qualitäten genannt. Um diesen Gründen entgegenzuwirken, müssen torfreduzierte Produktionssysteme im Vergleich zur aktuellen Anbaupraxis angepasst werden. Die Effekte dieser Anpassungen werden am Thünen Institut für Betriebswirtschaft aus der Perspektive gartenbaulicher Produktionsbetriebe ökonomisch analysiert.

Die Forderung nach einer Verringerung des Torfeinsatzes im Gartenbau resultiert insbesondere aus den schädlichen Klimawirkungen der Torfverwendung. Folglich muss der Einsatz alternativer Substratausgangsstoffe tatsächlich zu einer Reduktion von Treibhausgasen führen, ohne gleichzeitig andere Umweltbelastungen zu generieren. Für ausgewählte Kulturpflanzen (Tabelle 1) untersucht daher das Green-Survey – Institut für Marktforschung Prof. Dr. Menrad GmbH die Umweltwirkungen torfreduzierter Substrate im Vergleich zu den aktuell verwendeten Substraten.

Die ökonomischen und ökologischen Analysen werden in enger Kooperation durchgeführt, indem in ausgewählten Fallstudien konventionelle torfhaltige Produktionssysteme mit torfreduzierten bis torffreien Alternativen verglichen werden. Durch diese abgestimmte Vorgehensweise können für die untersuchten Fälle gleichzeitig die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen und die Umwelteffekte identifiziert werden. Auf dieser Grundlage sollen Vorschläge für Anpassungen auf betrieblicher Ebene und für politische Maßnahmen abgeleitet werden.
In vier spartenspezifischen regionalen Workshops sollen die Ergebnisse der ökonomisch-ökologischen Bewertung und die für die jeweiligen Sparten relevanten weiteren ToPGa-Ergebnisse interessierten Akteuren vermittelt werden. Die Workshops dienen der Diskussion und dem Transfer der ToPGa-Projektergebnisse in die verschiedenen gartenbaulichen Produktionssparten des deutschen Gartenbaus und in interessierte politische Kreise.

Zusammenfassung

Das Verbundvorhaben ToPGa ist ein Zusammenschluss aus sieben deutschen Forschungsinstitutionen mit dem Ziel, die Herausforderungen torfreduzierter Substrate im Erwerbsgartenbau möglichst ganzheitlich zu untersuchen und zu bewerten. ToPGa erforscht bisher weniger betrachtete Aspekte des Torfersatzes, um unbekannte Zusammenhänge aufzuklären und damit zu praxistauglichen Lösungen beizutragen. Es wird das Zusammenwirken definierter Kultursubstrate und Torfersatzstoffe in Beispielkulturen der Gartenbausparten Baumschule, Beerenobst, Gemüsebau, Topfkräuter und Zierpflanzenbau untersucht. Interaktionen von mikrobiellen Phyto- und Humanpathogenen in Torfersatzstoffen und torfreduzierten Substraten werden betrachtet, ebenso wie nützliche und schädliche Organismen. So werden torfreduzierte Substrate aus der Sicht des Pflanzenschutzes untersucht und gezielte Kulturmaßnahmen für den integrierten Pflanzenschutz abgeleitet. Pflanzenbaulich relevante Aspekte werden mit (i) der Prüfung der neuen Torfalternativen Gärreste und Fasernessel für einzelne gartenbauliche Anbausysteme, (ii) der Untersuchung des Stickstoffhaushalts und (iii) der Eignung torfreduzierter Anbausysteme in Gemüsebau und Beerenobst abgedeckt. Ein weiterer Teil des Konsortiums beschäftigt sich mit der integrierten betriebswirtschaftlichen und ökobilanziellen Bewertung von torfreduzierten Produktionssystemen. Gefördert wird ToPGa durch das Deutsche Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) über eine Laufzeit von drei Jahren.

Abstract

The ToPGa project is a cooperation of seven German research institutions with the aim to solve the challenges of peat-reduction in horticulture. ToPGa is using an integrated approach focusing on aspects of peat substitution that have not been investigated systematically and thereby discovering unknown solutions for horticultural applications. Interactions of specific substrates and peat substitutes are examined using plant species representative for different sections of horticulture including nursery, soft fruits, vegetables, herbs, and ornamentals. Furthermore, research in ToPGa focuses on microbial interactions including human and plant pathogens as well as pest ecology. Thus, peat-reduced and peat-free substrates are evaluated from the phytosanitary perspective, generating targeted measures for integrated and ecological plant protection measures. Aspects of horticultural relevance are covered by (i) investigating the novel peat alternatives such as digestates or fibre nettle for selected cultivation systems, (ii) evaluating nitrogen balance, and (iii) novel strategies for peat-reduced systems for young plant production in vegetables and for soft fruits. These analyses are completed by an integrated economic and ecologic evaluation of peat-reduced production systems. ToPGa is funded by the German Federal Ministry of

Food and Agriculture (BMEL) via the Fachagentur Nachwachsense Rohstoffe e.V. (FNR) for a duration of three years.

Literatur

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit (BMU), 2016: Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutz-plan_2050_bf.pdf?p=49 [Abrufdatum 18.05.2022]
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), 2021: Nationale Moorschutzstrategie. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_moorschutz_strategie_bf.pdf [Abrufdatum 31.03.2022]
EYMANN L, MATHIS A, STUCKI M, AMREIN S, 2015: Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen. Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil.
FISCHER H, GUSOVIUS H, LÜHR C, RÖDEL P, SCHNEIDER C, KREYE SM, MACHMÜLLER A, ROTTMANN-MEYER ML, BECKHAUS H, 2019: InBeNeFa — Verbundvorhaben: Entwicklung einer industriellen Bereitstellungskette von Brennnesseljungpflanzen bis zur Nesselfaser. Forschungsberichte aus dem Faserinstitut Bremen, Nr. 59. Books on Demand GmbH, Norderstedt.
SWIETER A, LANGHOF M, LAMERRE J, GREEF, JM, 2019: Long-term yields of oilseed rape and winter wheat in a short rotation alley cropping agroforestry system. Agroforestry Systems 93, 1853–1864.
TAYLOR K, 2009: Biological Flora of the British Isles: *Urtica dioica* L. Journal of Ecology 97, 1436–1458.
LEIBER-SAUHEITL K, BOHNE H, BÖTTCHER J, 2021: First steps towards a test procedure to identify peat substitutes for growing media by means of chemical, physical and biological material characteristics. Horticulturae 7, 164. https://doi.org/10.3390/horticulturae7070164

Adressen der Autoren

Rohr, Annmarie-Deetja[1], Beltz, Heinrich[2]; Besand, Felix[3]; Beßler, Bernhard[4]; Bettermann, Antje[5]; Dirksmeyer, Walter[6]; Eilers, Christina[2]; Emmel, Michael[4]; Friese, Ariane[7]; Guggenberger, Georg[8]; Katroschan, Kai-Uwe[3]; Koltermann, Doreen[9]; Körner, Oliver[10]; Koschnick, Felix[7]; Lampert, Paul[11]; Langhof, Maren[9]; Leiber-Sauheitl, Katharina[8]; Michaelis, Gerlinde[2]; Neeb, Janina[4]; Ohmes, Marie-Friederike[1]; Riebesehl, Janett[1]; Schikora, Adam[5]; Schnoor, Patrick[12]; Schöps, Johanna[11]; Schorpp, Quentin[1]; Schwarz, Kai-Uwe[9]; Soliz Santander, Fabricio Fabián[1]; Sradnick, André[10]; Wrede, Andreas[12]; Yoon, Ju-Kwang[6]; Vogler, Ute Katharina[1]

[1]Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig
[2]Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Bad Zwischenahn (LVG), Kompetenzzentrum Baumschule und Azerca, Hogen Kamp 51, D-26160 Bad Zwischenahn
[3]Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gartenbaukompetenzzentrum Gülzow (GKZ), Kompetenzzentrum Freilandgemüsebau, Dorfplatz 1, D-18276 Gülzow-Prüzen
[4]Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Hannover-Ahlem (LVG), Kompetenzzentrum Zierpflanzen, Heisterbergallee 12, D-30453 Hannover
[5]Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig
[6]Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 63, D-38116 Braunschweig
[7]Landwirtschaftskammer Niedersachsen, ESTEBURG – Obstbauzentrum Versuchsstation Beerenobst Langförden, Kompetenzzentrum Obstbau, Spredaer Str. 2, D-49377 Vechta

[8]Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Institut für Bodenkunde, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover, Deutschland
[9]Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Bundesallee 58, D-38116 Braunschweig
[10]Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau e.V. Großbeeren (IGZ e.V.), Programmbereich Gartenbausysteme der Zukunft, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, D-14979 Großbeeren
[11]GreenSurvey – Institut für Marktforschung Prof. Dr. Menrad GmbH, Europaring 4, D-94315 Straubing
[12]Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Gartenbauzentrum (GBZ) Ellerhoop, Kompetenzzentrum Baumschule, Thiensen 16, D-25373 Ellerhoop

[*] Ansprechpartner: Dr. Annmarie-Deetja Rohr, annmarie-deetja.rohr@julius-kuehn.de

Erhebung der Regenwurmpopulation im 116-jährigen Ewigroggenversuch in Groß-Enzersdorf

The earthworm population in the „Eternal rye"– a 116 year old field trial in Gross-Enzersdorf

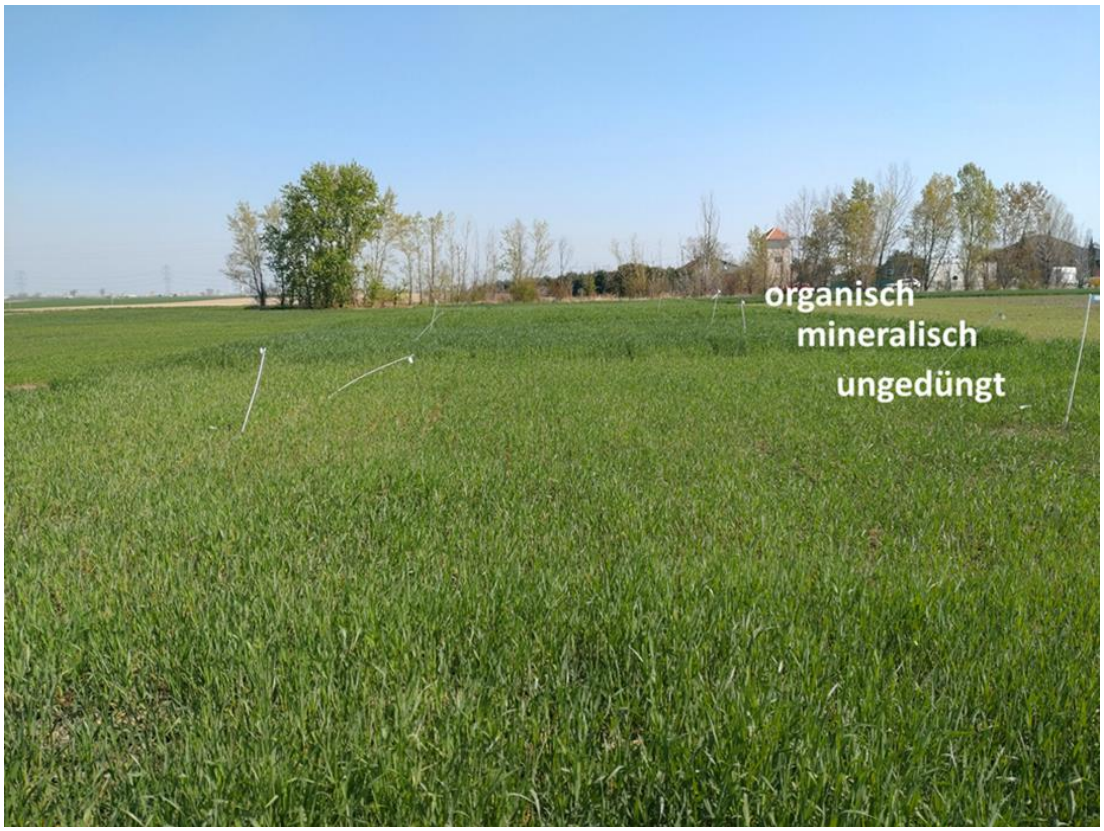
Caroline Huber[1‡*], Laura Sturm[‡1], Reinhard W. Neugschwandtner[1] und Pia Euteneuer[2]

Einleitung

Die Regenwürmer zählen zu den wichtigsten Bodenlebewesen in Agrarökosystemen, indem sie unter anderem die Bodenstabilität und die pflanzenverfügbaren Nährstoffe erhöhen (SCHRADER et al., 2020). Doch durch intensive Bodenbearbeitung kann die Regenwurmabundanz stark reduziert und die Bodenstruktur zerstört werden (BRIONES und SCHMIDT, 2017). Um die Langzeitfolgen einer solchen intensiven Bewirtschaftung für die Regenwurmpopulation abzuschätzen, wurde der Langzeitroggenversuch (Ewigroggen) in Groß-Enzersdorf an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien von 2020 bis 2021 untersucht. Dieser historische Versuch, wurde 1906, mit dem damals wichtigen Vergleich von mineralischem und organischem Dünger, begonnen. Heute bietet sich der Versuch an, die Abundanz von Regenwürmern unter Einfluss von Düngung und reduzierter Fruchtfolge zu erheben.

Material und Methoden

Der Ewigroggenversuch umfasst Winterroggen in Rotation mit Sommergerste und Schwarzbrache und im Vergleich Roggen in Monokultur. Zusätzlich gibt es drei verschiedene Düngungsvarianten: keine Düngung, mineralische NPK-Düngung und organische Düngung in Form von Stallmist (Abb. 1). Das Stroh wird jährlich abgetragen und der Boden auf 30 cm gepflügt. Jede Großparzelle (16 × 20 m) wurde in vier Pseudowiederholungen geteilt. Da es sich um eine Momentaufnahme in diesem langjährigen Versuch handelt, wurden für die Erhebungen die Parzellen der Schwarzbrache, Roggen in Fruchtfolge und Roggen in Monokultur herangezogen. Die Regenwürmer wurden mittels Spatenproben (20 × 20 × 30 cm) erhoben, anschließend händisch durchsucht und auf Art und Lebensstadium bestimmt. Des Weiteren wurden in den Versuchsparzellen ausgewählte Parameter gemessen, die Aufschluss auf das Regenwurmhabitat und das Pflanzenwachstum geben. Dazu zählen wöchentliche Messungen von Bodentemperatur, –feuchtigkeit und der Tea Bag Index (KEUSKAMP et al., 2013) der insgesamt vier Mal mit je 90 Tagen von Jänner bis Juni erhoben wurde. Zusätzlich wurden die mittleren Aggregatgrößen und der Bodeneindringwiderstand gemessen. Für die Ertragsbestimmung wurde oberirdische Pflanzenbiomasse Mitte Juli geschnitten und anschließend 24 Stunden bei 105° C getrocknet. Erhoben wurden das Gewicht und Anzahl der Ähren und das Gewicht des restlichen Pflanzenmaterials. Die Ähren wurden danach gedroschen und die Körner gewogen und gesiebt.



Abbilung 1: **Ewigroggenversuch im April 2022 in Groß-Enzersdorf an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien. Zu sehen ist der Winterroggen auf der Fruchtfolgeparzelle in den drei Düngungsvarianten**

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse aus dem Jahr 2020 zeigten, dass Düngung mit Stallmist den stärksten Einfluss auf die Regenwurmabundanz ausgeübt hat. Auf den organisch gedüngten Parzellen konnten sowohl die meisten Regenwürmer als auch eine höhere Artenzusammensetzung ermittelt werden. Endogäische Regenwürmer waren in allen Parzellen vertreten, anözische Regenwürmer einzig auf den organisch gedüngten Parzellen, dafür sowohl auf den Flächen der Schwarzbrache, Roggen in Fruchtfolge als auch bei Roggen in Monokultur. Die Fruchtfolge selbst spielte im Vergleich zur Düngungsart im Jahr 2020 eine untergeordnete Rolle, wobei auf den Flächen der Schwarzbrache tendenziell die meisten Regenwürmer gefunden wurden. Die Bodenfeuchtigkeit stieg bis Anfang März 2020 leicht an und nahm ab diesem Zeitpunkt aufgrund des sehr trockenen Frühjahres bis zum Zeitpunkt der Erhebung der Regenwürmer Mitte April kontinuierlich ab. Diese Trockenheit wirkte sich auf die erhobene Regenwurmabundanz aus, da die Bodenfeuchtigkeit kurzfristig und langfristig einen starken Einfluss auf die Regenwurmanzahl hat (EUTENEUER et al., 2020; EGGLETON, et al., 2009). Im Jahr 2021 zeigte sich ein ähnliches Bild, allerdings mit einem höheren Niederschlag in den Wintermonaten, der sowohl die Anzahl der Regenwürmer als auch der Kokons positiv beeinflusst hat, wie auch bei ABAIL und WHALEN (2018). Die Fruchtfolgeparzellen wiesen im Vergleich zu den Brache- und Monokulturparzellen ebenfalls erhöhte Regenwurm- und Regenwurmkokondichte auf. Der Anbau von Roggen in Fruchtfolge erhöhte die Biodiversität im Vergleich zur Schwarzbrache und Roggen in Monokultur. STROUD et al. (2016) kamen zu ähnlichen Ergebnissen bei der Erhebung der Häufigkeit von *Lumbricus terrestris*.

Im Hinblick auf die Ernte konnten in den beiden Jahren Unterschiede beobachtet werden. Während 2021 die gedüngten Varianten höhere Ährendichten, Ährengewichte und damit auch höhere Einzelkorngewichte ermittelt wurden, kam es im Jahr 2020 zu Abweichungen. Trockenheit verringert die photosynthetischen Assimilationsraten, welche das vegetative Wachstum einschränken und in weiterer Folge den Ertrag von Feldfrüchten mindert (GRANT, 2012). Es ist daher anzunehmen, dass diese Abweichungen des Ertrages mit der Trockenheit im Frühjahr 2020 zusammenhängen. Die gedüngten Varianten wiesen

zwar allesamt höhere Ährendichten auf, allerdings wogen bei Roggen in Fruchtfolge die organisch gedüngten Ähren weniger als auf der ungedüngten Parzelle. Alle Varianten des ungedüngten Roggens hatten zudem das höchste Einzelkorngewicht.
Die Regenwurmpopulation im Ewigroggen wurde, wie bei SUTHAR (2009), durch die organische Düngung gefördert, wobei die mineralische Düngung die Pflanzenbiomasse erhöhte, die sich wiederum positiv auf das Nahrungsangebot für Regenwürmer auswirken kann (BOHLEN und EDWARDS, 1995), falls das Stroh nicht, wie beim Ewigroggen, abtransportiert wird. Beim Ewigroggenversuch konnte der Stallmist die negativen Auswirkungen des Pfluges auf die Regenwürmer im Vergleich zur mineralischen Düngung ausgleichen, indem ein erweitertes Nahrungsangebot für Regenwurmpopulation bereitgestellt wird (CHAN, 2001; ERNST und EMMERLING, 2009, VAN CAPELLE et al., 2012). Es sollte jedoch von einer intensiven Bodenbearbeitung abgesehen werden, die immer zu einer Regenwurmreduktion führt und diese Reduktion nicht durch einen hohen Eintrag von organischem Material kompensiert werden kann (CZARNECKI und PAPROCKI, 1997). Der Ewigroggenversuch kann daher einen Ausblick auf die Zukunft der Biodiversität in einer intensiven Landwirtschaft mit vereinfachter Fruchtfolge sowie mit und ohne Viehhaltung bieten.

Zusammenfassung

Anfang des 20. Jahrhunderts, im Jahr 1906, wurde ein bis heute noch existierender Feldversuch an der Universität für Bodenkultur Wien angelegt. Aufgrund der jahrhundertelangen einseitigen Bewirtschaftungsweise mit Roggenmonokultur und verschiedenen Düngungsvarianten findet man an diesem Standort Bodenbedingungen vor, die in der ackerbaulichen Praxis in dieser extremen Form nicht anzutreffen sind und besondere Auswirkungen auf das Bodenleben haben. Bei diesem Versuch handelt es sich um einen Vergleich von Roggen in Rotation mit Sommergerste und Schwarzbrache. Demgegenüber steht Roggen in Monokultur und zusätzliche Düngungsvarianten: ungedüngt, mineralisch mit NPK-Dünger und Stallmist. Mit dem Hintergrundwissen, dass Regenwürmer wichtige Bodenlebewesen sind und um die Population von Regenwürmern in diesen einzigartigen Bodenverhältnissen zu erheben, wurde der Versuch im April 2020 und 2021 untersucht. Die größten Auswirkungen auf die Regenwurmabundanz und Artenzusammensetzung hatte die Düngung. Es wurden kaum Regenwürmer in der ungedüngten Variante gefunden, gefolgt von mineralischem Dünger und danach dem Stallmist, mit der ebenso größere Artenvielfalt. Der Ewigroggenversuch kann damit einen Ausblick auf die Zukunft der Biodiversität in einer intensiven Landwirtschaft mit vereinfachter Fruchtfolge mit und ohne Viehhaltung geben.

Abstract

At the beginning of the 20th century, in 1906, a field experiment (Eternal Rye) was set up at the University of Natural Resources and Life Sciences Vienna. A century of rye in monoculture and different fertilization regimes created a unique opportunity to observe earthworm populations under these extreme conditions. The experiment is a comparison of rye in rotation with spring barley and bare fallow with three fertilization regimes: unfertilized, mineral with NPK fertilizer and farmyard manure (FYM) and was investigated in April 2020 and April 2021. The fertilization regimes had a major impact on earthworm abundance and species composition. Hardly any earthworms were found in the unfertilized treatment, followed by mineral fertilizer and FYM. The FYM treatment also showed a greater species diversity including *Lumbricus terrestris*. The Eternal Rye may be a glimpse into the future for long-effects on agricultural intensification with and without animal husbandry and simplified crop rotations.

Literatur

ABAIL Z, WHALEN JK, 2018: Corn residue inputs influence earthworm population dynamics in a no-till corn-soybean rotation. Applied Soil Ecology 127(March), 120–128.
BOHLEN PJ, EDWARDS CA, 1995: Earthworm effects on N dynamics and soil respiration in microcosms receiving organic and inorganic nutrients. Soil Biology and Biochemistry 27(3), 341–348.
BRIONES MJI, SCHMIDT O, 2017: Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. Global Change Biology 23, 4396–4419.
CHAN KY, 2001: An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - Implications for functioning in soils. Soil and Tillage Research 57(4), 179–191.

CZARNECKI AJ, PAPROCKI R, 1997: An attempt to characterize complex properties of agroecosystems based on soil fauna, soil properties and farming system in the north of Poland. Biological Agriculture & Horticulture 15, 11–23.
EGGLETON P, INWARD K, SMITH J, JONES DT, SHERLOCK E, 2009: A six-year study of earthworm (*Lumbricidae*) populations in pasture woodland in southern England shows their responses to soil temperature and soil moisture. Soil Biology and Biochemistry 41(9), 1857–1865.
ERNST G, EMMERLING C, 2009: Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. European Journal of Soil Biology 45, 247–251.
EUTENEUER P, WAGENTRISTL H, STEINKELLNER S, FUCHS M, ZALLER JG, PIEPHO HP, BUTT KR, 2020: Contrasting effects of cover crops on earthworms: Results from field monitoring and laboratory experiments on growth, reproduction and food choice. European Journal of Soil Biology 100, 103225.
GRANT OM, 2011: Understanding and exploiting the impact of drought stress on plant physiology. In: Parvaiz A. und Prasad M.N.V. (Hrsg.) Abiotic Stress Responses in Plants, Springer-Verlag, New York Dordrecht Heidelberg London, 89-104.
KEUSKAMP JA, DINGEMANS BJJ, LEHTINEN T, SARNEEL JM, HEFTING MM, 2013: Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. Methods in Ecology and Evolution 4, 1070–1075
SCHRADER S, VAN CAPELLE C, MEYER-WOLFARTH F, 2020: Die Servicekräfte des Bodens: Regenwürmer als Partner bei der Bodennutzung. Biologie in unserer Zeit 3/2020(50), 192-198.
STROUD JL, IRONS DE, WATTS CW, WHITE RP, MCGRATH SP, WHITMORE AP, 2016: Population collapse of Lumbricus terrestris in conventional arable cultivations and response to straw applications. Applied Soil Ecology 108, 72–75.
SUTHAR S, 2009: Earthworm communities a bioindicator of arable land management practices: A case study in semiarid region of India. Ecological Indicators 9(3), 588–594.
VAN CAPELLE C, SCHRADER S, BRUNOTTE J, 2012: Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota: a review with a focus on German data. European Journal of Soil Biology 50, 165–181.

Adressen der Autoren

[1] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Pflanzenbau, Tulln

[2] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Groß-Enzersdorf

[‡] geteilte Erstautorenschaft

[*] Ansprechpartnerin: Caroline HUBER BSc, caroline.huber@students.boku.ac.at

Pflanzenparasitäre Nematoden bei Erdbeeren

Plant parasitic nematodes in strawberries

Ines Gabl*, Hermann Hausdorf und Lena Griebeling

Einleitung

Pflanzenparasitäre Nematoden und ihr Schadpotential spielen in vielen verschiedenen Kulturen eine teilweise erhebliche Rolle und werden als Fruchtfolgeschädlinge bezeichnet. Auch in Erdbeerkulturen sind sie bereits als Schadursache bekannt und führen dort sowohl zu einer Reduktion der Qualität als auch der Erntemenge.

Allgemein sind Symptome an Pflanzen oder Symptome in einem Pflanzenbestand ausgelöst durch pflanzenparasitäre Nematoden unspezifisch und erst dann in einer Kultur beobachtbar, wenn die vorkommenden pflanzenparasitären Nematoden in sehr hohen Populationsdichten vorhanden sind. Erst dann entstehen nestartige Stellen im Bestand mit Pflanzen, die in ihrem Wachstum gehemmt und verkümmert erscheinen. Die einzelnen Pflanzen selbst sind klein, können Chlorosen ausbilden und Vergilbungen zeigen (nach MAGNUSSON 2020). Nach Literaturrecherche konnte erhoben werden, dass vor allem die Gattungen mit entsprechenden Arten: *Aphelenchoides* (*A. fragariae*, *A. ritzemabosi*), *Ditylenchus (D. dipsaci*), *Helicotylenchus*, *Longidorus* (verschiedene Arten), *Meloidogyne* (*M. hapla*), *Pratylenchus* (*P. penetrans* und weitere Arten), *Paratylenchus* (mehrere Arten), *Tylenchorhynchus* und *Xiphinema* mit Erdbeere assoziiert vorkommen (SAMALIEV & MOHAMEDOVA 2011). Feldbeobachtungen ergaben, dass Arten der Gattung *Meloidogyne*, *Pratylenchus* und *Aphelenchoides* die derzeit wirtschaftlich bedeutendsten im ägyptischen Erdbeeranbau darstellen (ABD-ELGAWAD 2019). Eine Interaktion von pflanzenparasitären Nematoden und dem Auftreten weiterer Pflanzenpathogenen wie Pilzen, Bakterien und Viren findet sich vielfach in der Literatur (nach DECKER 1963). Bei Erdbeere ist die Interaktion von *Pratylenchus penetrans* mit den bodenbürtigen Pilzen *Verticillium dahliae* (MCKINLEY, R., & TALBOYS 1979) und *Rhizoctonia fragariae* (LAMONDIA 2003) von großer Bedeutung.

Material und Methoden

Im Rahmen des FEM Tech Projektes „Nematoden an Erdbeere“ wurden Erdbeerflächen in der Vegetationsperiode ausgewählt auf denen sich Symptome an Pflanzen, wie kleiner, verkümmerter Wuchs in Reihen oder Nestern sowie Fehlstellen in Reihen und Nestern, zeigten (Grafik 1). Anbauinformationen zur Vorfrucht und Fruchtfolgegestaltung wurden erhoben. Auf einer beprobten Fläche wurden Bodenproben vor dem Anbau von Erdbeere in diesem Jahr entnommen. Die Erdbeeranbauflächen befinden sich in Niederösterreich, Wien und Oberösterreich. Insgesamt wurden acht Standorte und insgesamt zehn Flächen beprobt. Auf jeder Anbaufläche erfolgten vier Probenahmen: drei Pflanzenproben (gesunde Pflanze, eine Pflanze mit mittleren Schädigungen und eine Pflanze, die starke Schädigungen zeigte) und einer Mischprobe Boden von der Erdbeerfläche als „Überblicksprobe“.

Die Pflanzenprobe wurden mit einem Spaten entnommen. Sowohl die Pflanzen mit ihren Wurzeln als auch der Boden um die Wurzeln wurde für die Untersuchungen herangezogen. Für die Mischprobe „Überblicksprobe“ wurde mit dem Bodenprobestecher in einer Tiefe von 0-30 cm Boden entnommen, die den gesamten symptomatischen Bereich abdeckte. An jedem Standort wurde dabei gleich vorgegangen.

Die Bodenproben wurden mit dem Oostenbrink-Elutriator zur Extraktion der Nematoden bearbeitet. Dazu wurde bei den Wurzelstöcken die Erde vom Wurzelsystem des Erdbeerstockes getrennt und homogenisiert. Die Bearbeitung anhand des Oostenbrink-Elutriators wurde nach Gebrauchsanleitung durchgeführt. Dabei wurden pro Probe je 200g Bodenprobe aufgeschwemmt und die Nematoden mit dem Elutriator extrahiert. Dieser aufgefangene Teil wurde in einem weiteren Extraktionsschritt in Oostenbrink-Schalen für 48h feucht inkubiert und die aufgefangenen Nematoden anschließend mit einem feinen Sieb (20 µm Maschenweite) aufgefangen. Die Anzahl pflanzenparasitärer Nematoden in der erhaltenen Nematodensuspension wurde unter dem Mikroskop mit einer Zählkammer gezählt und anschließend wurde eine morphologische Bestimmung durchgeführt.

Das Pflanzenmaterial (gewaschene Blätter und Wurzeln jeder Erdbeerpflanze) wurde für 4 Tage in der Sprühanlage inkubiert. Die gereinigten und gewogenen Teile wurden in ein Gazesieb mit einem Filter

auf einem Glastrichter platziert, der in einem Glaszylinder endet. Die sich sammelnden Nematoden am Boden des Zylinders wurden ebenfalls mit einem Sieb aufgefangen und im Mikroskop mit einer Zählkammer gezählt und anschließend morphologisch bestimmt.

Grafik 14: **Schadsymptome: nestartige Fehlstellen im Bestand, Kümmerwuchs und einzeln kümmernde Pflanzen in Reihen auf den verschiedenen Erdbeerstandorten.**

Ergebnisse und Diskussion

Als häufigste Gattungen traten in den „Überblicks"-Bodenproben *Pratylenchus*, *Paratylenchus* und *Helicotylenchus* auf. Auf einem Standort auch *Meloidogyne*. Die Gattung *Pratylenchus* wurde auf allen zehn beprobten Flächen nachgewiesen. *Paratylenchus* und *Helicotylenchus* waren auf vier Standorten verbreitet und *Meloidogyne* auf einem Standort. Aufgrund des hohen Schadpotenzials der beiden Gattungen *Pratylenchus* und *Meloidogyne* an Erdbeere wurde bei diesen Gattungen eine Artbestimmung durchgeführt. Als Arten dieser Gattung wurden *P. neglectus* (auf sechs Flächen), *P. thornei* (auf drei Flächen), *P. penetrans* (auf zwei Flächen) und *P. crenatus* (auf einer Fläche) nachgewiesen. Auf drei Flächen kam es zu einem Auftreten einer Mischpopulation von *P. penetrans*/ *P. neglectus*, *P. crenatus*/*P. thornei* und *P. neglectus*/*P. thornei*. An einem Standort mit Vorkommen *P. neglectus* wurde auch *Meloidogyne hapla*, das nördliche Wurzelgallenälchen, nachgewiesen. Die Ergebnisse machen auch deutlich, dass auf einer Fläche mehr als eine Gattung von pflanzenparasitären Nematoden vorkommen kann. Die jeweiligen empfohlenen Maßnahmen müssen auf die primär schädigende Nematodenart ausgerichtet sein. Das Vorkommen von *P. penetrans* und *M. hapla* in Erdbeerfeldern deutet auf ein erhöhtes Schadensrisiko hin, welches durch eine Bodenuntersuchung vor dem Anbau von Erdbeeren minimiert werden kann.

Zusammenfassung:

Um das Vorkommen und die Populationsdichten von pflanzenparasitären Nematoden auf ausgewählten österreichischen Erdbeerstandorten zu erheben, wurden auf Erdbeerflächen in der Vegetationszeit, auf denen sich Symptome zeigten, Boden- und Pflanzenproben untersucht. Auf den 10 untersuchten Flächen wurden als häufigste Gattungen *Pratylenchus* spp., *Paratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. und *Helicotylenchus* spp. festgestellt. Als häufigste Arten wurden morphologisch bestimmt: *Pratylenchus penetrans*, *P. neglectus*, *P. crenatus*, *P. thornei*, *Meloidogyne hapla*. *P. penetrans* und *M. hapla* sind wichtige pflanzenschädigende Nematoden im Erdbeeranbau. Blatt- und Stängelnematoden oder auch virenübertragenden Nematoden, wie sie in anderen Untersuchungen assoziiert mit Erdbeere festgestellt wurden, wurden in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen.

Abstract

In order to determine the occurrence and population densities of plant-parasitic nematodes on selected Austrian strawberry fields, soil and plant samples were examined on strawberry fields showing symptoms during the growing season. The most common genera found on the 10 fields were *Pratylenchus* spp., *Paratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. and *Helicotylenchus* spp. The most common species morphologically determined were *Pratylenchus penetrans*, *P. neglectus*, *P. crenatus*, *P. thornei*, *Meloidogyne hapla*. *P. penetrans* and *M. hapla* are important plant-damaging nematodes in strawberry cultivation. Leaf and stem nematodes or virus-transmitting nematodes, as found associated with strawberry in other studies were not detected.

Literatur

SAMALIEV, H. Y., & MOHAMEDOVA, M. (2011). Plant parasitic nematodes associated with strawberry (Fragaria ananassa Duch.) in Bulgaria. Bulgarian J. of Agricultural Science, 17(6), 730-735.
ABD-ELGAWAD, M. M. (2019). Plant-parasitic nematodes of strawberry in Egypt: a review. *Bulletin of the National Research Centre*, *43*(1), 1-13.
MAGNUSSON, C. (2020). Nematodes as Plant Pathogens. *Plant Pathology and Plant Diseases*, 132.
DECKER, H. (1963): Pflanzenparasitäre Nematoden und ihre Bekämpfung. Berlin, VEB Dt. Landwirtschaftsverlag
LAMONDIA, J. A. (2003). Interaction of Pratylenchus penetrans and Rhizoctonia fragariae in strawberry black root rot. Journal of nematology, 35(1), 17.
MCKINLEY, R., & TALBOYS, P. W. (1979). Effects of Pratylenchus penetrans on development of strawberry wilt caused by Verticillium dahliae. Annals of Applied Biology, 92(3), 347-357.

Adressen der Autoren

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: Ines Gabl, ines.gabl@ages.at, Hermann Hausdorf, hermann.hausdorf@ages.at

Eine Vorstudie zum Nachweis von ASaV in Sämlingen und Samen von Fraxinus excelsior aus dem Gebiet des Melzower Forsts bearbeitet im Rahmen des FraxVir Projektes

A preliminary study on the detection of ASaV in seedlings and seeds of Fraxinus excelsior from Melzower Forst within the scope of the project FraxVir

Moritz Dorn*, Maria Landgraf, Susanne von Bargen und Carmen Büttner

Einleitung:

Zu Viren in Eschen ist bislang wenig bekannt. Da Viren einen großen Einfluss auf die Gesundheit von Bäumen haben können ist eine Bestandsaufnahme notwendig. Im Rahmen des Projektes FraxForFuture wird angestrebt, die Esche in zukünftigen Wäldern zu erhalten. Nur gesunde Bäume können die Anforderungen an unsere Wälder im Klimawandel erfüllen. Um die Esche in der Zukunft zu erhalten, müssen Viruserkrankungen Beachtung finden. Zusätzlich zum Eschentriebsterben (ETS) werden deshalb im Projekt FraxVir Viren in Sonderstandorten wie Samenplantagen und Mutterbaumbeständen untersucht [Waldklimafond Projektdatenbank - Details]. Als endogene Parasiten zapfen Viren den Stoff- und Energiewechsel der Pflanze an und verursachen dabei auffällige Blattsymptome wie Chlorosen und Verformungen [BÜTTNER et al. 2013]. Um zu verhindern das pathogene Viren in zukünftige Eschenbestände eingetragen werden, muss man ihre Eigenschaften kennen, wie z.B. ihre Übertragungswege [MIELKE-ELEHRT und MÜHLBACH 2012]. Die Samenübertragbarkeit spielt eine wichtige Rolle, weshalb in diesem Projekt Mutterbaumbestände und ihre Sämlinge im Vordergrund stehen. Grundlegend für diese molekularbiologischen Untersuchungen sind ausreichende Erfahrungen in der RNA-Extraktion aus Blättern und Saatgut. Ein Protokoll zu Aufarbeitung von Gesamt-RNA aus Saatgut lag bislang nicht vor und wurde in dieser Studie erarbeitet. Beispielhaft wird in dieser Studie das dem Genus *Emaravirus* zugeordnete ash shoestring-associated virus (ASaV) in Blättern von Eschensämlingen und Samen aus dem Melzower Forst (nördliches Brandenburg) untersucht.

Material/Methoden:

Das Probenmaterial stammte aus dem Jahr 2021. Untersucht wurden

- Symptomtragende Blätter von 46 Sämlingen aus dem Melzower Forst
- Saatgut von Bäumen vom Rande des Melzower Forstes

Die Grundvorrausetzung für einen Nachweis von ASaV ist eine erfolgreiche Gesamt-RNA-Extraktion nach BOOM et. al. 1900; für die Aufarbeitung von Blattmaterial war diese Methode in der Humboldt-Universität zu Berlin im Fachgebiet Phytomedizin bereits etabliert worden. Die Saatgut-Aufarbeitung wurde in dieser Studie sowohl für Einzelsamen als auch für ein Gemisch aus 80 Samen erarbeitet.
Die Methode zur Saatgut-Aufarbeitung ist in der Tabelle 1 dargestellt.
Auf das ASaV wurde, der gängigen Praxis nach [BÜTTNER et al. 2013], weiter molekularbiologisch mittels reverse Transkription-Polymerase Kettenreaktion (RT-PCR) von der RNA 3 (Abb. 1), 4 und 5 untersucht. Ausgewählte RT-PCR-Amplifikate wurden an die Firma Macrogen gesandt und dort nach der Sanger-Methode sequenziert.

Ergebnisse:

Die Methode zur Saatgut-Aufarbeitung ist Teil des Ergebnisses dieser Arbeit (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: **Methode zur Saatgut-Aufarbeitung**

Zerkleinerung der Samen mittels Schere (Größe 0,3mm)			
Trockenvermahlung		Einzelsamen	80 Samen (40 je Mahlbehälter)
Mahlvorgang	Behälter:	2,0ml Eppendorf Reaktionsgefäß	Mahlbehälter der MM 400 Retsch
	Dauer:	8 Minuten	10 Minuten
	Kugelanzahl:	2	1
	Kugelgröße:	1x 7mm & 1x 6mm	15mm
	Kugelgewicht:	1,4g & 0,9g	13,6g
	Frequenz:	28	28
Entnahme der Kugeln			
Probenüberführung	Überführung:	Keine	Teilmenge von Mahlbehälter in je zwei Eppendorf Reaktionsgefäße
	Probengewicht je Eppendorf Reaktionsgefäß:	0,08g	0,05g
Probenstabilisierung	Zugabe Grinding Buffer + PVP 40:	1ml	1,2ml
	Vermischung und Aufteilung der Menge auf ein weiteres Eppendorf Reaktionsgefäß:	Vermischung und Aufteilung auf zwei Eppendorf Reaktionsgefäße mit jeweils 500µl	
	Erneute Zugabe von Grinding Buffer + PVP 40:	200µl	
	Zugabe von SDS:	200µl	200µl
Aufarbeitung nach Boom et. al.			

Mit der entwickelten Saatgut-Aufarbeitungsmethode konnten mittels ASaV-spezifischer RT-PCR, Fragmente der ASaV RNA 3 und RNA 4 im Saatgut nachgewiesen werden.
In 30 der insgesamt 46 Blattproben der Sämlinge konnten ebenfalls die beiden Fragmente der RNA 3 und RNA 4 nachgewiesen werden. In 8 Proben konnte nur jeweils ein Fragment von ASaV RNA 3 oder RNA 4 nachgewiesen werden, bei weiteren 8 Proben konnte kein Fragment von RNA 3 oder 4 nachgewiesen werden. Nur wenn zwei verschiedene Fragmente der ASaV RNA in einer Probe nachgewiesen werden konnten, galt diese als ASaV infiziert.
Das ASaV RNA 5 Fragment konnte weder in den Sämlingen noch in den Samen nachgewiesen werden, Positivkontrollen aus vorangegangenen Versuchen bestätigten aber die Testung als solche.

Diskussion:

Die Übertragungswege von ASaV sind noch nicht geklärt, bislang wird vermutet, dass Gallmilben Vektoren des Virus sind [GASKIN et. al. 2021]. Erstmals wurden Samen auf das Vorhandensein von ASaV überprüft. Mit den hier generierten Ergebnissen gibt es erste Hinweise auf eine Samenübertragbarkeit, da das Virus in Sämlingen und Samen nachweisbar war. Es sind die ersten Nachweise von ASaV in einem offiziellen Mutterbaumbestand mit eindeutigen Symptomen für ASaV, was darin bestärkt, dass diesem Virus im Wald eine größere Bedeutung zukommt als bisher angenommen.
Es konnte noch nicht überprüft werden, ob das Virus an der Samenschale außen sitzt, sich innerhalb des Samens befindet z.B. im Embryo/Endosperm oder im/am Flugorgan. Auch die Untersuchung von Blüten könnte das Gesamtbild zur Samenübertragbarkeit erweitern. Auf weitere Viren wurde im Rahmen dieser Arbeit noch nicht untersucht.

Danksagung:

Ich möchte mich bei allen im Fachgebiet Phytomedizin für Ihre nette Unterstützung bedanken, insbesondere bei Dr. Maria Landgraf, Andrea Klinke und Hector Fernandez. Außerdem möchte ich mich bei

Prof. Carmen Büttner und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. für die Möglichkeit bedanken die Arbeit im Rahmen des Projektes (Förderkennzeichen:220WK40B4) zu erstellen.

Zusammenfassung:

Die Untersuchung auf ASaV in symptomtragenden Sämlingsblättern und Saatgut von *Fraxinus excelsior* wurde durch die Anwendung einer bereits etablierten Aufarbeitungsmethode von Blattmaterial sowie die Entwicklung zwei verschiedener Saatgut-Aufarbeitungsmethoden ermöglicht. Aus dem erzielten Mahlergebnis der Saatgut-Aufarbeitungsmethoden konnte erfolgreich Gesamt-RNA extrahiert und für weitere molekularbiologische Methoden zur Untersuchung auf ASaV verwendet werden. Der Nachweis von ASaV im Saatgut und in Sämlingsblättern gelang mittels RT-PCR der Fragmente von ASaV RNA 3 und 4. Es ist der erste Nachweis von ASaV in Sämlingen aus Mutterbaumbeständen und Samen, was ein Hinweis auf eine mögliche Samenübertragbarkeit von ASaV ist, es bedarf aber weiterer Versuche zur Bestätigung.

Abstract:

The investigation for ASaV in symptom-carring seedling leaves and seeds of Fraxinus excelsior was enabled by the application of an already established processing method of leaf material and the development of two different seed processing methods. Total RNA was successfully extracted from the achieved milling result of the seed processing methods and used for further molecular biological methods to test for ASaV. The detection of ASaV in seeds and seedling leaves was successfully achieved by RT-PCR of fragments of ASaV RNA 3 and 4. It is the first detection of ASaV in seedlings from mother tree stands and seeds, which is an indication of possible seed transmissibility of ASaV, but further experiments are necessary for confirmation.

Literatur:

BOOM, R., SOL, C. J. A., SALIMANS, M. M. M., JANSEN, C. L., VAN-WERTHEIM, P. M. E. & VAN DER NOORDA, J. (1990): Rapid and Simple Method for Purification of Nucleic Acids. Journal of Clinical Microbiology, 28: 495-503

BÜTTNER C, BARGEN S VON, BANDTE M, MÜHLBACH H-P (2013): Forest Disease Caused by Viruses In: Gonthier P, Nicolotti G (ed): Infectious Forest Diseases. CABI, Oxfordshire (UK), pp. 50-75.

GASKIN, T.R.; TISCHENDORF, M.; GÜNTHER, I.; REHANEK, M.; BÜTTNER, C.; VON BARGEN, S. (2021): Characterization of a Novel Emaravirus Affecting Ash Species (Fraxinus spp.) in Europe. Forests 2021, 12, 1574. (verfügbar unter https:// doi.org/10.3390/f12111574).

MIELKE-EHRET, N.; MÜHLBACH, H.P. (2012): Emaravirus: A novel genus of multipartite, negative strand RNA plant viruses. Viruses 2012, 4, 1515–1536. (verfügbar unter: https://www.mdpi.com/1999-4915/4/9/1515).

WALDKLIMAFOND PROJEKTDATENBANK - DETAILS (zuletzt aufgerufen am 11.05.2022), Verbundvorhaben: Detektion, Charakterisierung und Analysen zum Auftreten von Virosen und dem Eschentriebsterben in Sonderbeständen von Fraxinus excelsior–Ergänzungsstudie zu FraxForFuture; Teilvorhaben 2: Eschenvirom - Akronym: FraxVir. (verfügbar unter: https://www.waldklimafonds.de/index.php?id=13913&fkz=2220WK40B4).

Adresse der Autoren:

Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

*Ansprechpartner: Moritz Dorn, dornmori@hu-berlin.de

Untersuchungen zur Pfropfübertragung des neuartigen ash shoestring-associated virus (ASaV)

Graft transmission studies of the novel ash shoestring-associated virus (ASaV)

Alexandra Stockschläder*, Kira Köpke, Susanne von Bargen und Carmen Büttner

Zusammenfassung

Einem im Jahre 2017 entdeckten und neuartigen Virus wurde der Name ash shoestring-associated virus (ASaV) gegeben. Dieser wurde abgeleitet von dem Auftreten von Fadenblättrigkeit und den virusinduzierten Blattdeformation an symptomtragenden Blättern von Gemeinen Eschen (*F. excelsior*) und Blumeneschen *(F. ornus*) ausgewählt. Weitere Blattsymptome, die mit ASaV in Verbindung gebracht werden, sind Adervergilbungen, Blattscheckungen, und chlorotische Flecken (GASKIN et al. 2021).

Übertragungswege des ASaV sind bisher nicht bekannt, daher sollte untersucht werden, ob eine Virusübertragung des ASaV mittels Pfropfung erfolgen kann, und ob nach der Pfropfung ASaV-typische Symptome an den Pfropfpartnern induziert wurden. Im Frühjahr 2021 wurden insgesamt 80 F. ornus Sämlinge mit Reisermaterial von sechs ASaV-infizierten *F. ornus* aus dem Berliner Stadtgebiet gepfropft und in der Vegetationsperiode 2021 regelmäßig auf Symptome bonitiert. Bereits zu Beginn der Vegetationsperiode wurden ASaV-spezifische Symptome an Blättern von *F. ornus* beobachtet. Über die Vegetationsperiode nahm die Zahl an symptomtragenden Chimären zu und Symptome konnten in den Unterlagen beobachtet werden.

Für einen virusspezifischen Nachweis der ASaV-RNA 3 sowie RNA 5 wurde Probematerial genommen und mittels RT-PCR nach GASKIN et al. (2021) untersucht. Das Ausgangsmaterial für die Untersuchungen bestand aus symptomfreien Blättern, symptomtragenden Blättern, sowie Knospen- und Rindenmaterial.
Den 80 Eschensämlingen wurden vor der Pfropfung Zweige im Kronenbereich entfernt. Von diesen wurde Knospenmaterial entnommen und untersucht. Mittels RT-PCR konnte kein ASaV nachgewiesen werden. Daraus wurde geschlossen, dass die Sämlingsunterlagen zu Beginn des Pfropfexperiments nicht infiziert waren. Auch in Blättern, die im Mai 2021 von den Unterlagen der Chimären entnommen wurden, konnte eine ASaV-Infektion mittels RT-PCR ausgeschlossen werden. Erst im August 2021 konnte nach Probenahme von Blättern aus Pfropfreisern und Unterlagen ASaV in Proben aus Reis und Unterlagen ausgewählter Chimären detektiert werden. Mittels Kettenabbruch-Methode nach Sanger wurden ASaV-spezifische PCR-Produkte sequenziert und mit einer Referenz-Sequenz aus Basel, Schweiz (GASKIN et al. 2021), verglichen. Im Sequenzdatenvergleich wurde festgestellt, dass die Übertragung von ASaV aus Pfropfreis in Unterlagen für zwei der 80 Chimären erfolgreich war. Für diese wurde ein ASaV-typisches Symptombild festgehalten. Somit konnte eine ASaV-Infektion nach Pfropfübertragung in Verbindung mit dem Auftreten von virustypischen Symptomen bestätigt werden.

Abstract

In 2017 a novel virus was discovered and was given the name ash shoestring-associated virus (ASaV). This was derived from the appearance of shoestrings and virus-induced leaf deformities on symptom-bearing leaves of common ash (*F. excelsior)* and manna ash (*F. ornus*) trees. Further symptoms associated with ASaV in leaves include vein yellowing, mottling, chlorotic spots (GASKIN et al. 2021).

The transmission of ASaV is not yet known, therefore it was investigated, whether the virus transmission of ASaV can occur via grafting, and whether ASaV-typical symptoms were induced in the chimaeras after grafting. In spring 2021, a total of 80 F. ornus seedlings were grafted with scion material from six ASaV-infected F. ornus from the Berlin urban area and were regularly assessed for symptoms during the 2021 vegetative period. Early in the vegetative period, ASaV-specific symptoms were observed on leaves of F. ornus. During the vegetation period, the number of symptom-bearing chimaeras increased and symptoms could be observed in the rootstocks.

For virus-specific detection, sample material was taken and analyzed by RT-PCR targeting RNA 3 and RNA 5 of ASaV according to GASKIN et al. (2021). The sample material consisted of symptom-free leaves, symptom-bearing leaves, and bud and bark material.
Branches were removed from the crown of the 80 ash seedlings prior to grafting. Bud material was collected from these and tested. ASaV could not be detected by RT-PCR in these samples. It was concluded that the seedling rootstocks were not infected prior to the grafting experiment. A prior ASaV infection could also be excluded using RT-PCR in leaves taken from the chimera rootstocks in May 2021. It was not until August 2021, after sampling leaves from scions and rootstocks, that ASaV could be detected in both grafting partners of selected chimeras. Using the Sanger sequencing technique, selected PCR-products were analyzed and compared to an ASaV reference sequence from Basel, Switzerland (GASKIN et al. 2021). Sequence data comparison revealed that the transfer of ASaV from scions into rootstocks was successful for two of the 80 chimeras. For these, ASaV-typical symptoms in leaves could be recorded. Thus, an ASaV infection after graft transmission with the occurrence of virus-typical symptoms could be confirmed.

Literatur

GASKIN, T.R., TISCHENDORF, M., GÜNTHER, I., REHANEK, M., BÜTTNER, C., S. VON BARGEN, 2021: Characterization of a Novel Emaravirus Affecting Ash Species (*Fraxinus* spp.) in Europe. *Forests* 2021, *12*, 1574. https://doi.org/ 10.3390/f12111574

Adressen der Autoren

Humboldt-Universität zu Berlin - Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften I Phytomedizin; Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

[*] Ansprechpartner: B.Sc. Alexandra STOCKSCHLÄDER, phytomedizin@agrar.hu-berlin.de

Augenfleckenkrankheit (*Venturia oleaginea* (Cast.) Hughes) an Olive (*Olea europaea* L.)

Peacock spot disease (Venturia oleaginea (Cast.) Hughes) on olive (Olea europaea L.)

Astrid Plenk

Einleitung

Der Olivenbaume (*Olea europaea*), auch Echter Ölbaum genannt, zählen zu den ältesten Kultur-pflanzen, denn bereits im vierten Jahrtausend vor Christus wurden sie im Nahen Osten, Afrika und im Mittelmeerraum kultiviert. Die langlebigen Olivenbäume wachsen langsam und bis zur ersten Ernte vergehen etwa sieben Jahre. Bezüglich Boden, Nährstoffen und Wasser sind Olivenbäume ziemlich anspruchslos. Dies macht den Olivenbaum auch bei uns zu einer beliebten Kübelpflanze. In sehr milden Gegenden können sie – bei geeignetem Winterschutz - sogar im Freien ausgepflanzt werden. Mit seinem silbergrauen Laub ist der Olivenbaum charakteristisch für den Mittelmeerraum und trägt eine starke Symbolik in sich. So galt er bereits in der Antike als Zeichen für Frieden und bei den olympischen Spielen galt ein Kranz aus Olivenzweigen bei den Olympischen Spielen als höchste Auszeichnung vergleichbar unserer Goldmedaille.
Wirtschaftlich bedeutende Pilzkrankheiten sind die Anthracnos verursacht durch *Colletotrichum acutatum* und *Colletotrichum gloeosporioides*, die Cercospora-Blattfleckenkrankheit verursacht durch P*seudocercospora cladosporioides (*syn. *Mycocentrospora cladosporioides) und die Augenfleckenkrankheit verursacht durch Venturia oleaginea* (syn. *Spilocaea oleaginea*).

Material und Methoden

Zur Untersuchung wurden uns Olivenbaumblätter mit rußigen Flecken, die sich zu schwarzen, runden Flecken (Abb. 1) mit einem Durchmesser von etwa 2,5 bis 12 mm entwickeln. Um die Stelle befand sich in einigen Fällen ein gelber Ring (Abb. 2).
Für die Detektion des Krankheits-erregers wurden symptomtragende Blätter eines Olivenbaumes oberflächendesinfiziert und in einer feuchten Kammer bei Zimmer-temperatur bebrütet.

Abbildung 1: **Rußige Flecken auf der Blattoberseite**

Abbildung 2: **gelber Ring um den Fleck**

Die Bestimmungsarbeiten der Pilze erfolgten mit den gängigen mykologischen Routinemethoden der Lichtmikroskopie. Für die bessere Sichtbarkeit wurden die Pilzstrukturen mit Wittmann's Blau (WITTMANN, 1970) gefärbt.

Ergebnisse und Diskussion

Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass es sich bei dem Krankheitserreger um den Pilz *Venturia oleaginea,* dem Erreger der Augenfleckenkrankheit, die auch als Pfauenfleckenkrankheit bezeichnet wird. Die Augenfleckenkrankheit ist in den typischen Anbaugebieten der Olive eine verbreitete und gefürchtete Krankheit Die Infektion erfolgt im Herbst, wenn die Temperaturen sinken. Optimale Infektionsbedingungen herrschen bei Temperaturenzwischen 15 und 24° C. Zusätzlich wird eine Blattnässe von 48 Stunden für eine erfolgreiche Infektion benötigt. Der Pilz ist aber gegenüber den Wachstumstemperaturen sehr tolerant, denn diese liegen zwischen 2 und 26° C.
Die typischen Symptome dieser Krankheit sind rußige Flecken auf den Blättern, die sich zu schwarzen, runden Flecken mit einem Durchmesser von etwa 2,5 bis 12 mm entwickeln. Um die Stelle kann sich ein gelber Ring befinden. Auf der Unterseite der Blätter können dunkle Flecken auf dem Zentralnerv entstehen. Die Infektion erfolgt im Herbst. Die optimale Temperatur liegt zwischen 14 und 24° C. Etwa 48 Stunden Feuchtigkeit ermöglichen es den keimenden Sporen, das Blatt zu infizieren und erhebliche Krankheiten zu verursachen. Je wärmer die Temperatur (bis etwa 24° C), desto kürzer ist die Zeit, die für eine Infektion erforderlich ist; es kann so wenig wie 14 Stunden sein (VIRUEGA et.al., 2013). Der Erreger infiziert auch Früchte und Fruchtstängel, aber die Läsionen werden am häufigsten auf den Blattoberseiten von tief in der Baumkrone stehenden Blättern beobachtet. Die infizierten Blätter fallen vorzeitig ab. Wenn eine signifikante Entblätterung auftritt, entwickelt sich keine starke Blüte und die Pflanzenproduktion wird erheblich reduziert. Als Folge der Entblätterung kann es zum Absterben der Zweige kommen, und die Produktivität wird schließlich weiter reduziert. In den Anbaugebvieten erfolgt die Bekämpfung der Krankheit meist mit kupferhältigen Präparaten in erster Linie vor der niederschlagsreichen Herbstzeit (SALMAN, 2017). Im Iran wurden Untersuchungen zur Anfälligkeit der am häufigsten abgebauten Sorten gegenüber dem Krankheitserreger durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, dass die Wildformen weniger anfällig waren als die Kultursorten. Als Hauptinfektionsquelle werden Baumschulen vermutet (SANEI & RAZAV, 2011).
Während der Vegetationsperiode erfolgt die Verbreitung des Pilzes über Konidien, welche zweizellig sind. Konidien werden einzeln an Konidiophoren gebildet. Die Sporenverfügbarkeit ist fast das ganze Jahr gegeben, jedoch im Frühjahr und Herbst ist der Infektionsdruck am größten. Bei starkem Befall können auch die Früchte befallen werden. An den Oliven findet man dann kleine braun-schwarze Flecken von unterschiedlicher Größe und kreisförmig-asymmetrischer Form.

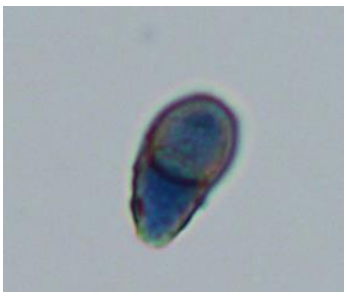


Abbildung 3: **Zweizellige Spore von *Venturia oleaginea (*syn. *Spilocea oleaginea)***

Zusammenfassung

An Olivenblättern aus einem Privatgarten konnte die Augekfleckenkrankheit, verursacht durch den Pilz *Venturia oleaginea (*syn. *Spilocaea oleaginea*). Diese Krankheit ist in den typischen Oliven-Anbaugebieten weit verbreitet und kann zu erheblichen Ernteausfällen führen.
Die Symptome der Krankheit sind typisch und auffällig. Auf den Blattoberseiten sind rußige Flecken auf den Blättern, die sich zu schwarzen, runden Flecken mit einem Durchmesser von etwa 2,5 bis 12 mm entwickeln. Um die Stelle kann sich ein gelber Ring befinden. Auf der Unterseite der Blätter können dunkle Flecken auf dem Zentralnerv entstehen.

Abstract

On olive leaves from a private garden, the eye spot disease, caused by the fungus Venturia oleaginea (syn. *Spilocaea oleaginea*), was found. This disease is widespread in typical olive-growing areas and can lead to considerable crop losses.
The symptoms of the disease are typical and conspicuous. There are sooty spots on the tops of the leaves, which develop into black, round spots with a diameter of about 2.5 to 12 mm. There may be a yellow ring around the spot. On the underside of the leaves, dark spots may develop on the central vein.

Literatur

SALMAN M., 2017, Biological control of Spilocaea oleaginea, the causal agent of olive leaf spot disease, using antagonistic bacteria, Journal of Plant Pathology (2017), 99 (3), 741-744
SANEI, S. J. & RAZAV, S. E., (2011), Survey of Spilocaea oleaginea, causal agent of olive leaf spot, in North of Iran, Advanced Journal of Microbiology Research Vol. 2011
VIRUEGA, J. R., MORAL, J., ROCA, L. F., NAVARRO, N. & TRAPERO, A. 2013: *Spilocaea oleaginea* in Olive Groves of Southern Spain: Survival, Inoculum, Production, and Dispersal, Plant Disease 97(1549):1556

Adresse der Autorin

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartnerin: Mag. Astrid PLENK, astrid.plenk@ages.at

Phyllosticta photiniae-fraseri sp. nov. an *Photinia* × *fraseri*

Phyllosticta photiniae-fraseri sp. nov. on Photinia × *fraseri*

Astrid Plenk* und Gerhard Bedlan

Einleitung

In den Jahren 2019, 2021 und 2022 trat in verschiedenen Gegenden von Österreich an den Blättern von Glanzmispeln, *Photinia* x *fraseri*, eine Blattfleckenkrankheit auf, die durch einen Erreger der Gattung *Phyllosticta* verursacht wurde. In der Literatur sind aus der Gattung *Phyllosticta* vier Arten als Krankheitserreger an *Photinia*-Arten bekannt. Diese sind *Phyllosticta* heteromeles COOKE & HARK. an *Heteromeles arbutifolia* (= *Photinia arbutifolia*), *Phyllosticta photiniae* THÜM. auf *Photinia serrulata* (= *Crataegus glabra*), *Phyllosticta*. *photiniae* SACC. (Homonym, ≡ *Ph. photinica* SACC.) an *Photinia serrulata* und *Phyllosticta photiniicola* SACC. an *Photinia serrulata*. (FARR & ROSSMAN 2021).

Die typischsten morphologischen Merkmale der Gattung *Phyllosticta* sind die Bildung von fast kugelförmigen bis eiförmigen, oben abgeflachten Pyknidien, die eng mit dem subepidermalen Pseudostroma verbunden sind. In den Pyknidien werden aseptierte, hyaline, eiförmige bis elliptische oder kurz-zylindrische, manchmal auch birnförmige bis kugelige Konidien gebildet, die gewöhnlich von einer Schleimhülle ummantelt sind und auch ein apikales Schleimanhängsel besitzen. Die Schleimhülle und das Schleimanhängsel bilden jedoch nicht alle *Phyllosticta*-Arten aus, so z. B. *Ph. colocasiicola*, *Ph. minima*, und *Ph. sphaeropsoidea* (VAN DER AA 1973).

Material und Methoden

Für die Detektion des Krankheitserregers wurden symptomtragende Blätter der Glanzmispeln ober-flächendesinfiziert und in einer feuchten Kammer bei Zimmertemperatur bebrütet.

Für die Bestimmungsarbeiten wurden die gängigen mykologischen Routinemethoden der Lichtmikroskopie angewandt. Die Pilzstrukturen wurden mit WITTMANN'S Blau (WITTMANN, 1970) gefärbt. Pyknidien, Konidien und Spermatien wurden mit dem Programm 'cellSens' (Ver.1.18) von Olympus gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die morphologischen Gattungsmerkmale einer *Phyllosticta* sind Pyknidien, Konidien mit Schleimhülle und Schleimanhängsel sowie Spermatien, Diese Merkmale findet man an den Funden auf Blättern der Glanzmispel der letzten Jahre. *Phyllosticta photiniae* THÜM., *Ph. photiniae* SACC., *Ph. photinica*, *Ph. photiniicola* SACC und *Ph. heteromeles* COOKE & HARKNESS zeigen jedoch nicht diese Merkmale und sind daher nicht in die Gattung *Phyllosticta* einzuordnen (VAN DER AA und VANEV 2002).

<u>Wirtspflanzen</u>

Photinia serrulata = Crataegus glabra.

Heteromeles arbutifolia: Die Gattung *Heteromeles* war bei ihrer Erstbeschreibung 1847 durch MAX JOSEPH ROEMER monotypisch und schloss *Photinia arbutifolia* JOHN LINDLEY (1820) ein, wodurch *Heteromeles arbutifolia* (LINDL.) M. ROEM. zum illegitimen Namen wurde, weil er das Typus-Exemplar der Gattung *Photinia* einschloss. Dies wurde durch den Schutz des Namens als nomen conservandum korrigiert, weshalb der Gattungsname oft als *Heteromeles* M.ROEM. nom. cons. (1847) ausgeführt wird.

Photinia x *fraseri*: entstanden aus *Photinia glabra* x *Ph. serrulata*.

Tabelle 1: **An *Photinia* bisher beschriebene Arten der Gattung *Phyllosticta* gem. Protologen sowie eigener Fund**

	Pyknidienmaße in µm	Konidienlänge in µm	Konidienbreite in µm	Funddaten	Bemerkungen
Phyllosticta photiniae THÜM	k. A.	5	2-3	An *Photinia serrulata = Crataegus glabra* in	Lt. VAN DER AA & VANEV (2002) sehr wahrscheinlich eine *Phoma*

(BOLLE und THÜMEN, 1877)				Gorizia, Norditalien	
Phyllosticta photinica SACC. (SACCARDO 1878b)	60-70	2-3,5	0,75-1	An *Photinia serrulata = Crataegus glabra* in Selva, Italien, August 1874	Der Pilz, der von SACCARDO beschrieben wurde, konnte im Beleg nicht gefunden werden (VAN DER AA und VANEV 2002)
Phyllosticta photiniicola SACC. [as '*photinicola*'], SACCARDO 1878c)	140-150	5-6	3-3,5	An *Photinia serrulata = Crataegus glabra* in Selva, Italien, September 1874	Lt. VON DER AA und VANEV (2002): ALLESCHER (1898:64) vermutet, dass dies nur ein reifes Stadium von *Phyllosticta photiniae* SACC ist.
Phyllosticta heteromeles COOKE & HARKN. (COOKE und HARKNESS 1881)	k. A.	8	2	Auf Blättern von *Heteromeles* in Kalifornien	VAN DER AA und VANEV (2002): Die Diagnose ist sehr kurz und nicht komplett, aber SEAVER (1922) gab eine erweiterte Beschreibung, die auf eine *Phomopsis* hinweist: Pyknidien 130-200 µm, Konidien elliptisch oder spindelförmig, 8 x 2 µm. Der Isotypus entspricht dieser Beschreibung als *Phomopsis*.
Phyllosticta photiniae-fraserii sp. nov.	104-173	10,46-11,10	3,82-6,64	Auf Blättern von *Photinia* x *fraseri* in Österreich, März 2019 und Juli 2021	PLENK & BEDLAN (2022): Konidien mit Schleimhülle und Schleimanhängsel. Diese Schleimanhängsel messen 7,87 – 14,55 µm. Spermatien: Länge: 7,13 - 10.23 µm Breite: 1 – 2,14 µm

Zusammenfassung

Die bisher an *Photinia* beschriebenen *Phyllosticta*-Arten sind eindeutig anderen Gattungen zuzuordnen. An *Photinia* x *fraseri* wurde ein Pathogen gefunden, das aufgrund seiner morphologischen Eigenschaften eindeutig zur Gattung *Phyllosticta* gehört, und als *Phyllosticta photiniae-fraseri* benannt wird.

Abstract

All species of *Phyllosticta* described on *Photinia* up to now are definitely not species of the genus *Phyllosticta*. On *Photinia* x *fraseri* a pathogen was found which morphological characteristics definitively belongs to *Phyllosticta* and is named *Phyllosticta photiniae-fraseri.*

Literatur

AA H.A. VAN DER (1973): Studies in *Phyllosticta* I. Studies in Mycology 5: 1–110
AA H.A. VAN DER & VANEV, S. (2002): A revision of the species described in *Phyllosticta*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, 510 pp.
ALLESCHER, A. (1898-1901): Die Pilze Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. – Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. Abt. 6: Fungi imperfecti: 1-320 (1898); 321-704 (1899); 705-960 (1900); 961-1016 (1901).
COOKE, M.C. & HARKNESS, W.H. (1881): Californian fungi. Grevillea. 9(51):84
BOLLE, G. & THÜMEN, F. von (1877): Contribuzioni allo studio dei Funghi deI Litorale austriaco. Ser. l. Bolletino della Società Adriatica di Scienze Naturali in Trieste. 3(2):460
FARR, D.F. & ROSSMAN, A.Y. (2021): Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Retrieved October 15, 2021, from https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/
LINDLEY, J. (1820): Botanical Register 6: t. 491
PLENK, A. & BEDLAN, G. (2022): *Phyllosticta photiniae-fraseri* sp. nov. an *Photinia* x *fraseri*. Stapfia 113: 103-105
ROEMER, M. (1847): Familiarum Naturalium Regni Vegetabilis Synopses Monographicae 3:105
SACCARDO, P.A. (1878a): Fungi Veneti novi vel critici vel mycologiae Venetae addendi. Series VII. Michelia. 1(2):156
SACCARDO, P.A. (1878b): Fungi Veneti novi vel critici vel mycologiae Venetae addendi. Corrigenda. Series VII. Michelia. 1(2):276
SACCARDO, P.A. (1878c): Fungi Veneti novi vel critici vel mycologiae Venetae addendi. Series VII. Michelia. 1(2):157
SEAVER, F. J. (1922): PHYLLOSTICTALES: PHYLLOSTICTACEA (PARS.). – NORTH AMERICAN FLORA 6, 1: 1-84. NEW YORK BOTANICAL GARDEN
WITTMANN, W. (1970): EIN NEUES REZEPT ZUR HERSTELLUNG MYKOLOGISCHER PRÄPARATE. PFLSCHBER., BD. 41, HEFT 5/6/7, P. 91-94.

Adressen der Autoren

[1] Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

[2] Univ.-Doz. Dr. Gerhard Bedlan, Wien, phytopathologie@bedlan.at

[*] Ansprechpartnerin: Mag. Astrid PLENK, astrid.plenk@ages.at

Untersuchungen zur Reinigung von *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) kontaminierter Kleidung

Investigations into the cleaning of Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) contaminated clothing

Stefanie Liedtke*, Jens Ehlers, Shaheen Nourinejhad, Carmen Büttner, und Martina Bandte

Einleitung

Das *Tomato brown rugose fruit virus* ist ein in der EU klassifizierter Quarantäneschadorganismus, welcher zum ersten Mal im Jahr 2014 (Luria et al., 2017) in Israel entdeckt worden ist. Das Virus wurde 2015 in Jordanien (Salem et al. 2015) nachgewiesen, was zu dem Trivialnamen „Jordan-Virus“ führte. Das Tobamovirus ToBRFV ist gekennzeichnet durch eine hohe Stabilität außerhalb der Wirtspflanzen. Zu den wirtschaftlich bedeutenden Wirtspflanzen zählen Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) und Paprika (*Capsicum annuum* L.). Die durch den Krankheitserreger induzierten Symptome erstrecken sich von Blattsymptome wie Chlorosen und Mosaik bis zu Fruchtsymptomen mit gelben und bronzefarbenen Flecken (Menzel et al. 2019). Die Übertragung erfolgt im Pflanzenbestand hauptsächlich mechanisch bei Kultur-, Pflege und Erntemaßnahmen, aber auch über kontaminierte Erde/Kultursubstrat und Gießwasser sowie durch Hummel während der Bestäubung von Tomatenpflanzen. Der Eintrag (Einschleppung) in Gewächshäuser erfolgt über Tomatensaatgut und Jungpflanzen oder über zum Verzehr vorgesehene infizierte Tomaten- und Paprikafrüchte.

Mit der Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2021/1809 der Kommission vom 13. Oktober 2021 kann die Tomatenproduktion in Gewächshäusern fortgesetzt werden, wenn zumindest am Ende der Vegetationsperiode alle spezifizierten Pflanzen aus dem Produktionsbereich entfernt und vernichtet werden und spezifische Hygienemaßnahmen durchgeführt werden. Damit soll die Verbreitung des spezifizierten Schadorganismus ToBRFV auf nachfolgende Kulturen und/oder auf andere Produktionsbereiche verhindert werden.

Wenig Beachtung fand bisher die Arbeitskleidung der im Gewächshaus mit der Pflege und Ernte der Tomatenpflanzen bzw. Tomaten betrauten Personen. Bei Kontakt der Kleidung mit infiziertem Pflanzenmaterial kann diese leicht mit dem Erreger über den Saft aus den Blättern oder Früchten kontaminiert werden. Aus diesem Kontext erwächst die Notwendigkeit einer hinreichenden Entfernung des infektiösen ToBRFV aus der Kleidung bei dessen Reinigung.

Das Ziel der Untersuchungen war, die Prüfung der Wirksamkeit von handelsüblichen Waschmitteln, Spezial-Reinigungs- und Desinfektionsmittel hinsichtlich der Reinigung ToBRFV-kontaminierte Arbeitskleidung.

Material und Methoden

Die Reinigungswirkung der verschiedenen Produkte an ToBRFV kontaminierter Kleidung wurde mit Hilfe von Biotests an *Nicotiana tabacum* var. Xanthi NN ermittelt und bewertet. An diesen Indikatorpflanzen treten bei einer ToBRFV-Infektion nach vier bis fünf Tagen charakteristische nekrotische Lokalläsionen an den mechanisch inokulierten Blättern auf. In die Untersuchungen wurden die handelsüblichen Waschmittel „Spee Aktiv Gel“ und „Vanish Oxi Action“, die SpezialReinigungsmittel „Fadex H^+“ und „VENNO HORTISEPT Clean Plus“, und das Desinfektionsmittel „MENNO-Florades“ einbezogen. Das Inokulum wurde aus ToBRFV-infiziertem Blattmaterial von systemisch infizierten *Nicotiana clevelandii* hergestellt. Zur Kontamination der Kleidung wurde auf trockene Stoffstücke standardisiert eine definierte Menge an ToBRFV-infiziertem Pflanzensaft aufgetragen. Zur Reinigung wurden die getrockneten kontaminierten Stoffstücke einzeln in die jeweiligen Reinigungsmittellösungen überführt und für 10 Minuten unter leichtem Schütteln dem Reinigungsprozess unterzogen. Im Anschluss wurde jedes Stoffstück und ein Aliquot der Reinigungsmittellösung entnommen und direkt auf je 3 Blatthälften der Testpflanzen *Nicotiana tabacum* var. Xanthi NN inokuliert. Für das Desinfektionsmittel „MENNO-Florades“ wurden ergänzend eine Einwirkungszeit/Reinigungszeit von vier Stunden geprüft.

Die Prüfung wurde mit einem Stichprobenumfang von acht Stoffstücken pro Variante und drei Versuchswiederholungen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Alle nicht der Reinigung unterzogenen ToBRFV-kontaminierten Stoffstücke führten nach mechanischer Inokulation der Biotestpflanzen *Nicotiana tabacum* var. Xanthi NN zu deren Infektion, die durch nekrotische Lokalläsionen sichtbar wurde (Abb. 1). Ein sicheres Auswaschen von ToBRFV aus Stoffstücken durch das handelsübliche Waschmittel „Spee Aktiv Gel“ war ebenso wenig möglich wie mit dem Fleckenentferner „Vanish Oxi Action“. Das Desinfektionsmittel „MENNO Florades“ und die Spezial-Reinigungsmittel „VENNO HORTISEPT Clean Plus“ und „Fadex H^+“ hingegen, führen zu einer nahezu vollständigen Entfernung der Viren aus dem Stoff; an einzelnen Indikatorpflanzen traten einzelne Lokalläsionen auf (Abb.1). Eine Verlängerung der Einwirkzeit des Desinfektionsmittels „MENNO-Florades“ von 10 Minuten auf 4 Stunden, verringerte die Anzahl der induzierten Lokalläsionen nochmals. Erwartungsgemäß induzierte das Reinigungswasser nach Einwirken des Fleckenentferners „Vanish Oxi Action“ mehr Lokalläsionen als das Stoffstück; es ist davon auszugehen, dass das ToBRFV aus dem mit infiziertem Pflanzensaft versehenem Stoff herausgelöst wurde. Hervorzuheben ist, dass bei Verwendung handelsüblicher Waschmittel nicht nur von dem vermeintlich gereinigten Kleidungstück eine Gefahr der Übertragung und Verbreitung des ToBRFV ausgeht, sondern auch das Reinigungswasser – sofern es nicht einem Hygienisierungsprozess unterzogen wird – eine Verschleppung des ToBRFV wahrscheinlich macht.

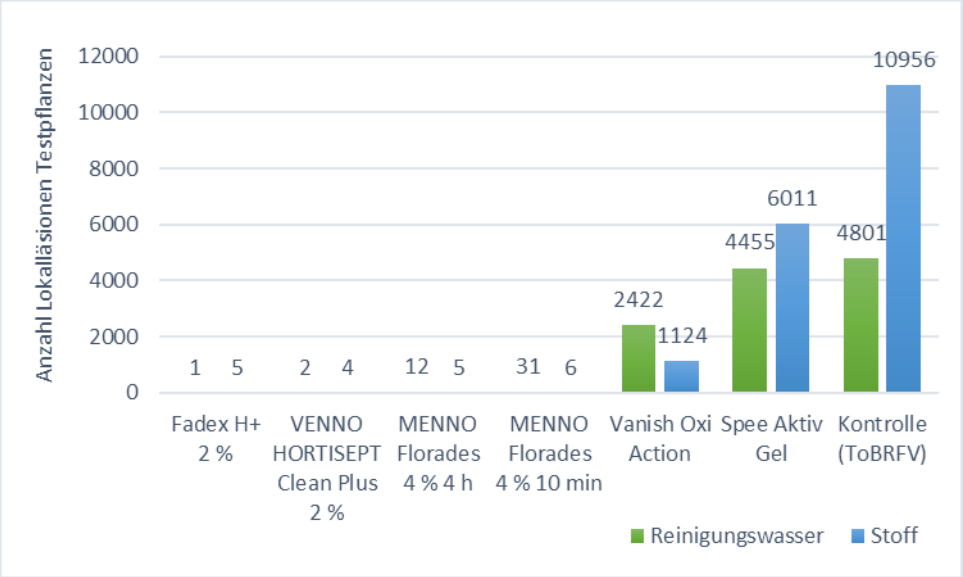


Abbildung 1: **Gesamtanzahl der nekrotischen Lokalläsionen im Biotest an *Nicotiana tabacum* var. Xanthi NN nach mechanischer Inokulation ToBRFV-kontaminierter Stoffstücke und des Reinigungswassers in Abhängigkeit der verwendeten Reinigungs- und Desinfektionsmittel, n=24**

Zusammenfassung

Die Untersuchungen innerhalb aller Versuchswiederholungen zur Reinigung von ToBRFV - kontaminierter Arbeitskleidung, zeigten unterschiedliche Wirksamkeiten der geprüften Wasch-, Spezial-Reinigungs- und Desinfektionsmittel. Weder das handelsübliche Waschmittel noch das Reinigungsmittel waren geeignet, um ToBRFV-kontaminierte Kleidung hygienisch zu reinigen. Die Entfernung von ToBRFV ist sowohl mit den Spezial-Reinigungsmitteln als auch mit dem Desinfektionsmittel MENNO-Florades möglich. Mit letztgenanntem konnte eine nahezu vollständige Inaktivierung des ToBRFV nachgewiesen werden. Eine solche Spezialreinigung trägt zur Dekontamination von ToBRFV-belasteter Arbeitskleidung bei und wirkt der weiteren Verbreitung im Pflanzenbestand und verhindert die Verschleppung über das Reinigungsabwasser.

Abstract

The investigations within all test repetitions for the cleaning of ToBRFV - contaminated work clothes, showed different efficacies of the tested detergents, special detergents and disinfectants. Neither the commercial detergent nor the cleaning agent was suitable for hygienically cleaning ToBRFVcontaminated clothing. Removal of ToBRFV is possible with both the special detergents and the disinfectant MENNO-Florades. With the latter, almost complete inactivation of ToBRFV has been demonstrated. Such special cleaning contributes to the decontamination of ToBRFV-contaminated work clothing and counteracts the further spread in greenhouse tomato and prevents the spread via the cleaning wastewater.

Literatur

EUR-LEX, (2021): Durchführungsverordnung (EU) 2021/1809 der Kommission vom 13.Oktober 2021 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2020/1191 über Maßnahmen zum Schutz der Union gegen die Einschleppung und Ausbreitung des *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV). https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/58d6b358-2c89-11ec-bd8e01aa75ed71a1/language-de/format-PDF

LURIA, N., SMITH, E., REINGOLD, V., BEKELMAN, I., LAPIDOT, M., LEVIN, I., ... & DOMBROWSKY, A. (2017): A new Israeli Tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm22 resistance genes. PloS one, 12(1), e0170429.

MENZEL, M., KNIERIM, D., WINTER, S., HAMACHER, J., HEUPEL, M., (2019): First report of *Tomato brown rugose fruit virus* infecting tomato in Germany. New Disease Reports 39:1

SALEM, N.M., MANSOUR, A., CIUFFO, M., FALK, B.W., TURINA, A.M., (2015): A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan. Archives of Virology 161:503-506

Adresse der Autoren

Lebenswissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

[*] Ansprechpartnerin: Stefanie Liedtke, B.Sc., liedtkes@hu-berlin.de

Zur Verbreitung von Gallmilben an der Zitterpappel (*Populus tremula*) in Europa und ihrer Bedeutung als potentielle Überträger des *Aspen mosaic-associated emaravirus* (AsMaV)

On the distribution of gall mites on trembling aspen (Populus tremula) in Europe and their importance as potential vectors of Aspen mosaic-associated emaravirus (AsMaV)

Jonas Bless, Laila Dörr, Rim Al Kubrusli, Carmen Büttner und Susanne von Bargen

Zusammenfassung

In Mosaik-erkrankten Zitterpappeln (Syn. Aspen, *Populus tremula*) aus Fennoskandinavien wurde ein neuartiges Emaravirus identifiziert und als *Aspen mosaic-associated emaravirus* (AsMaV) benannt.
Bis jetzt wurden Gallmilben als Vektoren von Emaraviren bestätigt. Als Überträger von AsMaV werden vier eriophyoide Gallmilbenarten (*Aceria varia*, *Aceria populi*, *Phyllocoptes populi*, *Eriophyes diversipunctatus*) vermutet, da auf vielen AsMaV-infizierten *P. tremula* in Fennoskandinavien diese vier Arten regelmäßig nachgewiesen werden.
Ziel dieser Literaturstudie war es, die als potentielle Vektoren des AsMaV genannten Gallmilbenarten hinsichtlich des Wirtsspektrums, ihrer Symptomatik und Verbreitung in Europa zu überprüfen, um zur biologischen Charakterisierung von AsMaV beizutragen und die Auswirkungen auf Pappelarten abschätzen zu können.
Es kann gezeigt werden, dass alle vier genannten Gallmilbenarten bevorzugt die in Europa am weitesten verbreitete Pappelart *P. tremula* als Wirtsbaum besiedeln. Die Arten *A. varia* und *A. populi* befallen zudem *P. alba*. Darüber hinaus kann *A. populi* auf diversen anderen *Populus*-Arten nachgewiesen werden. *P. populi* und *E. diversipunctatus* nutzen auch die Pappelart *P. nigra* als Wirtsbaum. Zusätzlich ist *E. diversipunctatus* auf der Hybridpappel *Populus x canadensis* dokumentiert.
Die vier Gallmilbenarten sind in Europa unterschiedlich weit verbreitet und sind besonders in Südschweden vermehrt dokumentiert. Als einzige Art wird *A. populi* auf der Iberischen Halbinsel, in der Türkei und Nord-Afrika beschrieben. *A. populi* und *P. populi* wurden zudem in Nordamerika (Kanada, USA) und Russland identifiziert.
Aufgrund des weiten Verbreitungsgebietes von *P. tremula* sind die verschiedenen Gallmilbenarten zum einen direkte Pflanzenschädlinge. Zum anderen besitzen sie als mögliche Überträger des pflanzenpathogenen AsMaV Bedeutung. Die weite Verbreitung des Virus in Pappeln über den Europäischen Kontinent ist daher wahrscheinlich. Diese Studie hat zudem gezeigt, dass Forschungs- und Wissenslücken bestehen. Diese müssen erst geschlossen werden, um eine sichere Aussage darüber zu treffen, welche Gallmilbenarten und ggf. weitere Übertragungswege für die AsMaV-Verbreitung in Zitterpappeln bzw. verwandten Wirtspflanzen epidemiologisch relevant sind.

Abstract

A novel emaravirus has been identified in trembling aspen (syn. aspen, *Populus tremula*) from Fennoscandinavia and named *Aspen mosaic-associated emaravirus* (AsMaV).
So far, mainly gall mites have been confirmed as vectors of *emaraviruses*. Four eriophyoid gall mite species (*Aceria varia*, *Aceria populi*, *Phyllocoptes populi*, *Eriophyes diversipunctatus*) are suspected to be AsMaV carriers, which are regularly found on many AsMaV infected aspen in Fennoscandinavia.

The aim of this literature study was the review of host ranges, symptomatology and distribution in Europe of the gall mite species mentioned above as potential vectors of AsMaV, in order to contribute to the biological characterisation of AsMaV and to assess the impact on *Populus* species.
It was demonstrated that all four gall mite species prefere *P. tremula* as host tree, which is the most widespread *Populus* species in Europe. The species *A. varia* and *A. populi* also infest *P. alba*. Furthermore, *A. populi* can be found on various other *Populus* species. *P. populi* and *E. diversipunctatus* also use the poplar species *P. nigra* as a host tree. In addition, *E. diversipunctatus* has been documented on the hybrid poplar *Populus x canadensis*.
The four gall mite species have different distributions in Europe and have been documented to increase especially in southern Sweden. *A. populi* is the only species described on the Iberian Peninsula, in Turkey and North Africa. *A. populi* and *P. populi* have also been identified in North America (Canada, USA) and Russia.
Due to the wide distribution range of *P. tremula*, the different gall mite species are direct plant pests on the one hand. On the other hand, they are important as possible vectors of the plant pathogen AsMaV. The wide spread of the virus in poplars across the European continent is therefore likely. This study has also shown that there are gaps in research and knowledge.
These gaps need to be filled before a reliable statement can be made about which gall mite species and, if applicable, other transmission pathways are epidemiologically relevant for the spread of AsMaV in *P. tremula* or related host plants.

Schlagwörter: *Aspen mosaic-associated emaravirus*, *Emaravirus*, Gallmilben, *Populus tremula*, Virusvektor

Einleitung

Eriophyoide Gallmilben (*Acari*, *Eriophyidae*) sind Vektorarthropoden für die Gattung *Emaravirus*, wodurch diesen eine ökologische und ökonomische Bedeutung zukommt [MIELKE-EHRET und MÜHLBACH 2012, VON BARGEN et al. 2020]. In Zitterpappeln (*Populus tremula*) aus Fennoskandinavien ist ein neues Emaravirus identifiziert und genetisch vollständig charakterisiert. Veredelungsversuche konnten das Virus als Erreger der in skandinavischen und finnischen Zitterpappel-Populationen verbreiteten „Mosaikkrankheit der Aspen" bestätigen [VON BARGEN et al. 2020]. Das Virus wurde deshalb als *Aspen mosaic-associated emaravirus* (AsMaV) benannt.
In AsMaV-infizierten *P. tremula* wurden bisher vier eriophyoide Gallmilbenarten *Aceria varia*, *Aceria populi*, *Phyllocoptes populi* sowie *Eriophyes diversipunctatus* aufgefunden, die mit den virusinduzierten Symptomen wie mosaikartige Blattflecken, Fleckenbildung, Gelbfleckigkeit, Panaschierung und Adernvergilbung in Verbindung gebracht werden. Daher ist davon auszugehen, dass diese vier Gallmilbenarten als putative Vektoren des neuen *Emaravirus* AsMaV in Frage kommen.
In den borealen und kühl-gemäßigten Regionen Europas und Asiens ist *P. tremula* die am weitesten verbreitete Laubbaumart. Außerdem treten die eng verwandten *P. nigra* und *P. alba* häufig im Süden und Osten des natürlichen Verbreitungsgebietes von *P. tremula* auf [MYKING 2011]. Alle Arten sind in der Lage, Interspezies-Hybriden zu bilden [CAUDULLO und DE RIGO 2016].
Es ist wichtig, die Literatur über potenzielle Überträger-Gallmilbenarten des neuen Emaravirus (AsMaV) einschließlich ihrer Verbreitung und ihres Wirtsspektrums zu überprüfen. Dies ist eine Voraussetzung, um zur biologischen Charakterisierung von AsMaV beizutragen sowie die Auswirkungen der Mosaikkrankheit in Aspen und dessen zukünftige Ausbreitung abschätzen zu können.

Material und Methoden

Für die Recherche dieser Literaturstudie wurden verschiede Suchmaschinen, Plattformen und Datenbanken online genutzt. In erster Linie wurde das Online-Portal „Primus“ der HU-Bibliothek und „Google Scholar“ verwendet. Im Verlauf der Recherche zeigten sich aber auch die weltweit führenden Online-Datenbanken „Science Direct“ (sciencedirect.com), „Researchgate“ (researchgate.net), „CAB Direct“ (cabdirect.org), „GBIF“ (gbif.org), „FAUNA EUROPAEA“ (fauna-eu.org) und „INATURALIST“ (inaturalist.org) als hilfreiche Ergänzungen.

Ergebnisse und Diskussion

Als mögliche Vektoren des AsMaV kommen die vier Gallmilbenarten *A. varia*, *A. populi*, *P. populi* und *E. diversipunctatus* in Frage. Es wurde nachgewiesen, dass diese vier Arten bevorzugt die in Europa am weitesten verbreitete Pappelart *P. tremula* (s. Abb. 1) als Wirtsbaum ansehen [MEHRI-HEYRAN et al. 2020, DENIZHAN und ÇOBANOĞLU 2010, HELLRIGL 2003], (s. Tab. 1). Die nahe miteinander verwandten *A. varia* und *A. populi* befallen zudem die in Europa häufig vorkommende *P. alba* (s. Tab. 1). Die Gallmilbe *A. populi* kann auf diversen *Populus*-Arten (*P. tremula*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. berolinensis*, *P. simonii*) nachgewiesen werden (s. Tab. 1). Ebenfalls befallen *P. populi* und *E. diversipunctatus* die Pappelart *P. nigra*. Zusätzlich kann *E. diversipunctatus* auf der Hybridpappel *Populus x canadensis* dokumentiert werden.

Abbildung 1: **Verbreitungskarte von *P. tremula* in den gemäßigten und borealen Wäldern Eurasiens dargestellt in grün, Einzelbestände sind mit grünen Kreuzen gekennzeichnet [CAUDULLO et al. 2017].**

Alle vier Gallmilbenarten sind in Europa weit verbreitet (Abb.2). Sie wurden vermehrt in Südschweden dokumentiert. *P. populi* wird seit 2019 regelmäßig in Großbritannien und *A. populi* häufig in Schottland nachgewiesen [GBIF 2021a, GBIF 2021b, GBIF 2021c, GBIF 2021d]. Die Gallmilben *A. populi* und *P. populi* können zudem in Nordamerika (Kanada, USA) und Russland gesichtet werden. *A. populi* wird als einzige Art in der Türkei und Nord-Afrika beschrieben [GBIF 2021b, GBIF 2021c, INATURALIST 2021a, DENIZHAN und ÇOBANOĞLU 2010].

Die Literaturstudie ergab Forschungs- und Wissenslücken bezüglich der Verbreitung der vier Gallmilbenarten und deren Lebensstrategien. Diese Lücken müssen geschlossen werden, um eine sichere Aussage darüber zu treffen, welche Gallmilbenarten und ggf. weitere Übertragungswege für die AsMaV-Verbreitung in P. tremula bzw. verwandte Wirtspflanzen epidemiologisch relevant sind.

Tabelle 1: **Tabellarische Darstellung der vier möglichen AsMaV übertragenden Gallmilben (*Aceria varia, Aceria populi, Phyllocoptes populi* und *Eriophyes diversipunctatus*) und deren Wirtsbäume mit den dazugehörigen Referenzen.**

Vorkommen (Wirtsbaum)	Quelle (Referenz)
Aceria varia	
Populus tremula	1, 2, 3, 4
Populus alba	1, 3, 4
Aceria populi	
Populus tremula	5, 6, 7
Populus nigra	1, 6, 7
Populus alba	1, 7
Populus berolinensis	6
Populus simonii	6
Phyllocoptes populi	
Populus tremula	2, 3, 4, 6, 8
Populus nigra	8
Eriophyes diversipunctatus	
Populus tremula	2, 8
Populus nigra	9
Populus x canadensis	10

1 Mehri-Heyran et al. 2020 2 Nyman 2007 3 Davis et al. 1982
4 Bagnall und Harrison 1928 5 Denizhan et al. 2015 6 Ripka u. de Lillo 1997
7 Denizhan u. Çobanoğlu 2010 8 Hellrigl 2003 9 Krieger 2020 10 Darlington 1968

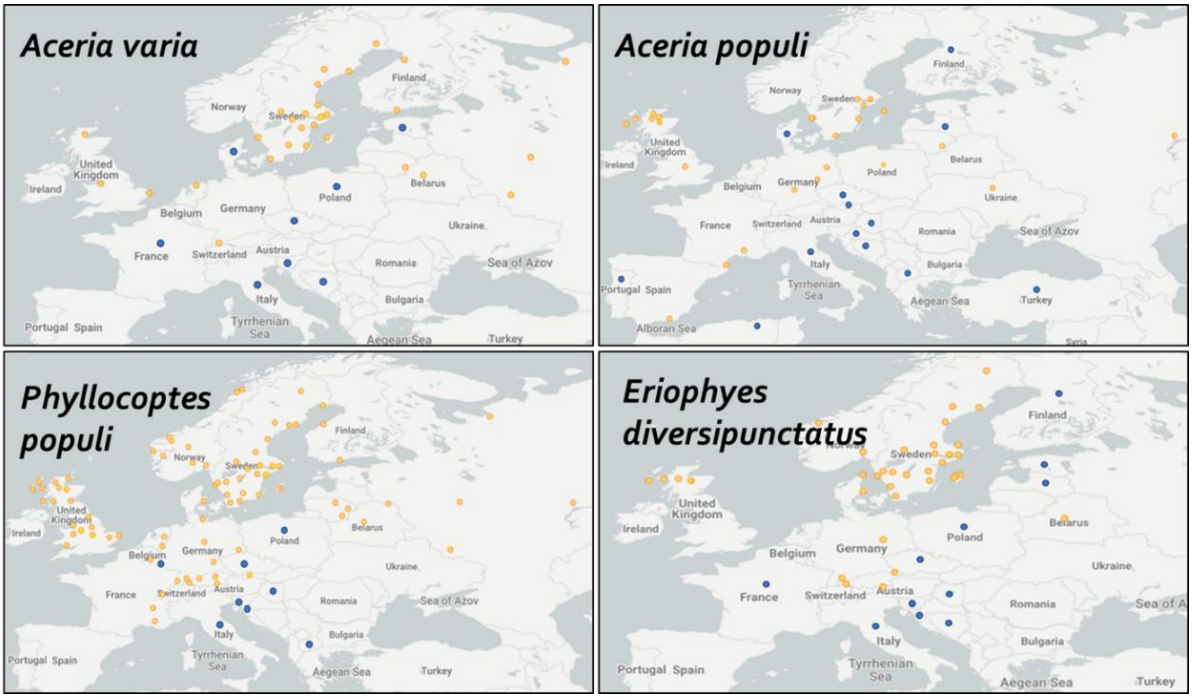


Abbildung 2: **Karten der in Europa dokumentierten Gallmilben (*Aceria varia, Aceria populi, Phyllocoptes populi, Eriophyes diversipunctatus*). Gelbe Punkte zeigen Standorte, für die genaue Koordinaten vorliegen [GBIF 2021a, b, c, d]. Die blauen Punkte zeigen ergänzend die Länder in denen die Gallmilben nachgewiesen wurden [DE LILLO 2021a, b, c, d SOKOLOV 1980, DENIZHAN und ÇOBANOĞLU 2010].**

Es ist davon auszugehen, dass das AsMaV über den gesamten europäischen Subkontinent in *P. tremula* und auch in weiteren *Populus*-Arten verbreitet sein könnte.

Schwerpunkte zukünftiger Forschung sollten zunächst auf der Identifizierung AsMaV-übertragender Arthropoden und dem Virus selbst liegen. Eine Identifizierung des AsMaV sollte in Zukunft durch großräumigere und regelmäßige RT-PCR-Testungen auch außerhalb Fennoskandinaviens erfolgen. Zur Aufklärung der Kausalität zwischen möglichen Vektoren und Virus müssen Transmissionsversuche initiiert werden.

Literatur

CAUDULLO, G., WELK, E. und SAN-MIGUEL-AYANZ, J. (2017): Chorological maps for the main European woody species. Data in Brief 12, S. 662-666.

CAUDULLO, D. und DE RIGO, D. (2016): Populus tremula in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. In J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. H. Durrant, & A. Mauri (Eds.), European atlas of Forest tree species. Luxembourg: Publication Office EU. S. 134-135.

DENIZHAN, E. und ÇOBANOĞLU, S. (2010): Eriophyoid mites in Van Lake Basin from Turkey, International Journal of Acarology, 36(6), S. 503-510.

DE LILLO, E. (2021a): Fauna Europaea: Aceria varia (Nalepa, 1892). Online verfügbar unter: https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/#distribution. Zuletzt geprüft am 25.02.2022

DE LILLO, E. (2021b): Fauna Europaea: Aceria populi (Nalepa, 1890). Online verfügbar unter: https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/3932beaa. Zuletzt geprüft am 25.02.2022.

DE LILLO, E. (2021c): Fauna Europaea: Phyllocoptes populi (Nalepa, 1894). Online verfügbar unter: https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/a19b66. Zuletzt geprüft am 25.02.2022.

DE LILLO, E. (2021d): Fauna Europaea: Eriophyes diversipunctatus. Online verfügbar unter: https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/7784d79. Zuletzt geprüft am 25.02.2022.

GBIF (2021a): Occurrences: Aceria varia. Online verfügbar unter: https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=4544394. Zuletzt geprüft am 25.02.2022.

GBIF (2021b): Occurrences: Aceria populi. Online verfügbar unter: https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=4544623. Zuletzt geprüft am 25.02.2022.

GBIF (2021c): Occurrences: Phyllocoptes populi. Online verfügbar unter: https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=4543767. Zuletzt geprüft am 25.02.2022.

GBIF (2021d): Occurrences: Eriophyes diversipunctatus. Online verfügbar unter: https://www.gbif.org/occurrence/map?taxon_key=6913578. Zuletzt geprüft am 25.02.2022.

HELLRIGL K. (2003): Faunistik der Gallmilben Südtirols: (Acari) – Gredleriana 3 S. 77-142.

INATURALIST (2021a): Phyllocoptes populi. Online verfügbar unter: https://inaturalist.ca/taxa/547279-Phyllocoptes-populi. Zuletzt geprüft am 25.02.2022.

MEHRI-HEYRAN, H., LOTFOLLAHI, P., DE LILLO, E. und Azimi, S. (2020): Redescription of Aceria varia and Tegoprionus dentatus (Trombidiformes: Eriophyoidea: Eriophyidae) from Iran. Persian Journal of Acarology, 9(2), S. 129-139.

MIELKE-EHRET, N. und MÜHLBACH, H.-P. (2012): Emaravirus: A Novel Genus of Multipartite, Negative Strand RNA Plant Viruses, 4, S. 1515-1536.

MYKING, T., BØHLER, F. und AUSTRHEIM, G. (2011): Life history strategies of aspen (Populus tremula L.) and browsing effects: a literature review, Forestry: An International Journal of Forest Research, 84(1), S. 61–71,

SOKOLOV, V.K. (1980): The distribution of galls of eriophyid mites (Acarina, Tetrapodili) on Betula pendula and Populus tremula, Ekologiya, USSR, 4, S.95-97.

VON BARGEN, S., AL KUBRUSLI, R. et al. (2020): Characterisation of a novel Emaravirus identified in mosaic-diseased Eurasian aspen (Populus tremula). Ann Appl Biol. 2020; 176, S. 210– 222.

Adressen der Autoren

Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin; Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin; phytomedizin@agrar.hu-berlin.

Marker-assisted selection for pathogen resistance in specialty cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*)

Markergestützte Selektion auf Pathogenresistenz in Tomatenraritäten-Sorten

Julia MAYRHOLD and Alexandra JAMMER*

Abstract

Heirloom tomato cultivars and specialty cultivars are stable as far as trait inheritance is concerned, but mostly lack resistance traits and are, thus, particularly prone to pathogen-induced yield losses. In the participatory breeding programme "Bauernparadeiser" ("farmers' tomatoes"), new tomato cultivars are developed, with stably inherited resistance traits against widespread phytopathogens as one of the breeding goals. When phenotypic selection for pathogen resistance is impossible in the field or greenhouse (when the respective pathogen is absent or ambiguous symptoms occur), marker-assisted genetic selection (MAS) can be employed to solve this problem. Therefore, based on published methods, we established laboratory protocols at the University of Graz to genetically select for resistance against tomato mosaic virus (ToMV) and late blight (*Phytophthora infestans*). The protocols are used in large-scale screenings to identify individuals with promising overall combinations of traits. These individuals are then used as a basis for the development of new cultivars resistant to ToMV and late blight, which will contribute to limiting the future spread of these pathogens in organic tomato cultures in Austria.

Zusammenfassung

Alte Tomatensorten und Raritätensorten sind samenfest, verfügen aber kaum über Resistenzen gegenüber Phytopathogenen und sind daher sehr anfällig für krankheitsbedingte Ertragsverluste. Im partizipativen Züchtungsprogramm "Bauernparadeiser" werden daher neue samenfeste Tomatensorten entwickelt, unter anderem mit dem Zuchtziel stabil vererbter Resistenzen gegenüber weit verbreiteten Krankheitserregern. Wenn eine phänotypische Selektion auf Pathogenresistenz im Freiland oder im Gewächshaus nicht möglich ist (bei fehlendem Pathogendruck bzw. nicht eindeutig zuordenbaren Symptomen), kann markergestützte genetische Selektion Abhilfe schaffen. Daher wurden an der Universität Graz ausgehend von publizierten Methoden Laborprotokolle zur genetischen Selektion auf Resistenzen gegenüber dem Tomatenmosaikvirus (ToMV) und der Kraut- und Braunfäule (*Pyhtophthora infestans*) etabliert. Die Protokolle werden im Rahmen breit angelegter Screenings eingesetzt, um Individuen mit insgesamt vielversprechenden Merkmalskombinationen zu identifizieren. Diese Individuen bilden die Basis für die Entwicklung von ToMV- und *Phytophthora*-resistenten Sorten, die in Zukunft zur Reduktion der Verbreitung der beiden Erreger im biologischen Landbau in Österreich beitragen sollen.

Keywords

tomato (*Solanum lycopersicum*); resistance breeding; participative breeding; late blight (*Pyhtophthora infestans*); tomato mosaic virus (ToMV); marker-assisted selection (MAS)

Introduction

Modern tomato hybrids used for commercial production are well-protected against a series of pathogens due to the introgression of resistance alleles from wild tomato species. However, in recent years, there has been an increasing demand on the market for traditional and local non-hybrid tomato varieties and specialty cultivars. These are stable as far as trait inheritance is concerned, but mostly lack resistance traits and are, thus, particularly prone to pathogen-induced yield losses.

A cooperative of Austrian organic farmers develops new tomato cultivars in the participatory breeding programme "Bauernparadeiser" ("farmers' tomatoes") [1], coordinated by ARCHE NOAH, an organisation that aims to preserve and develop the diversity of cultivated plants [2]. The main focus of this tomato breeding program is on fruit taste and growth characteristics, but the breeders also strive to improve plant health in their cultivars through crosses with resistant cultivars. The selection of offspring

with the desired combination of traits is performed phenotypically. When it comes to pathogen resistance, however, this poses a challenge in two situations: Firstly, in the absence of the respective pathogen at the breeding site, and secondly, when symptoms arise in the field or greenhouse that cannot be unambiguously associated with the respective pathogen. Therefore, we collaborate with the breeders by providing marker-assisted selection (MAS) for pathogen resistance against Tomato Mosaic Virus (ToMV; not present at all breeding sites) and late blight (*Phytophthora infestans*; symptom development strongly dependent on the environment and symptoms often not clearly distinguishable from those caused by other pathogens). For ToMV resistance, we select for the dominantly inherited *Tm-2a* allele (on chromosome 9) that was originally introgressed into tomato from the wild relative *Solanum peruvianum* and confers resistance to most known ToMV strains through a hypersensitive response [3]. For late blight resistance, we select for a combination of the co-dominantly inherited *Ph-2* (on chromosome 10) and *Ph-3* (on chromosome 9) alleles, both originally introgressed into tomato from the wild relative *Solanum pimpiellifolium* and conferring partial late blight resistance that is most pronounced in individuals homozygous for the resistant alleles at both loci [4,5].
The objectives of our work were (a) to establish laboratory protocols for MAS based on published methods using susceptible and resistant reference genotypes, (b) to test the broad applicability of these protocols on a selected set of cultivars and hybrids used in the breeding programme, and (c) to apply the selection protocols in large-scale screenings to identify resistant offspring from crosses that are hetero- or homozygous for the three resistant alleles.

Material and Methods

Sampling and isolation of genomic DNA: Leaf samples from greenhouse-grown plants or from cuttings collected in the field were frozen and ground to a fine powder in liquid nitrogen. 80–100 mg of the ground leaf material was used for genomic DNA extraction using a commercial extraction kit (DNeasy Plant Mini Kit, QIAGEN) according to the manufacturer's instructions.
MAS protocols: For all three loci, the differentiation between the susceptible and resistant alleles was based on single nucleotide polymorphisms (SNPs). Plants with known genotypes (see Table 1) were used to establish laboratory protocols based on published methods. Selected cultivars, hybrids, and lines from the list given in Table 1 were also used as reference material for all further genotyping analyses. For each locus, different published MAS protocols were compared, and the most robust protocols were selected. The *Tm-2a* allele was detected via a tetra-primer ARMS PCR marker in a two-step protocol [6] slightly modified from [7]. The *Ph-2* and *Ph-3* alleles were detected via CAPS markers (PCR amplification followed by restriction analysis) according to [8] and [9], respectively. The PCR products or digested PCR products were separated on agarose gels and visualised under UV light. The alleles were identified from the band patterns on the gels, using the GeneRuler 100 bp Plus DNA Ladder (Thermo Scientific) as a reference for the size of the DNA fragments.

Table 1: **Tomato cultivars, lines, and hybrids used for establishing the protocols for marker-assisted selection and as reference material when analysing plants with unknown genotypes.**

Cultivar (cv.)/line/hybrid	Genotype	Selected markers and band patterns on agarose gels
cv. Moneymaker cv. Primabella	*tm-2/tm-2* (susceptible)	Tetra-primer ARMS PCR marker [7], 2 PCR assays *tm-2*: Assay 1: 416 bp; Assay 2: 509 + 381 bp *Tm-2:* Assay 1: 416 + 254 bp; Assay 2: 509 + 185 bp ***Tm-2a*:** Assay 1: 416 + 214 bp; Assay 2: 509 + 185 bp
Limetto F1 cv. Rote Dattelwein	*Tm-2a/Tm-2a* (resistant)	
Line NC 1 CELBR	*Ph-2/Ph-2, Ph-3/Ph-3* (very high resistance)	CAPS marker dTG63, PCR + *Bst*NI digest [8] *ph-2*: 221 bp ***Ph-2*:** 245 bp CAPS marker TG328, PCR and *Hinf*I digest [9] *ph-3*: 499 bp ***Ph-3*:** 248 + 251 bp
Mountain Magic F1 Mountain Merit F1	*Ph-2/ph-2, Ph-3/ph-3* (high resistance)	
Line LA3151 Line LA3152	*Ph-2/Ph-2, ph-3/ph-3* (medium resistance)	
Line LA4285 Line LA4286	*ph-2/ph-2, Ph-3/Ph-3* (medium resistance)	
Matias F1 cv. Hungarian Heart	*ph-2/ph-2, ph-3/ph-3* (susceptible)	

Results and Discussion

Based on published methods, MAS protocols for *Tm-2a*, *Ph-2*, and *Ph-3* were established in our laboratory using genomic DNA isolates from plants with known genotypes. In the tetra-primer ARMS PCR protocol for *Tm-2a* detection, the annealing temperature had to be adjusted from the original protocol in order to obtain specific PCR products. Two PCR assays with different sets of primers had to be performed to differentiate between the *Tm-2a* allele that is of interest in the breeding programme, the susceptible *tm-2* allele, and another partially resistant allele (*Tm-2*) at the same locus [6]. PCR assay 2 differentiated between susceptible (*tm-2*) and resistant (*Tm-2* or *Tm-2a*) individuals (Figure 1, lanes 11–19). The follow-up assay 1 differentiated between the two resistant alleles, *Tm-2* and *Tm-2a* (Figure 1, lanes 2–9).

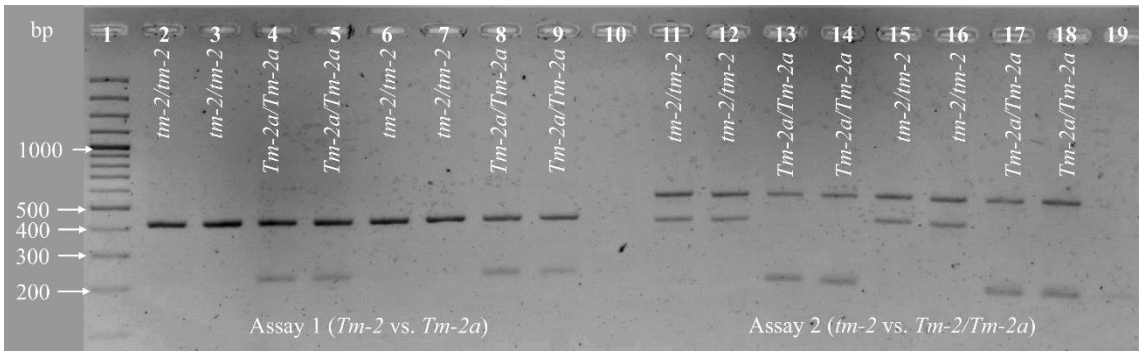


Figure 3: **Tetra-Primer ARMS PCR marker analysis for ToMV resistance [7] in four tomato cultivars/hybrids with known genotypes. 1: 100 bp Plus DNA ladder; 2,6,11,15: cv. Primabella (susceptible); 3,7,12,16: cv. Moneymaker (susceptible); 4,8,13,17: cv. Rote Dattelwein (resistant); 4,9,14,18: Limetto F1 (resistant); 10,19: negative controls.**

The CAPS marker protocols for *Ph-2* and *Ph-3* detection could be directly reproduced from the respective references. The dTG63 marker (PCR and *Bst*NI restriction digest) [8] differentiated between individuals carrying the resistant *Ph-2* allele and those carrying the susceptible *ph-2* allele (Figure 2). The TG328 marker (PCR and *Hinf*I restriction digest) [9] differentiated between individuals carrying the resistant *Ph-3* allele and those carrying the susceptible *ph-3* allele (Figure 3).

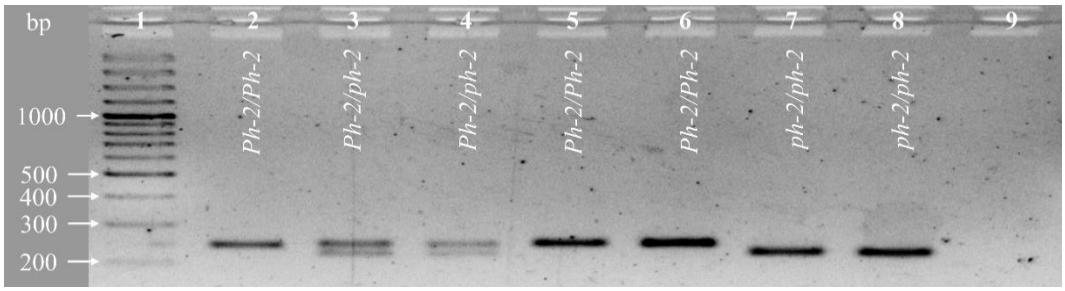


Figure 4: **CAPS marker analysis (dTG63; PCR and BstNI restriction digest) [8] for the late blight resistance allele Ph-2 in seven tomato cultivars/hybrids/lines with known genotypes. 1,10: 100 bp Plus DNA ladder; 2: line NC 1 CELBR (very high resistance); 3: Mountain Merit F1 (high resistance); 4: Mountain Magic F1 (high resistance); 5: line LA3151 (medium resistance); 6: line LA3152 (medium resistance); 7: cv. Hungarian Heart (susceptible); 8: Matias F1 (susceptible); 9: negative control.**

The broad applicability of the above-described MAS protocols was confirmed when using them on a selected set of commercial cultivars and hybrids used as parents in the "Bauernparadeiser" breeding programme (Table 2). For *Tm-2a*-mediated ToMV resistance, a comparative genotyping and phenotyping study conducted in the greenhouse [6] confirmed that the phenotypes observed in inoculated individuals from the breeding programme corresponded with the phenotypes expected according to the genotyping results. A similar study is currently underway for *Ph-2*- and *Ph-3*-mediated late blight resistance, comparing the genotypes determined in the laboratory with the phenotypes observed in the field.

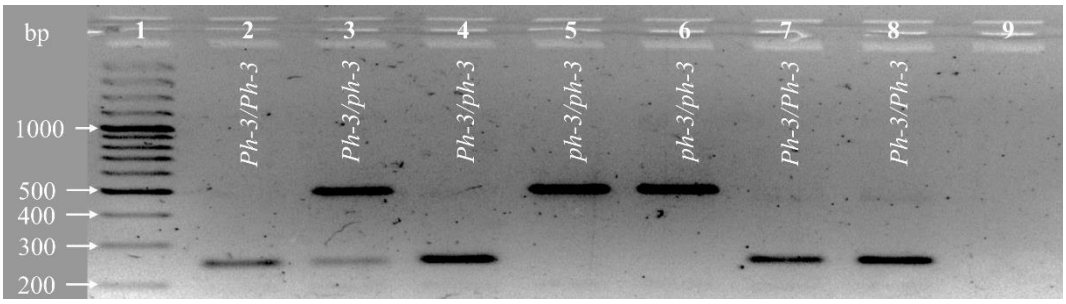


Figure 3: **CAPS marker analysis (TG328, PCR and HinfI restriction digest) [9] for the late blight resistance allele Ph-3 in seven tomato cultivars/hybrids/lines with known genotypes. 1,10: 100 bp Plus DNA ladder; 2: line NC 1 CELBR (very high resistance); 3: Mountain Merit F1 (high resistance); 4: Mountain Magic F1 (high resistance; Ph-3/ph-3 genotype according to [10] could not be confirmed with this marker); 5: cv. Hungarian Heart (susceptible); 6: Matias F1 (susceptible); 7: line LA3151 (medium resistance); 8: line LA3152 (medium resistance); 9: negative control.**

Table 2: **A selection of commercial tomato cultivars and hybrids was used to test the broad applicability of the MAS protocols to detect the ToMV resistance allele *Tm-2a* and the late blight resistance alleles *Ph-2* and *Ph-3*. The detected genotypes corresponded to the phenotypes previously observed in the field and/or greenhouse.**

Cultivar (cv.)/hybrid	**Genotype**		
	***tm-2* locus**	***ph-2* locus**	***ph-3* locus**
Philovita F1	***Tm-2a***/*tm-2*	unknown	unknown
Pozzano F1	***Tm-2a***/*tm-2*	unknown	unknown
cv. Aroma Cocktail	***Tm-2a/Tm-2a***	unknown	unknown
cv. Tica	***Tm-2a/Tm-2a***	unknown	unknown
Bauna F1	unknown	*ph-2/ph-2*	***Ph-3***/*ph-3*
Buffalosun F1	unknown	***Ph-2***/*ph-2*	*ph-3/ph-3*
Lizzano F1	unknown	***Ph-2***/*ph-2*	*ph-3/ph-3*
Philona F1	unknown	*ph-2/ph-2*	***Ph-3***/*ph-3*
Skykomish F1	unknown	*ph-2/ph-2*	*ph-3/ph-3*
Yellow Apple F1	unknown	***Ph-2***/*ph-2*	***Ph-3/Ph-3***
cv. Resi	unknown	***Ph-2/Ph-2***	*ph-3/ph-3*
cv. Resibella	unknown	***Ph-2/Ph-2***	***Ph-3/Ph-3***
cv. Rondobella	unknown	***Ph-2/Ph-2***	***Ph-3/Ph-3***

Colour code	Fully resistant	Very high resistance	High resistance	Medium resistance	Weak resistance	Susceptible

In large-scale screenings, MAS for ToMV resistance has become a part of the breeding programme. Whenever the *Tm-2a* allele is not homozygous in both of the parents, genotyping at the *tm-2* locus is routinely performed on offspring from (back)crosses that shows promising overall combinations of the desired traits. Supported by the genotyping data, the breeders have successfully introduced a stably inherited ToMV resistance trait into several new specialty cultivars that are currently under development. The first large-scale screening for late blight resistance is currently underway. Offspring from a series of crosses between selected cultivars or hybrids from Table 2 and selected heirloom or specialty cultivars is grown in the greenhouse and screened for the presence of both the *Ph-2* and *Ph-3* alleles. Only individuals that are heterozygous or homozygous for the resistant alleles at both loci will be planted in the field and phenotypically selected for the other traits of interest in order to identify the most promising candidates for backcrosses. Supported by the genotyping data, the breeders aim to develop several new specialty cultivars that are highly resistant to late blight and stably pass on this trait to their offspring due to the homozygous presence of the *Ph-2* and *Ph-3* alleles.

With the results of our work, we showed that published MAS protocols for the ToMV resistance allele *Tm-2a* and the late blight resistance alleles *Ph-2* and *Ph-3* are robustly applicable to heirloom varieties and specialty cultivars. A future focus of the project will be on developing specialty cultivars that contain multiple resistance traits. The use of these resistant cultivars will contribute to limiting the spread of ToMV and late blight in organic tomato cultures and private gardens in Austria

References

[1] Das Bauernparadeiser-Projekt: https://www.arche-noah.at/sortenerhaltung/sorten-entwickeln/das-bauernparadeiser-projekt

[2] ARCHE NOAH e.V. Gesellschaft für die Erhaltung der Kulturpflanzenvielfalt & ihre Entwicklung: https://www.arche-noah.at

[3] LANFERMEIJER FC, WARMINK J, HILLE J, 2005: The products of the broken *Tm-2* and the durable *Tm-2(2)* resistance genes from tomato differ in four amino acids. J Exp Bot 56, 2925-2933.

[4] MOREAU P, THOQUET P, OLIVIER J, LATERROT H, GRIMSLEY N, 1998: Genetic mapping of *Ph-2*, a single locus controlling partial resistance to *Phytophthora infestans* in tomato. Mol Plant Microbe In 11, 259-269.
[5] CHUNWONGSE J, CHUNWONGSE C, BLACK L, HANSON P, 2002: Molecular mapping of the *Ph-3* gene for late blight resistance in tomato. J Hortic Sci Biotech 77, 281-286.
[6] ILLMEIER D, 2017: Anwendung der Marker Assisted Selection (MAS) in Tomatenpflanzen: Selektion von resistenten Pflanzen gegenüber dem Tomato Mosaic Virus (ToMV). Master Thesis, University of Graz.
[7] ARENS P, MANSILLA C, DEINUM D, CAVELLINI L, MORETTI A, ROLLAND S, VAN DER SCHOOT H, CALVACHE D, PONZ F, COLLONNIER C, MATHIS R, SMILDE D, CARANTA C, VOSMAN B, 2010: Development and evaluation of robust molecular markers linked to disease resistance in tomato for distinctness, uniformity and stability testing. Theor Appl Genet 120, 655-664.
[8] FOOLAD MR, PANTHEE DR, 2012: Marker-assisted selection in tomato breeding, Crit Rev Plant Sci 31, 93-123.
[9] ROBBINS MD, MASUD MAT, PANTHEE DR, GARDNER RG, FRANCIS DM, Stevens MR, 2010: Marker-assisted selection for coupling phase resistance to tomato spotted wilt virus and *Phytophthora infestans* (late blight) in tomato. HortScience 45, 1424-1428.
[10] GARDNER RG, PANTHEE DR, 2012: 'Mountain Magic': An early blight and late blight-resistant specialty type F1 hybrid tomato. HortScience 47, 299-300.

Authors' Address

University of Graz, Institute of Biology, Plant Sciences, Schubertstraße 51, A-8010 Graz

* Contact: Dr. Alexandra JAMMER, alexandra.jammer@uni-graz.at

Infektionsversuche mit den pflanzenpathogenen Erregern Pythium aphanidermatum und Rhizoctonia solani an Tomaten zur Vorbereitung der Prüfung von Boden – und Pflanzenhilfsstoffen

Infection experiments with the plant pathogens Pythium aphanidermatum and Rhizoctonia solani on tomatoes in preparation for the testing biostimulating microbial fertilizer

Siegfried Grundmann, Jannet Nyukuri, Carmen Büttner und Martina Bandte

Einleitung:

Tomatenpflanzen gehören weltweit zu den ökonomisch bedeutendsten Gemüsepflanzen. Schäden und Eintragseinbußen können durch eine Vielzahl von Krankheitserregern verursacht werden (RODRIGUEZ et al. 2018). Um den Einfluss von Biostimulanzien und nützlichen Mikroorganismen auf die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Krankheitserregern zu prüfen, sind Infektionsversuche unter kontrollierten Bedingungen erforderlich.
Vor diesem Hintergrund wurden verschiedene Inokulationsmethoden und Inokulumdichten zur Infektion von Tomatenpflanzen mit den pathogenen Pilzen *Pythium aphanidermatum* und *Rhizoctonia solani* geprüft. In allen Fällen wurde eine Inokulation des Pflanzsubstrates, durch Gießen einer Sporensuspension oder das Einbringen infizierter Getreidesamen, vorgenommen.
Ziel der Versuche ist Optimierung der Applikationsform und der Inokulumdichte, ohne dass die infizierten Pflanzen durch das Pathogen absterben. So kann dann der Einfluss von Boden- und Pflanzenhilfsstoffen sowie Pflanzenstärkungsmitteln auf das Wachstum und den Ertrag von Tomatenpflanzen unter der jeweiligen Pathogenbelastung geprüft werden.

Material und Methoden:

Die Infektion mit *Pythium aphanidermatum* und *Rhizoctonia solani* wurden an der Buschtomate *(Solanum lycopersicum*) cv. Hoffmanns rentita mit den drei folgenden Methoden durchgeführt. Ermittelt wurden nachfolgend die Virulenz und die Größe sowie das Gewicht der Tomatenpflanzen.:

Pythium aphanidermatum:

- **Methode A:** Infektion mit Weizenkornsubstrat (10 g), Inkubation 7 Tage bei 28°C (AL-HUSSINI et al. 2019).
- **Methode B (B 2.1/B. 2.2):** Infektion mit 50 ml (100 ml) infiziertes Carrot Broth mit einer Sporendichte von 10^7 und vier Impfstücken pro 300 ml Carrot Broth, Inkubation 21 Tage bei 150 rpm und 28°C (POSTMA et al. 2019/ PANNOVA et al. 2004).
- **Methode C:** Infektion mit 50 ml infiziertem PDB (Potato Dextrose Broth) mit einer Sporendichte von 10^7 mit vier Impfstücken pro 300 ml Carrot Broth, Inkubation 21 Tage bei 150 rpm und 28°C (ZOUARI et al. 2016)

Rhizoctonia solani:

- **Methode A:** Infektion mit Weizenkornsubstrat (10 g) und Anzucht mit vier Impfstücken, Inkubation 7 Tage bei 28°C (SOLANKI et al. 2014).
- **Methode B (B 2.1/ 2.2):** Infektion mit 10 g (5 g) infizierten Weizenkörnern, Auslage auf einer Potato dextrose agrar (PDA) Platte mit einem Impfstück, Inkubation 7 Tage bei 28°C (NIKRAFTAR et al. 2013).
- **Methode C:** Infektion mit 50 ml PDB mit einer Sporendichte von 10^7 und vier Impfstücken pro 300 ml PDB, Inkubation 21 Tage bei 150 rpm und 28°C (MANGANIELLO et al 2018/ ZOHORA et al. 2016).

Die Pathogenitätstests wurden unter Gewächshausbedingungen durchgeführt (28°C, 16 Stunden Licht). Um eine Mischinfektion der beiden Pathogene bei den Pflanzen zu verhindern, wurden die Versuche in

separaten Gewächshauskabinen ausgeführt. In den Kabinen wurden die nicht-infizierten Kontrollpflanzen in räumlichem Abstand zu den künstlich infizierten Pflanzen platziert, um Infektionen zu vermeiden.
Die Infektion mit dem jeweiligen Pilzinokulum wurden bei jeder Methode an zwei Wochen alten Pflanzen durchgeführt. Die Pflanzen wurden weitere vier Wochen im Gewächshaus kultiviert, regelmäßig bonitiert und nach vier Wochen die Pflanzengröße und – gewicht ermittelt sowie die Gewebeproben zur Rückisolierung der Pilze entnommen. Dazu wurden von jeder Pflanze wurden drei Proben aus dem Wurzelbereich genommen. Diese wurden anschließend mit zweiprozentiger Natriumhypochlorit-Lösung (NaOCl) oberflächendesinfiziert, auf PDA Platten ausgelegt und für eine Woche inkubiert, um eine Infektion mit den Pathogenen sicher nachweisen zu können. Aus den jeweils drei Inokulationsmethodenwurde jeweils die Applikationsform mit den besten Infektionsergebnissen ausgewählt und für zwei weitere Versuchsreihen hinsichtlich der optimierung der Inokulumkonzentration ausgewählt (Methode B 2.1/ 2.2).

Ergebnisse und Diskussion

Bei dem pathogenen Erreger *Pythium aphanidermatum* führte die Methode B zu der höchsten Infektionsrate (100 %). Die Pflanzen zeigten charakteristische Symptome wie Stängelläsion und Wurzelfäulnis, jedoch nur in schwacher Ausprägung und geringer Auswirkung auf das Wachstum und das Gewicht der Pflanze. Mit der Verdoppelung der Inokulumdichte konnte unter Anwendung der Methode B (Methode B 2.1/ 2.2) die Symptomausprägung verstärkt werden. Der Erreger wurde aus Wurzeln isoliert und konnte mikroskopisch dargestellt werden.
Bei dem pathogenen Erreger Rhizoctonia solani führte die Methode B mit 10 g infizierten Weizenkörner zum Absterben aller Pflanzen. Deshalb wurden die weiteren Versuchsreihen Methode B (Methode B 2.1/ 2.2) mit jeweils der Hälfte der infizierten Weizenkörner (5 g) durchgeführt. Dadurch wurde das Überleben aller Pflanzen trotz Anzeichen einer deutlichen Infektion mit Stängelläsion und Wurzelfäulnis ermöglicht.

Fazit:

Die Infektionsversuche mit den pflanzenpathogenen Erregern *Pythium aphanidermatum* und *Rhizoctonia solani* an Tomaten zeigten, dass bei dem Erreger …

- *Pythium aphanidermatum* die Applikationsform Gießen (Carrot Broth mit 100 ml bei einer Sporendichte von 10^7 (Methode B 2.1/ 2.2) für eine erfolgreiche Infektion am geeignetsten ist, da die Pflanzen eine starke Symptomausprägung (Wurzelfäulnis und Stängelläsion) zeigten, jedoch die Auswirkungen auf das Wachstum gering waren.
- Rhizoctonia solani die Applikation durch Streuen infizierter Weizenkörner (5 g (Methode B 2.1/ 2.2) auf das Pflanzenkultursubstrat am effektivsten ist.

Abstract

The infection tests with the plant pathogens *Pythium aphanidermatum* and *Rhizoctonia solani* on tomatoes showed that with the pathogen ...

- *Pythium aphanidermatum* the application form watering (carrot broth with 100 ml at a spore density of 10^7 (Method B 2.1/ 2.2) is most suitable for successful infection as the plants showed severe symptom expression (root rot and stem lesion) but the impact on growth was minor.
- *Rhizoctonia solani*, on the other hand, application of infected wheat kernels (5 g (Method B 2.1/2.2) is most effective.

Literatur

AL-HUSSINI H S, AL-RAWAHI A Y, AL-MARHOON A A, AL-ABRI S A, AL-MAHMOOLI I H, AL-SADI A M, RETHINASAMY VELAZHAHAN R. (2019): Biological control of damping-off of tomato caused by *Pythium aphanidermatum* by using native antagonistic rhizobacteria isolated from Omani soil. Journal of Plant Pathology, Volume 101, pp. 315–322.

MANGANIELLO G, SACCO A, ERCOLANO M R, VINALE F, LANZUISE S, PASCALE A, NAPOLITANO M, LOMBARDI N, LORITO M, WOO S L (2018): Modulation of Tomato Response to *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma harzianum* and Its Secondary Metabolite Harzianic Acid. Frontiers in Microbiology, 2018, pp. 1-19.
NIKRAFTAR F, TAHERI P, RASTEGAR M F, TARIGHI S (2013): Tomato partial resistance to *Rhizoctonia solani* involves antioxidative defense mechanisms. Physiological and Molecular Plant Pathology, Volume 81, 2013, pp. 74-83.
PANOVA G G, GROTE D, KLÄRING H-P (2004): Population dynamics of *Pythium aphanidermatum* and response of tomato plants as affected by root-zone temperature. Journal of Plant Diseases and Protection, Volume 111, 2004, pp. 52–63.
POSTMA, J, NIJHUIS E H (2019): *Pseudomonas chlororaphis* and organic amendments controlling *Pythium infection* in tomato. European Journal of Plant Pathology, Volume 154, 2019, pp. 91–107.
RODRIGUEZ M H, BANDTE M, GASKIN T, FISCHER G, BÜTTNER C (2018): Efficacy of electrolytically-derived disinfectant against dispersal of *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani* in hydroponic tomatoes. Scientia Horticulturae, Volume 234, 2018, pp. 116-125.
SOLANKI M K, SINGH R K, SRIVASTAVA S, KUMAR S, KASHYAP P L, SRIVASTAVA A K, ARORA D K (2014): Isolation and characterization of siderophore producing antagonistic rhizobacteria against *Rhizoctonia solani*. Journal of Basic Microbiology, Volume 54, 6/2014, pp. 585-597. https://doi.org/10.1002/jobm.201200564
ZOHORA U S, ANO T, RAHMAN M S (2016): Biocontrol of *Rhizoctonia solani* K1 by Iturin A Producer Bacillus subtilis RB14 Seed Treatment in Tomato Plants. Advances in Microbiology, Vol.06 No.06, 2016, pp. 424-431. http://www.scirp.org/journal/aim http://dx.doi.org/10.4236/aim.2016.66042
ZOUARI, I, JLAIEL L, TOUNSI S, TRIGUI M (2016): Biocontrol activity of the endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* strain CEIZ-11 against *Pythium aphanidermatum* and purification of its bioactive compounds. Biological Control, Volume 100, 2016, pp. 54-62.

Adressen der Autoren

Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

Ansprechpartner: Siegfried Grundmann, grundmas@hu-berlin.de

Alternative Pflanzenschutzkonzepte für die Kultur von Minirosen

Alternative plant protection concepts for mini rose production

Lydia Matiasch[1*], Anna Pollak[2], Oliver Miletitsch[1] und Dominik Linhard[2]

Einleitung

Bei der Produktion von Zierpflanzen spielt die Qualität eine sehr wichtige Rolle und selbst geringe optische Folgeschäden eines Befalls mit Krankheiten und Schädlingen werden kaum toleriert. Um diesen hohen Qualitätsansprüchen gerecht zu werden, sind geeignete Pflanzenschutzmaßnahmen unumgänglich.
Ziel des Projektes ist die Identifikation geeigneter Alternativen zur Reduktion des Einsatzes chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel. Untersucht wird die Wirksamkeit zur Vorbeugung oder direkten Bekämpfung von Pilzkrankheiten, aber auch zur Reduktion des Schädlingsbefalls bei der Kultur von Minirosen.

Material und Methoden

Versuchsdauer: KW 10/2021 (Lieferung) bis KW 22/2021 (Endauswertung Versuchsteil)

Pflanzen: Minirose 'King of Infinity®/Red' (Roses Forever ApS), 4 bewurzelte Stecklinge/10,5 cm-Topf.

Standort: Versuchsglashaus der HBLFA für Gartenbau und Österreichische Bundesgärten, Wien.

Temperatur und Schattierung: Heizung 18 °C, Lüftung 20 °C, ab KW 12 Heizung 16 °C/18 °C Tag/ Nacht, Lüftung 18 °C/20 °C Tag/Nacht; Schattierung 40/50 klx.

Bewässerung und Düngung: Ebbe-Flut-Verfahren mit 0,8 ‰ Mehrnährstoffdünger (Hakaphos® Blau 15-10-15(+2)) und 0,1 ‰ Eisenchelatdünger (Basafer® Plus 6 % Fe).

Versuchsanlage: vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen, pro Parzelle 7 x 5 Pflanzen, Auswertung ohne Randreihe (n = 15). Zunächst Aufstellung im Vierecksverband mit 60 Pflanzen/m^2, nach dem Rücken auf Endabstand in KW 13 Dreiecksverband mit 32 Pflanzen/m^2.

Tabelle 1: **Versuchsglieder – Aufwandmengen und Anwendungstermine (Kalenderwoche)**

Versuchsglieder	KW 10	KW 11	KW 12	KW 13	KW 14	KW 15	KW 16	KW 17	KW 18
Biohelp									
VitiSan®*		3 kg/ha	3 kg/ha	3 kg/ha	3 kg/ha	3 kg/ha	3 kg/ha	3 kg/ha	3 kg/ha
Wetcit®		1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
biohelp				18 l/ha	13 l/ha		18 l/ha		
Neudosan®*									
Agrosolution									
NovaFerm® Sirius		6 %	6 %	6 %	6 %	6 %	6 %		
NovaFerm® Orius		4 %	4 %	4 %	4,7 %	4,7 %	4,7 %	4,7 %	4,7 %
Cocana®		0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Multikraft®					**		**		
BB Start (Gießen)	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %
Multiblatt Blumen		5 %	5 %	5 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %
MK 5					4 %/1 %	1 %	1 %	1 %	1 %
Kontrolle (Wasser)	pur	pur	pur	pur	pur	pur	pur	pur	pur

* Applikation an unterschiedlichen Tagen
** In diesen Wochen zwei Applikationen der Spritzbehandlungen, jeweils zeitgleich mit VitiSan® oder biohelp Neudosan®

Behandlungsvarianten: Angepasst an Pflanzenentwicklung und Parzellengröße wurde die Aufwandmenge bei der Blattbehandlung von 932 l/ha bis auf 1.054 l/ha zu Versuchsende gesteigert.
Für die zusätzliche Gießbehandlung bei der Variante Multikraft wurden die Pflanzen zunächst vorübergehend auf eine andere Fläche gestellt (Aufwandmenge 11 l/m^2), ab dem Rücken wurde jede Pflanze einzeln mit 60 ml gegossen.

Ergebnisse und Diskussion

Die ersten Symptome eines Befalls mit Echtem Mehltau wurden bereits am 15.3.2021 beobachtet und die erste Bonitur am 19.3.2021 durchgeführt. Der stärkste Befall mit Symptomen von Echtem Mehltau auf 15 Blättern betraf eine Pflanze in der Kontrollparzelle in Wiederholung 3. In Wiederholung 2 zeigten in der Variante Agrosolution zwei Pflanzen Symptome auf 1-2 Blättern, in der Biohelp-Variante eine Pflanze. Eine fünfte Versuchspflanze mit Mehltaupusteln auf einem Blatt befand sich in der Multikraft-Parzelle in Wiederholung 4. Der Befall mit Echtem Mehltau dürfte demnach unabhängig von der Variante von mehreren Wiederholungen nahezu zeitgleich ausgegangen sein. Ende März waren bereits Unterschiede zwischen den Varianten erkennbar. Der Befall mit Echtem Mehltau (0-6) war in der Variante Biohelp am geringsten (0,3), in der Kontrolle am höchsten (1,9). Bis zur Bonitur am 5.5.2021 (% befallen Blattfläche) wurden die Unterschiede in der Wirkung der Behandlungsvarianten noch deutlicher (Abb. 1). Der Befall in der Kontrolle war mit 67 % am höchsten, gefolgt von der Variante Agrosolution (36 %). Am geringsten war der Befall in der Variante Biohelp (2 %), etwas höher in der Variante Multikraft (12 %). Alle Unterschiede waren statistisch signifikant. Die Wirksamkeit von VitiSan® war zwar im Vergleich mit den anderen Varianten sehr gut, dennoch waren nur 11 von 60 Pflanzen der Biohelp-Variante komplett befallsfrei und der maximale Befall lag bei 10 %. Bei Laboruntersuchungen zur Samtfleckenkrankheit der Tomate zeigte VitiSan® keine zufriedenstellende Wirkung auf Sporendichte/cm^2 und Sporenkeimung (%), nur die Myzelfläche (cm^2) war geringer als bei acht der dreizehn getesteten Varianten und der Kontrolle [WAGNER und STEINKELLNER, 2016]. Bei Dahlien zeigten die Laubblätter von mit Effektiven Mikroorganismen behandelten Pflanzen einen geringeren Befall mit Echtem Mehltau (10,6 %) als die mit Wasser behandelten Kontrollpflanzen (20 %) [GEIGER, 2019], ähnlich wie bei den Minirosen in diesem Versuch mit einem insgesamt höheren Befallsniveau.

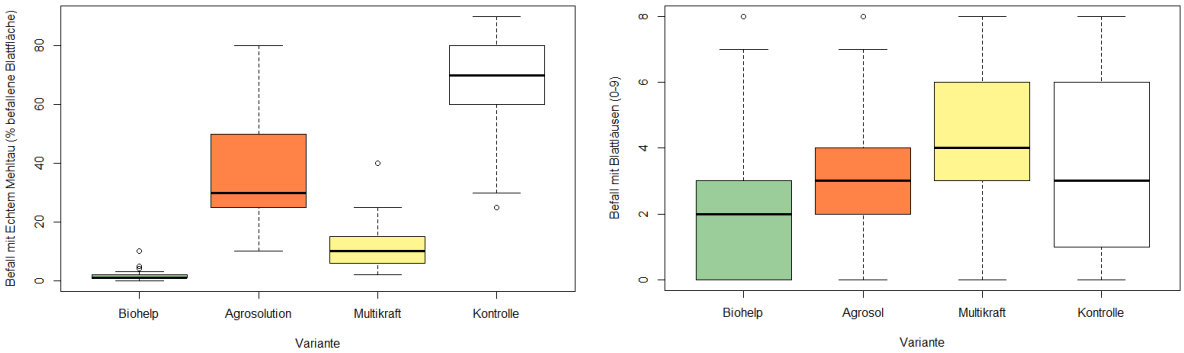


Abbildung 1: **Befall mit Echtem Mehltau (% befallene Blattfläche) am 5.5.2021 (links) und mit Blattläusen (0-9) am 8.5.2021 (rechts) dreier Behandlungsvarianten bei Minirosen im Vergleich zur Kontrolle**

Ein Befall mit Blattläusen zeigte sich erstmals am 31.3.2021 in der Biohelp-Parzelle in Wiederholung 1. Es waren bereits auf acht Pflanzen zumindest einzelne Tiere zu erkennen. Noch am selben Abend wurde eine Behandlung mit biohelp Neudosan® durchgeführt. Die betroffene Parzelle zählte zwar auch bei der Bonitur am 8.5.2021 (0-9) zu den am stärksten befallenen Parzellen, insgesamt war der Blattlausbefall in der Variante Biohelp mit 2,3 am geringsten (Abb. 1), in der Variante Multikraft mit 4,2 am stärksten und in der Variante Agrosolution mit 3,0 etwas geringer als in der Kontrolle mit 3,3. Im Gegensatz zum Befall mit Echtem Mehltau gab es auch signifikante Unterschiede zwischen den Wiederholungen. Am stärksten war der Blattlausbefall mit 5,1 in Wiederholung 1, von welcher auch der Befall ausgegangen war, gefolgt von Wiederholung 2 mit 3,4. Die Unterschiede zwischen Wiederholung 3 (1,9) und 4 (2,4) waren nicht signifikant.

Die von Multikraft beschriebene Förderung eines kompakteren Wuchses konnte durch die Anwendung der Effektiven Mikroorgansimen bei den Minirosen nicht beobachtet werden, auch nicht von GEIGER [2019] und KORTING [2019] –. Die höchste Wuchshöhe erreichten Pflanzen der Variante Biohelp (30 cm), die Unterschiede zwischen Agrosolution (25 cm), Multikraft (26 cm) und der Kontrolle (23 cm) waren statistisch nicht signifikant. Beim Wurzelbild (1-5) erzielte Multikraft die besten Werte (3,5) im Vergleich zu 2,7 bei den drei anderen Varianten. Für die Bewertung des optischen Gesamteindruckes (1-9) spielten sowohl der Wuchs und die Blütenentwicklung als auch die Pflanzengesundheit eine Rolle.

Den besten optischen Gesamteindruck erzielten Pflanzen der Variante Biohelp (5,8), gefolgt von Multikraft (3,8) und Agrosolution (2,7), den schlechtesten jene der Kontrollparzellen (2,1).
Aufgrund der Ergebnisse von 2021 wurde noch ein Nachfolgeprojekt im laufenden Jahr 2022 gestartet. Zusätzlich wird 2022 Elektrolysewasser von ProAqua getestet.

Zusammenfassung

Die meisten Rosensorten sind für mehrere Pilzkrankheiten wie Echter oder Falscher Mehltau sehr anfällig. Besonderes Augenmerk wird daher bei dieser Kultur auf die Vorbeugung von Pilzkrankheiten gelegt. In diesem Versuch wurden verschiedene alternative Verfahren zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln bei der Kultur von Minirosen in vierfacher Wiederholung im Vergleich zu einer nur mit Wasser behandelten Kontrolle untersucht: Effektive Mikroorganismen, Bakteriensporen und für den biologischen Landbau zugelassene Pflanzenschutzmittel.
Am stärksten konnten die in der Variante Biohelp eingesetzten biologischen Pflanzenschutzmittel den Befall mit Echtem Mehltau und Blattläusen unterdrücken und die Pflanzen machten bei der Endbonitur den besten optischen Gesamteindruck.
Die Effektiven Mikroorganismen von Multikraft konnten den Mehltaubefall im Vergleich zur Kontrolle stark reduzieren, zeigten jedoch den stärksten Befall mit Blattläusen.
Die Bakteriensporen in den NovaFerm®-Produkten von Agrosolution zeigten ebenfalls eine reduzierende Wirkung auf den Befall mit Echtem Mehltau, aber nur einen geringen Unterschied zur Kontrollvariante beim Blattlausbefall.

Abstract

The majority of rose varieties is very susceptible to various fungal diseases such as powdery mildew and downy mildew. Thus, particular attention is paid to the prevention of fungal diseases in this culture. In this project several alternative methods to chemical-synthetic plant protection products were investigated in the cultivation of mini roses in four repetitions in comparison to a control treated with pure water: Effective Microorganisms, bacterial spores and plant protection products approved for organic farming.
The biological pesticides used in the Biohelp variant were able to suppress the infestation with powdery mildew and aphids to the greatest extent, and the overall visual impression in the final evaluation was the best.
The Effective Microorganisms from Multikraft were able to greatly reduce the mildew infestation compared to the control but showed the strongest infestation with aphids.
The bacterial spores in the NovaFerm® products from Agrosolution also showed a reducing effect on powdery mildew infestation, but only little difference to the aphid infestation in the control.

Schlagwörter

Pflanzenschutz, Minirosen, Echter Mehltau, Blattläuse, Effektive Mikroorganismen

Literatur

GEIGER E-M, 2019: Dahlia: Kann durch Boden- und Pflanzenhilfsstoffe mit Effektiven Mikroorganismen einem Befall mit Echtem Mehltau vorgebeugt werden? LWG Veitshöchheim, Veitshöchheim, Deutschland. https://www.hortigate.de/publikation/79034/Dahlia%3A-Kann-durch-Boden-und-Pflanzenhilfsstoffe-mit-Effektiven-Mikroorganismen-einem-Befall-mit-Echtem-Mehltau-vorgebeugt-werden-/ Zugriffsdatum: 23.5.2022
KORTING F, 2019: Topfrose 'Lily Rose' reagiert gut auf Regalis Plus. DLR Rheinpfalz. Neustadt a. d. Weinstraße, Deutschland https://www.hortigate.de/publikation/79487/Topfrose-Liy-Rose-reagiert-gut-auf-Reaglis-Plus/ Zugriffsdatum: 22.5.2022
WAGNER K, und STEINKELLNER S, 2016. Die Samtfleckenkrankheit der Tomate: Laboruntersuchungen zur Wirkung von Pflanzenstärkungsmittel. In: Tagungsbericht 2016 der 71. ALVA-Tagung „Eiweißpflanzen – Strategien und Chancen für Landwirtschaft und Industrie", 30.-31. Mai 2016, Bildungshaus Schloss Krastowitz, Klagenfurt, 108-110.

Adressen der Autoren

[1] HBLFA für Gartenbau und Österreichische Bundesgärten, Abteilung Pflanzenschutz, Grünbergstraße 24, A-1130 Wien

[2] GLOBAL 2000 Umweltforschungsinstitut, Neustiftgasse 36, A-1070 Wien

[*] Ansprechpartnerin: DI Dr. Lydia MATIASCH, lydia.matiasch@gartenbau.at

Viren in Stadtbäumen - Untersuchungen zur Nährstoffverteilung in Blättern virusinfizierter Blumeneschen

Plant viruses in urban trees- studies on distribution of nutrients in leaves of flowering ash (Fraxinus ornus)

Kira Köpke[1*], Susanne von Bargen[1], Martina Bandte[1], Stefano Cesco[2], Tanja Mimmo[2,3], Carlo Porfido[4], Ignazio Allegretta[4], Roberto Terzano[4], Malgorzata Rybak[5] und Carmen Büttner[1]

Zusammenfassung

Im Gegensatz zu der heimischen Gemeinen Eschen (Fraxinus excelsior) gilt die Blumenesche (F. ornus) als resistent bzw. tolerant gegenüber dem Eschentriebsterben welches durch den Pilz Falsches Weißes Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöst wird. Die aus Südeuropa stammende Blumenesche gehört zu den sogenannten „Klimawandelbäumen“. Bei diesen handelt es sich um nicht-heimische Gehölze die als angepasst gelten bezüglich der zu erwartenden Klimaänderungen in Deutschland, wie Sommertrockenheit und Hitze, aber auch ausreichende winterhart sind.
Die ausgewählten und bereits in vielen deutschen Städten aufgepflanzten Klimawandelbaumarten müssen in der Abfolge bezüglich ihrer Krankheitsanfälligkeit am „neuen“ Standort überprüft und bewertet werden. Dazu führen wir Studien im Rahmen verschiedener Projekte durch, mit einem besonderen Fokus auf Virosen.
Eine dreijährige Erhebung (2018-2020) zum Auftreten von virusverdächtigen Symptomen an Stadtbäumen in der Metropolregion Hamburg ergab, dass 12-20% der Blumeneschen (F. ornus) Eschenfadenblättrigkeitsvirus-assoziierte Symptome zeigten. Mit dem Eschenfadenblättrigkeitsvirus (ash shoestring-associated virus, ASaV) infizierte Eschen weisen Farbveränderungen wie Chlorosen, chlorotische Linienmuster und Blattscheckungen auf und teilweise schwere (starke) Blattdeformationen bis hin zur Fadenblättrigkeit.
Die Virussymptome lassen Störungen der physiologischen Prozesse der Bäume vermuten, weshalb ASaV-infizierte Blumeneschen in der vorgestellten Studie als Wirt-Pathogen-Modellsystem gewählt wurde, um die Gesamt-Nährstoffzusammensetzung (Ionomics) und Nährstoffverteilung in Blättern mittels Röntgenfluoreszenzspektrokopie basierender Methoden zu untersuchen. Die Kenntnis der durch einen Krankheitserreger direkt oder indirekt ausgelösten Störungen des Nährstoffhaushaltes der Pflanze könnten zum einen zum indirekten Erregernachweis mittels mobilen Messgeräten genutzt werden, zum anderen könnten sie die Grundlage darstellen, eine geeignete Pflanzenernährungsstrategie zur Steigerung der Vitalität der Bäume zu entwickeln, um den negativen Einflüssen der Virusinfektion an Stadtstandorten entgegenzuwirken.
Die Abweichungen der Nährstoffverteilung in den Blättern von ASaV-infizierten Blumeneschen im Vergleich zur Kontrolle werden vorgestellt und diskutiert

Abstract

In contrast to the native common ash (Fraxinus excelsior), the flowering ash (F. ornus) is considered resistant or tolerant to ash dieback caused by the fungal pathogen Hymenoscyphus fraxineus. The flowering ash, originated in Southern Europe, belongs to the so-called "climate tree species". These are non-native robust trees which are considered to be more tolerant to hot and dry conditions expected due to climate changes in Germany.
The suitability of climate change trees, which have already been planted in many German cities, must be evaluated in regard to their susceptibility to diseases in the urban environment. For this purpose, we are conducting studies within the framework of various research projects with a particular focus on virus diseases.
A three-year survey (2018-2020) on the occurrence of virus-suspected symptoms on urban trees in the Hamburg metropolitan region revealed that 12-20% of flowering ash trees (F. ornus) showed ash shoestring-associated virus (ASaV)-related symptoms. ASaV-infected ash trees show chloroses as chlorotic line pattern, in some cases additional leaf deformations up to shoestrings were found.

The virus symptoms suggest disturbances in the physiological processes of the trees. Therefore, ASaV-infected flowering ash trees were chosen as a model host-pathogen system in this study to investigate the overall nutrient composition (ionomics) and their respective distribution of leaves by different X-ray fluorescence spectroscopy-based methods. The knowledge of the disturbances of the plant's nutrient balance caused directly or indirectly by a pathogen could be used for indirect pathogen detection by mobile measuring devices; further, it could also provide the basis for developing an appropriate plant nutrition strategy to increase tree vitality to counteract the negative influences of virus infection in urban green.
The discrepancy of the nutrient distribution in the leaves of ASaV-infected flowering ash trees compared to the control are presented and discussed.

Adresse der Autoren

[1]Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Phytomedizin, Lentzeallee 55/57, D-14195 Berlin

[2]Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen-Bolzano, Piazza Università 5, ITA-39100, Bolzano

[3]Competence Centre for Plant Health, Free University of Bozen-Bolzano, ITA-39100, Bolzano

[4]Department of Soil, Plant and Food Sciences, University of Bari “Aldo Moro”, ITA-70126, Bari

[5]Pflanzenschutzdienst Hamburg, Behörde für Wirtschaft und Innovation, Brennerhof 123, D-22113 Hamburg

[*] Ansprechpartner: M.Sc. Kira KÖPKE, Kira.Koepke.1@hu-berlin.de

Einfluss ansteigender Temperaturen unter Nutzung trockener Hitze auf die Aktivität der zugesetzten Phytase sowie die Löslichkeit des Rohproteins im Zuge der Futtermittelbehandlung

The effect of increasing temperature on the phytase stability and protein solubility during feed processing

Reinhard Puntigam[1], Julia Slama[2] und Wolfgang Wetscherek[3]

Einleitung

Der Zusatz von Phytase in Rationen von Monogastriden stellt eine wissenschaftlich nachgewiesene Strategie dar, um sowohl die Verdaulichkeit von pflanzlichen Phosphor wie auch Kalzium zu steigern (ROSENFELDER-KUON *et al*., 2020). Darüber hinaus konnte in Studien ebenfalls der positive Effekt der Phytase-Supplementierung auf die Verdaulichkeit der Aminosäuren nachgewiesen werden (KIES *et al*., 2001). Damit ist es möglich der gesetzlich geforderten Stickstoff- und Phosphorreduktion in den Fütterungskonzepten von Schweinen und Geflügel nachzukommen und einen nachhaltigen Beitrag zur Emissionsreduktion zu leisten (SAJEEV et al., 2018; PREIßINGER et al., 2021). Jedoch kann die Futtermittelbehandlung in einem Aktivitätsverlust der zugesetzten Phytase sowie einer Schädigung der Aminosäuren resultieren (BOROOJENI *et al*., 2016; JONGBLOED AND KEMME, 1990; SLOMINSKI *et al*., 2007). Speziell der Eintrag gesteigerter Temperaturen z.B. im Zuge der Vorkonditionierung bei der Erstellung von Pellets, Expandaten und Extrudaten könnte in einer gesteigerten Schädigung resultieren. Darüber hinaus ist ebenfalls bekannt, dass mit zunehmendem Eintrag an Temperatur der Grad der Proteinlöslichkeit sinkt und damit die tierische Leistung negativ beeinflusst wird (ARABA and DALE, 1990). Die analytische Bestimmung der Aktivität der Phytase ist im Vergleich zur Ermittlung der Proteinlöslichkeit relativ komplex und kostenintensiv. Daher bestand das Ziel der dargestellten Forschungsarbeit darin, die Auswirkungen der trockenen Futtermittelbehandlung eines Mischfuttermittels auf die Parameter der Proteinlöslichkeit sowie Phytaseaktivität zu untersuchen und gegebenenfalls eine Ableitung der Aktivität der zugesetzten Phytase auf Basis der Proteinlöslichkeit zu entwickeln.

Material und Methoden

Herstellung einer Basismischung und Versuchsmischungen

Die Basismischung orientierte sich an einer Mastgeflügelration und setzte sich aus der in Tabelle 1 dargestellten Futtermitteln zusammen. Hierbei wurde auf den Einsatz eines Premixes verzichtet, um keine zusätzliche Phytasequelle in die Basismischung einzutragen.

Tabelle 1: **Zusammensetzung der Basismischung**

Körnermais	70 %
Sojaextraktionsschrot 44	26 %
Rapsöl	4 %
Summe	100 %

Supplementierung und native Gehalte an Phytase

Der Basalmischung wurden 2000 Units (U)/kg Phytase der Firma Biochem „on top“ (Axtra® PHY 10000 G; 6-Phytase; EC 3.1.2.26 – 4a 24; Hersteller & Inverkehrbringer Danisco Animal Nutrition) zugemischt. Die Supplementierung entspricht der Einsatzempfehlung von 2000 Units (U)/kg und deckt sich mit den Herstellerempfehlungen (250 – 2000 U/kg Alleinfutter entspricht 0.025 – 0.2 kg/t Alleinfutter).

Laut einer Studie von RODEHUTSCORD *et al.* (2016), bei der 27 Maisgenotypen untersucht wurden kann eine durchschnittliche intrinsische Phytaseaktivität von 143 U pro kg Trockenmasse angenommen werden (Minimum: 100; Maximum: 190 U/kg TM). Dies entspricht in der dargestellten Ration einer natürlichen Phytaseaktivität von ca. 90-100 U/kg welche durch den Anteil von Körnermais (70%) in die Mischung kalkulatorisch eingetragen wurde. Demgegenüber kann der Eintrag von Sojaextraktionsschrot nahezu als vernachlässigbar erachtet werden.

Dieser beträgt laut Literatur 20 U/kg TM (SAUVANT *et al*., 2004) und nimmt mit einem Rationsanteil von 26% ca. 5 U/kg ein. Somit ergibt sich ein maximaler natürlicher Eintrag an Phytaseaktivität von ca. 100 U/kg über die beiden Einzelfuttermittel Körnermais und Sojaextraktionsschrot sowie kalkuliert 2000 mg über die Zudosierung der Phytase. In Folge wurde die Basismischung in 3 Teile geteilt, um eine Wiederholbarkeit sicherzustellen (folglich Versuchsmischung A, B und C genannt) und eine Basisprobe für die Analytik gezogen (= A, B und C „lose“).

Thermische Behandlung der Versuchsmischungen

1. Schritt: Die Versuchsmischungen wurden einer Pelletierung unterzogen (Kahl – Laborpresse, Reinbeck, Deutschland, Beschickung per Hand, keine Vorkonditionierung). Im Zuge der Pelletierung wirkten folgende Parameter: 1347 RPM, 4,73 A, 2,06 KW, 46,5 Hz, 74,8% Auslastung bei 68°C. Die Temperatur wurde mittels Fühler an der Matrize gemessen und die Verweildauer des Produktes kann mit ca. 10 Senkungen angeben werden. Anschließend wurden die Pellets auf luftdurchlässigen Bändern am Boden auf Raumtemperatur gekühlt und eine Probe jeder pelletierten Versuchsmischung gezogen (= A, B und C „pelletiert“).
2. Schritt: Um eine gesteigerte Temperatureinwirkung zu simulieren, wurden die Proben zusätzlich bei 100 und 130°C für 10 Minuten in einem Labortrockenschrank unter Einwirkung trockener Hitze behandelt (Heratherm oven; OGS 180, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA USA). Hierzu wurden jeweils 200 g der pelletierten Versuchsmischung in Assietten eingewogen und bei angeführter Temperatur und Zeit behandelt. Nach diesem Trocknungsschritt wurden die Versuchsfuttermischungen kühl gelagert (A, B und C 100 oder 130°C).

Chemische Analysen

Alle Versuchsproben wurden schonend mittels Labormühle und 1,0 mm Sieb vermahlen. Die Trockenmasse (TM), der Gehalt an Rohprotein (XP) sowie die Aktivität der Phytase wurden nach den gängigen Methoden der VDLUFA analytisch ermittelt. Die Ermittlung der Proteinlöslichkeit in Kalilauge (KOH) wurde nach dem Verfahren von ARABA and DALE (1990) durchgeführt.

Ergebnisse

In Tabelle 2 wird der Verlauf der Trockenmasse der unbehandelten und thermisch behandelten Versuchsmischungen dargestellt. Diese stieg mit zunehmendem Temperatureintrag (unbehandelt < pelletiert < 100°C < 130°C) unabhängig der Probe (A, B, C) und wies ein durchschnittliches r^2 von ca. 93% aus. Der Gehalt an XP g/TM betrug im Mittel über alle Versuchsmischungen 197,85 g und wies eine geringe Standardabweichung zwischen den Proben aus (± 3,37 g). Wie ersichtlich, wiesen die unbehandelten Versuchsfuttermischungen eine nahezu idente Proteinlöslichkeit in KOH aus (Mittelwert: 69,00 ± 0.40%). Mit der Pelletierung wie auch der darauffolgenden Trocknung bei 100°C war ein Anstieg der Proteinlöslichkeit, um ca. 10% zu verzeichnen. Diese war ebenfalls bei allen Proben nahezu ident.

Tabelle 2**: Gehalt an Trockenmasse, Rohprotein sowie Proteinlöslichkeit in KOH der erstellten Versuchsmischungen A, B und C**

Bezeichnung	TM, %	XP-Gehalt, g/FM	XP-Gehalt, g/TM	XP-Lösl., %
A lose	87,9	174,99	199,03	69,0
A pelletiert	88,8	175,88	198,12	76,5
A 100	94,5	189,00	200,06	78,2
A 130	96,5	195,55	202,60	74,5
B lose	88,1	168,73	191,51	68,6
B pelletiert	89,0	173,93	195,48	76,1
B100	93,8	183,45	195,48	77,5
B 130	96,8	193,20	199,66	75,4
C lose	88,0	172,20	195,59	69,4
C pelletiert	89,0	174,69	196,30	76,4
C 100	93,6	190,61	203,58	78,7
C 130	96,9	190,60	196,76	74,1

TM = 100%; KOH = Kalilauge; XP = Rohprotein; lose = unbehandelt; 100 = 100°C; 130 = 130°C.

Die Trocknung bei 130°C der pelletierten Versuchsmischungen reduzierte demgegenüber die Proteinlöslichkeit (A: -3,7%; B: -2,1%; C: -4,6%). Der Anstieg der Proteinlöslichkeit unter moderatem Eintrag

an trockener Hitze konnte bereits in früheren Studien von PUNTIGAM et al. (2019) nachgewiesen werden. Dieser Umstand beruht vorrangig auf den Eigenschaften von Mais, bei Sojafuttermittel und weiteren Getreidearten konnte dieser Effekt des Anstieges nicht beobachtet werden. ABDOLLAHI et al. (2011) konnten unter moderatem Energieeintrag im Zuge der Futtermittelbehandlung ebenfalls gesteigerte Nährstoff-Verdaulichkeiten und tierische Leistungen nachweisen und führt diese ebenfalls auf einen Anstieg in der Löslichkeit des Rohproteins zurück.
In der Tabelle 3 wird einerseits die Phytaseaktivität der unbehandelten Versuchsmischungen A, B und C ausgewiesen. Es konnten nur sehr geringe Unterschiede zwischen den losen Versuchsmischungen festgestellt werden, was auf eine hohe Mischgenauigkeit hinweist. Des Weiteren werden die Auswirkungen der Temperierung (100 oder 130°C) der pelletierten Versuchsmischungen auf die Phytaseaktivität (U/kg) veranschaulicht. Korrigiert auf die Trockenmasse (100%) kann nur ein sehr geringer Einfluss der Temperierung auf die Aktivität der zugesetzten Phytase nachgewiesen werden. Diese Reduktionen liegen innerhalb des Analysenspielraumes. Auch weitere Studien verweisen auf einen geringen Einfluss von moderatem trockenem Hitzeeintrag auf die Aktivität von zugesetzter Phytase. BOKYUNG und BEOB (2021) zeigten, dass die Supplementierung von Phytase unabhängig von einer Pelletierung (mit 50°C) die P-Verdaulichkeit bei Ferkeln steigert. Eine Reduktion der Phytaseaktivität wird von SLOMINSKI *et al.* (2007) in erster Linie auf die explizite Hitzestabilität des eingesetzten Phytaseproduktes zurückgeführt und weniger auf die Futtermittelbehandlung selbst.

Tabelle 3: **Wirkungen der Temperierung der Versuchsmischungen auf die Phytaseaktivität (U/kg)**

Probe	Ergebnis, U/kg FM	TM, %	Ergebnis, U/kg TM	
A lose	2450	87,92	2787	
B lose	2380	88,11	2701	2685 ± 111
C lose	2260	88,04	2567	
A 100	2600	94,47	2752	
B 100	2520	93,85	2685	2699 ± 48
C 100	2490	93,63	2659	
A 130	2410	96,52	2497	
B 130	2530	96,76	2615	2544 ± 63
C 130	2440	96,87	2519	

lose = unbehandelt; 100 = 100°C; 130 = 130°C.

Zusammenfassung und Ausblick

- Unter moderater Einwirkung an Temperatur (pelletiert, 100°C) kann ein Anstieg der Proteinlöslichkeit nachgewiesen werden, wohingegen diese unter verstärkter Einwirkung von 130°C abnimmt.
- Die Temperierung von 100°C zeigte einen Effekt auf die Proteinlöslichkeit, wobei kein Einfluss auf die Phytaseaktivität nachgewiesen werden konnte.
- Die Temperierung von 130°C zeigte einen deutlichen Effekt auf die Proteinlöslichkeit, wobei ebenfalls kein Einfluss auf die Phytaseaktivität nachgewiesen werden konnte.
- Der geringe Aktivitätsverlust der Phytase könnte auf eine zu geringe Temperierung (Pelletierung plus 100°C für 10 min.) sowie eine hohe Hitzestabilität des Produktes zurückzuführen sein.

Es konnte nachgewiesen werden, dass sowohl die Temperierung bei 100 wie auch 130°C (Trockene Hitze) keinen negativen Einfluss auf die Aktivität der Phytase übt. Daher wäre es sehr sinnvoll die Auswirkungen feuchter Hitze unter Dampfeinwirkung in einem Folgeversuch zu testen. Damit wäre es möglich eine hydrothermische Futtermittelbehandlung zu simulieren und deren Einfluss auf die Proteinlöslichkeit sowie Phytaseaktivität zu evaluieren.

Abstract

The aim of the study was to evaluate the effects of thermal feed processing using dry heat on protein solubility in potassium hydroxide (KOH) as well as phytase activity in a corn-soybean-based diet. Results showed that treatment using moderate temperature (pelleted and dried at 100°C, 10 min.) increased the protein solubility, whereas protein solubility decreases using high temperature after pelleting (130°C, 10 min.). Although temperature of 100°C or 130°C effected protein solubility, no effect on the phytase activity was observed. It seems that the impact of dry heat is too small to affect phytase activity,

furthermore new-generation phytase products seems to be very stable regarding heat treatment using dry heat. Therefore, further research is needed to evaluate the effect of hydrothermal treatment on protein solubility and activity of phytase.

Literatur

ABDOLLAHI, M. R., RAVINDRAN, V., WESTER, T. J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D. V. (2011). Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. Animal Feed Science and Technology, 168(1-2), 88-99.

ARABA, M., and DALE, N. M. (1990). Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. Poultry Science, 69(1), 76-83.

BOROOJENI, F. G., SVIHUS, B., VON REICHENBACH, H. G., ZENTEK, J. (2016). The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry—A review. Animal Feed Science and Technology, 220, 187-215.

BOKYUNG H. and BEOB G. K. (2021). Supplemental phytase increases phosphorus digestibility in pigs regardless of phytase source or feed pelleting, Animal Feed Science and Technology, Volume 276, 114901.

JONGBLOED, A. W. and KEMME, P. A. (1990). Effect of pelleting mixed feeds on phytase activity and the apparent absorbability of phosphorus and calcium in pigs. Animal Feed Science and Technology, 28(3-4), 233-242.

KIES, A. K., VAN HEMERT, K. H. F., SAUER, W. C. (2001). Effect of phytase on protein and amino acid digestibility and energy utilisation. World's Poultry Science Journal, 57(2), 109-126.

PREIßINGER, W. und SCHERB, S. (2021). Versuchsbericht Phosphorreduzierte Fütterung bei Mastschweinen. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/191666_versuchsbericht_4.pdf. besucht am 20.05.2022.

PUNTIGAM, R., SLAMA, J., BRUGGER, D., WINKLER, V., GIERUS, M. (2019). Einfluss der Trocknung von erntefeuchtem Körnermais und Weizen bei unterschiedlicher Temperatur und Trocknungsdauer auf die KOH-Löslichkeit des Rohproteins. 57. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., Grub, Germany, 10.10.2019.

RODEHUTSCORD, M., RÜCKERT, C., MAURER, H. P., SCHENKEL, H., SCHIPPRACK, W., BACH KNUDSEN, K. E., MOSENTHIN, R. (2016). Variation in chemical composition and physical characteristics of cereal grains from different genotypes. Archives of Animal Nutrition, 70(2), 87-107.

ROSENFELDER-KUON, P., SIEGERT, W., RODEHUTSCORD, M. (2020). Effect of microbial phytase supplementation on P digestibility in pigs: a meta-analysis. Archives of animal nutrition, 74(1), 1-18.

SAJEEV, E. P. M., AMON, B., AMMON, C., ZOLLITSCH, W., WINIWARTER, W. (2018). Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. Nutrient cycling in agroecosystems, 110(1), 161-175.

SAUVANT, D., PEREZ, J.-M., TRAN, G. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish. Wageningen Academic Pub, 304.

SLOMINSKI, B. A., DAVIE, T., NYACHOTI, M. C., JONES, O. (2007). Heat stability of endogenous and microbial phytase during feed pelleting. Livestock Science, 109(1-3), 244-246.

Adressen der Autoren

[1]Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing/Grub

[2]Institut für Unternehmensführung, Forschung und Innovation sowie nationale Hochschulko-operationen, Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik, Angermayergasse 1, 1130 Wien

[3]Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel, und Ernährungsphysiologie, Department für Agrarbiotechnologie Tulln, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 11, 1190 Wien

Studie zur Wirkung von unterschiedlichen Protein- und Energiegehalten im Futter von Mastschweinen in Bezug auf deren Mast- und Schlachtleistung

Experimental study on the effect of different protein and energy levels, on zootechnical performance and slaughter parameters of fattening pigs

Margret Ertl und Karl Schedle*

Introduction

The goal of the present study was to investigate the effect of a crude protein reduction on two different energy levels, under consideration of the ideal-protein, on zootechnical and slaughter performance, as well as carcass characteristic parameters of fattening pigs. Protein reduced diets, which are supplemented with crystalline, essential amino acids, can be applied to reduce nitrogen excretion in pig production without influence on performance (Kerr et al. 1995). To take full advantage of low protein diets and to avoid carcass obesity in protein-reduced diets, attention should be taken to the energy content of the feed (Noblet 1998). The aim of the study was to investigate the effect of different protein and energy levels, on zootechnical performance and slaughter parameters of fattening pigs.

Material und Methods

The study includes a total of 60 female Austrian crossbred (OEHYB) pigs, with 53.04 (± 0.49 kg SEM) at the onset of the study. Pigs were divided equally among 5 dietary treatments, housed in 12 pens (i.e. 5 animals per pen, two or three pens per treatment) considering litter and initial body weight (Table 1). Each pen was equipped with an automatic dry feeding system and a nipple drinker. Animals were fed and watered ad libitum for the whole fattening period. Table 1 illustrates the study design.

Table 1: **Study design**

Traits	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Pens	2	2	2	3	3
Animals	10	10	10	15	15
CP	150 g Grower 133 g Finisher	-0.9 % points	-0.9 % points	-1.8 % points	-1.8 % points
energy level	9.8 MJ NE	9.8 MJ NE	9.8 MJ NE	-0.2 MJ/kg from grower	-0.2 MJ/kg from finisher

Grower and finisher diets were based on corn, barley, wheat, soybean meal without hulls, wheat bran and a vitamin and mineral premix. All essential amino acids were formulated according to the ideal protein. If necessary, diets were supplemented with the amino acids' lysine, methionine, threonine, tryptophan, valine, isoleucine, histidine and leucine.

Food intake was measured with a transponder ear tag. The animals were slaughtered in the slaughterhouse of the Austrian pig tasting facility.

The statistical evaluations were carried out with the statistical program SAS Enterprise Guide 7.1 (mixed procedure). The data were evaluated according to the F-test. A value of 5% ($p<0.05$) was set as the significance level. A multiple comparison of means was performed using Tukey's test to statistically record significant differences between treatments.

Table 2 **shows the analysed nutrient contents of the grower and finisher diets**

	Traits Grower					Traits Finisher				
Diets (g/kg fresh matter)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
MJ ME [1)]	13.57	13.62	13.43	13.39	13.55	13.37	13.44	13.42	13.53	13.49
MJ NE [2)]	10.29	10.36	10.24	10.20	10.36	10.20	10.30	10.34	10.41	10.38
Dry matter	884.8	886.9	886	887.5	886.5	887.1	885.1	887	892.7	892.3
Crude protein	146	140	131	129	131	134	124	111	114	114
Starch	504.3	516.9	525.1	505.4	526.2	522.4	533.3	545.9	544.8	544.8
Sugar	27.6	27.2	24.4	24.2	24.6	25.7	23.5	20.7	21.6	21
Lysine	9.2	9.1	9.0	9.1	9.1	8.8	8.6	7.9	8.3	8.3
SID Lysine	8.3	8.3	8.3	8.5	8.4	7.6	7.7	7.2	7.7	7.7
Methionine + Cysteine	5.6	5.5	5.6	5.5	5.6	5.1	4.9	4.7	5.0	5.0
Threonine	6.5	6.4	6.3	6.3	6.3	6.4	5.7	5.4	5.7	5.8
Tryptophan	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.6	1.7
Valine	6.9	6.7	6.6	6.7	6.6	6.2	6.0	5.8	6.0	6.1
Isoleucine	5.5	5.2	5.1	5.2	5.1	4.8	4.7	4.4	4.5	4.6
Leucine	11.0	10.5	9.7	9.7	9.9	9.9	9.1	8.5	8.8	8.7
Phenylalanine	6.9	6.3	5.7	5.6	5.7	5.9	5.4	4.7	4.7	4.7
Histidine	3.4	3.2	3.0	3.0	3.1	3.1	2.8	2.6	2.7	2.7
Phenylalanine + Tyrosine	11.4	10.5	9.4	9.2	9.5	9.9	9.0	7.8	7.8	7.7
Lysine:MJ ME	0.69	0.67	0.67	0.69	0.67	0.66	0.65	0.59	0.63	0.63
SID Lysine:MJ ME	0.61	0.61	0.61	0.63	0.61	0.57	0.57	0.54	0.57	0.57
Lysine:MJ NE	0.91	0.89	0.88	0.91	0.88	0.88	0.84	0.78	0.82	0.82
SID Lysine:MJ NE[2)]	0.81	0.80	0.81	0.83	0.81	0.77	0.77	0.71	0.75	0.75

1) metabolize energy for pigs determined using an estimation equation (GfE 2008)
2) Noblet et al. 1994: Table 6: equation 7

Results

The results of zootechnical performance are presented in table 3.

Table 3: **Results of the zootechnical performance**

	Treatment					S.E.M*	p-Value
	1	**2**	**3**	**4**	**5**		
Initial weight, kg	54.2	53.5	53.7	51.7	52.9	0.49	0.5414
Final weight, kg	114.8	114.5	113.2	114.1	114.0	0.33	0.6816
feed intake, kg feed/day	2.90^{a}	2.55^{b}	2.20^{c}	2.51^{b}	2.34^{bc}	0.04	<0.0001
Daily gain, g	924	876	821	845	857	11.3	0.0851
Feed conversion rate, kg	3.03^{a}	2.84^{ab}	2.61^{b}	2.87^{a}	2.63^{b}	0.04	0.0037

*S.E.M = Standard error of the mean

Regarding feed intake, treatment 1 and 3 differed significantly from treatments 2 and 4. There were no significant differences between treatment 5 and treatments 2, 3 and 4. The daily feed intake showed no significance between treatments. The feed conversion rate differs significantly between treatments ($p<0.05$). Treatment 1 and 4 differed from treatments 3 and 5 significantly. Only treatment 2 did not behave significantly compared to the other treatments.

The results of the slaughter performance are shown in Table 4. No differences were recorded between treatments for all investigated parameters except pH_1 in the loin muscle. Treatment 4 and 5 showed significant differences ($p < 0.05$). However, the values were still in the optimal range.

Table 4: **Results of the slaughter performance**

	Treatment					**S.E.M***	**p-value**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**		
Dressing, %	20.0	19.2	19.3	19.7	19.8	0.16	0.5690
Lean meat percentage, %	61.0	62.3	62.3	62.1	61.2	0.22	0.1831
Back fat thickness, mm	17.5	16.9	17.4	17.8	18.2	0.31	0.7385
pH_1 loin	6.4^a	6.4^a	6.4^a	6.2^b	6.2^b	0.02	0.0104
pH_1 ham	6.6	6.5	6.5	6.4	6.5	0.03	0.2896
Intramuscular fat content, %	1.3	1.2	1.3	1.4	1.6	0.05	0.0652
Drip loss, %	3.8	4.2	3.6	4.6	4.8	0.23	0.4772

Conclusion

Presumably, the low-energy and low-protein treatments showed lower feed intake due to the high wheat bran content. For future experiments, a tasty feed component could be added to the diets with a high fiber content, in order to achieve an increase in performance.
The present study confirms the equivalent slaughter performance of all treatments. The calculation of the diet according to the NE system proved its worth in the test, since there was no obesity in the carcasses in the protein-reduced test groups.

Zusammenfassung

Die Studie wurde durchgeführt, um die Auswirkungen verschiedener Energie- und Proteingehalte, bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des idealen Proteins, auf die Mast- und Schlachtleistung zu ermitteln. Dazu wurden 60 weibliche Schweine ([Edelschwein x Landrasse] x Pietrain) mit einem Anfangsgewicht von 53,04 ± 0,49 kg herangezogen und in 5 Versuchsgruppen (1 Kontroll-, 2 proteinreduzierte, 2 protein- und energiereduzierte Gruppen) aufgeteilt. Der Versuch war in zwei Fütterungsphasen (Grower: 53,04 - 88,43 kg und Finisher: 88,43-113,7 kg) unterteilt. Das Futter wurde ad libitum in automatischen Trockenfütterungsautomaten zur Verfügung gestellt. Gruppe 1 (Kontrollgruppe, T1) enthielt einen Rohproteingehalt von 150 g in der Growerphase und 133 g in der Finisherphase mit einem Energiegehalt von 9,8 MJ NE. In Gruppe 2 und 3 wurde der Rohproteingehalt (-0,9 Prozentpunkte T2; -1,8 Prozentpunkte T3) reduziert, während der Energiegehalt ähnlich wie bei Behandlung 1 war. In Gruppe 4 und 5 wurde der Rohproteingehalt im Vergleich zur Kontrolle um 1,8 Prozentpunkte reduziert. Der Energiegehalt wurde in der Gruppe um 4 um 0,2 MJ NE/kg ab der Growerphase und in der Gruppe 5 um 0,2 MJ NE/kg ab der Finisherphase reduziert. Die Konzentrationen von standardisiertem ileal verdaulichen essentiellen Aminosäuren (SID) wurden zwischen den Behandlungen konstant gehalten. Die Ergebnisse zeigten, dass die Kontrolle (Gruppe 1) im Vergleich zu den anderen Versuchsgruppen während des gesamten Experiments eine signifikant höhere Futteraufnahme zeigte ($p < 0,05$). Die Kontrolle zeigte auch die höchste tägliche Gewichtszunahme. Die Schlachtleistung war in allen Behandlungen ähnlich. Alle untersuchten Parameter lagen im optimalen Bereich.

Abstract

A trial was conducted to evaluate the effects of different energy and protein contents while maintaining the ideal protein on the fattening and slaughtering performance in growing/finishing pigs. Therefore 60 female pigs ([Large White x Landrace] x Pietrain) with an initial weight of 53.04 ± 0.49 kg were applied and divided into 5 treatment (1 control, 2 protein-reduced, 2 protein and energy-reduced groups). The trial was divided into a grower (53.04 - 88.43 kg) and a finisher phase (88.43-113.7 kg). The feed was supplied ad libitum in automatic dry feeding systems.

Treatment 1 (control group, T1) contained 150 g crude protein in the grower phase and 133 g in the finisher phase with an energy content of 9.8 MJ NE. In treatment 2 and 3, the crude protein content (-0.9 percentage points T2; -1.8 percentage points T3) was reduced, while the energy content was similar to treatment 1. In treatment 4 and 5, the crude protein content was reduced by 1.8 percentage points compared to the control. The energy content was reduced in treatment 4 by 0.2 MJ NE/kg from the grower phase and in the treatment 5 by 0.2 MJ NE/kg from the finisher phase. The levels of standardized ileal digestible (SID) lysine, SID methionine, SID threonine, SID tryptophan, SID valine, SID isoleucine, SID leucine, SID histidine, SID phenylalanine, SID tyrosine and SID phenylalanine + tyrosine were kept constant between treatments.

The results showed that the control performed significantly better than the remaining treatments. The feed intake was significantly higher compared to the other treatments throughout the experiment ($p < 0.05$). The control treatment also showed the highest daily weight gain and. The slaughter performance was similar in all treatments. All parameters examined were in the optimal range.

Presumably due to the high wheat bran content for the purpose of lowering energy, the feed intake of test groups 2, 3, 4 and 5 was significantly lower. Furthermore, this study confirms the superiority of the NE system in terms of slaughter performance. In contrast to comparative studies, the test animals did not increase back fat thickness in the crude protein-reduced diets.

Literatur

Kerr B. J., McKeith F. K., Easter R. A. (1995): Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. Journal of Animal Science, 73(2), 433–440.

Noblet J., Fortune H., Shi X. S., Dubois S. (1994): Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. Journal of Animal Science, 72(2), 344–354.

Noblet J. (1998): Net energy for growth in pigs: Application to low-protein, amino acid supplemented diets. Illinois Livestock Trail, 1–11.

Adresse der Autoren

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Agrarbiotechnologie, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie (TTE)

*Ansprechpartner: DI Margret Ertl und Dr. Karl Schedle, karl.schedle@boku.ac.at

Akzeptanz von Mehlwürmern (Tenerbrio molitor) in Proteinriegeln

Acceptance of tenerbrio molitor in protein bars

Matthäus Blauensteiner und Kathrin Heim*

Einleitung

Für das Jahr 2050 wird die Weltbevölkerung auf 9,7 Milliarden Menschen prognostiziert. (STATISTA GMBH 2020) Durch diese wachsende Weltbevölkerung wächst auch der globale Bedarf nach Lebensmittel. Zur größten Problematik wird dabei die Produktion von tierischem Protein, da diese mit einer enormen Umweltbelastung verbunden ist. (BUNDESMINISTERIUM FÜR ARBEIT; SOZIALES; GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ 2020)
Einen Lösungsansatz könnte die sogenannte Entomophagie, der Verzehr von Insekten liefern. Einerseits ist die Produktion von Insekten mit einer wesentlich kleineren Umweltbelastung verbunden als Proteine, welche aus Fleisch oder Milch stammen. Darüber hinaus bringt der Verzehr von Insekten auch zahlreiche ernährungsphysiologische Vorteile mit sich. (RESKI 2017)
Ein Insekt, das global betrachtet in zahlreichen Regionen verzehrt wird, ist der Mehlwurm (*tenebrio molitor*), die Larve des Mehlkäfers. Durch seine umweltfreundliche Produktion und seine besonderen Nährwerte ist er als eine alternative Proteinquelle auch für die europäische Ernährung denkbar. (RESKI 2017) Doch um Insekten auch in der Ernährung der westlichen Gesellschaft zu verankern, bedarf es noch zahlreicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit. (MEIXNER und MÖRL VON PFALZEN 2018)
Eine Studie von MEIXNER und MÖRL VON PFALZEN zeigt, dass die Akzeptanz des Mehlwurmes als Nahrungsmittel im deutschsprachigen Raum zwar sehr gering ist, die höchsten Akzeptanzwerte jedoch mit Lebensmitteln erzielt werden könnten, in denen Insekten nicht sichtbar verarbeitet werden. (MEIXNER und MÖRL VON PFALZEN 2018)
Dies könnte einen Lösungsansatz dafür bieten, Insekten auch für die westliche Gesellschaft genießbar zu machen. Damit könnten die Vorteile der Entomophagie auch im europäischen Raum genutzt werden. In der vorliegenden Arbeit sollte ein protein- und ballaststoffreicher Riegel genutzt werden, um die visuelle Akzeptanz von Mehlwürmern in ebendiesen zu ermitteln.

Material und Methoden

Studiendesign: Die Erhebung wurde mittels Onlinefragebogen mit 193 Prüfpersonen im Rahmen eines Experiments mit drei Gruppen durchgeführt. Durch das experimentelle Design dieser Forschungsarbeit ließ sich der direkte Einfluss der zusätzlichen Informationen auf die visuelle Akzeptanz der Proband*innen einschätzen.
Testdurchführung: Als Kontrollstimulus diente bei allen drei Gruppen eine Abbildung eines Proteinriegels mit pulverisierten Mehlwürmern zur Beurteilung, ohne Informationen über die Zutaten des Riegels bekanntzugeben. Gruppe 1 wurde anschließend verbal über die Zutat des pulverisierten Mehlwurms informiert, Gruppe 2 wurde die Abbildung des Riegels mit sichtbaren Mehlwürmern vorgelegt und Gruppe 3 wurde verbal über die Zutaten und darüber hinaus über die ernährungsphysiologischen Vorteile des Insektenverzehrs informiert. Damit sollten einerseits die Akzeptanzunterschiede zwischen den Gruppen erhoben werden. Andererseits sollte die Akzeptanzveränderung durch eine visuelle Information als Bild bzw. Text im Vergleich zur uninformierten Abbildung der Produkte ermittelt werden.
Die Datenerhebung wurde mittels Qualtrics® durchgeführt.
Stimulusmaterial: Der Proteinriegel als Stimulusmaterial wurde gewählt, weil er von mehreren österreichischen Start-up-Unternehmen als geeignetes Produkt für die Integration von Insektenprotein in die alltägliche menschliche Ernährung angesehen wird. Aufgrund der ausständigen Zulassung als Novel Food zum Zeitpunkt der Untersuchung, wurde auf eine sensorische Verkostung verzichtet und das Stimulusmaterial als hochauflösende Abbildung im Onlinefragebogen gewählt.
Statistische Datenauswertung: Die Studie wurde mittels deskriptiver Statistik ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Wie in Abbilung 1 visualisiert ist, wurde der höchste Akzeptanzwert erwartungsgemäß für die Abbildung des Proteinriegels mit pulverisiertem Mehlwurm als Zutat ohne Information über die Zusammensetzung, erzielt. Dieser Mittelwert von 6,8 wird als Referenzwert für die darauffolgenden informierten Beurteilungen angesehen. Der Hinweis auf die Zutat von Mehlwürmern verringerte die Akzeptanz um 1,3 Skalenpunkte auf einen mittleren Wert von 5,5. Dies verdeutlicht, dass das Wissen über die Zutat von Mehlwürmern im Riegel, die Akzeptanz des Produktes senkt und bestätigt damit die Erkenntnisse aus der Literatur. Die deutlich niedrigste Akzeptanz erzielte die Abbildung mit den sichtbaren Mehlwürmern ohne weiteren verbalen Zusatz. Dies ist einerseits auf die generelle visuelle Ablehnung von im Ganzen verarbeiteten Mehlwürmern zurückzuführen, wie es auch MEIXNER und MÖRL VON PFALZEN beschrieben haben. Andererseits waren die ganzen Mehlwürmer nicht in den Proteinriegel eingearbeitet und könnten somit den Ekelfaktor, durch die Assoziation der Larven mit Ungeziefer, angeregt haben. Den vergleichsweise höchsten Mittelwert im Vergleich zum Referenzwert erzielte die dritte Gruppe, die sowohl über die Zutat des pulverisierten Mehlwurms im Riegel als auch über den gesundheitlichen Mehrwert von Insekten als Nahrungsmittel informiert wurde. Dies weist darauf hin, dass eine umfassende Information über einen etwaigen Zusatznutzen von Insekten in Lebensmitteln kaum nachteiligen Einfluss auf die zumindest visuelle Akzeptanz hat.

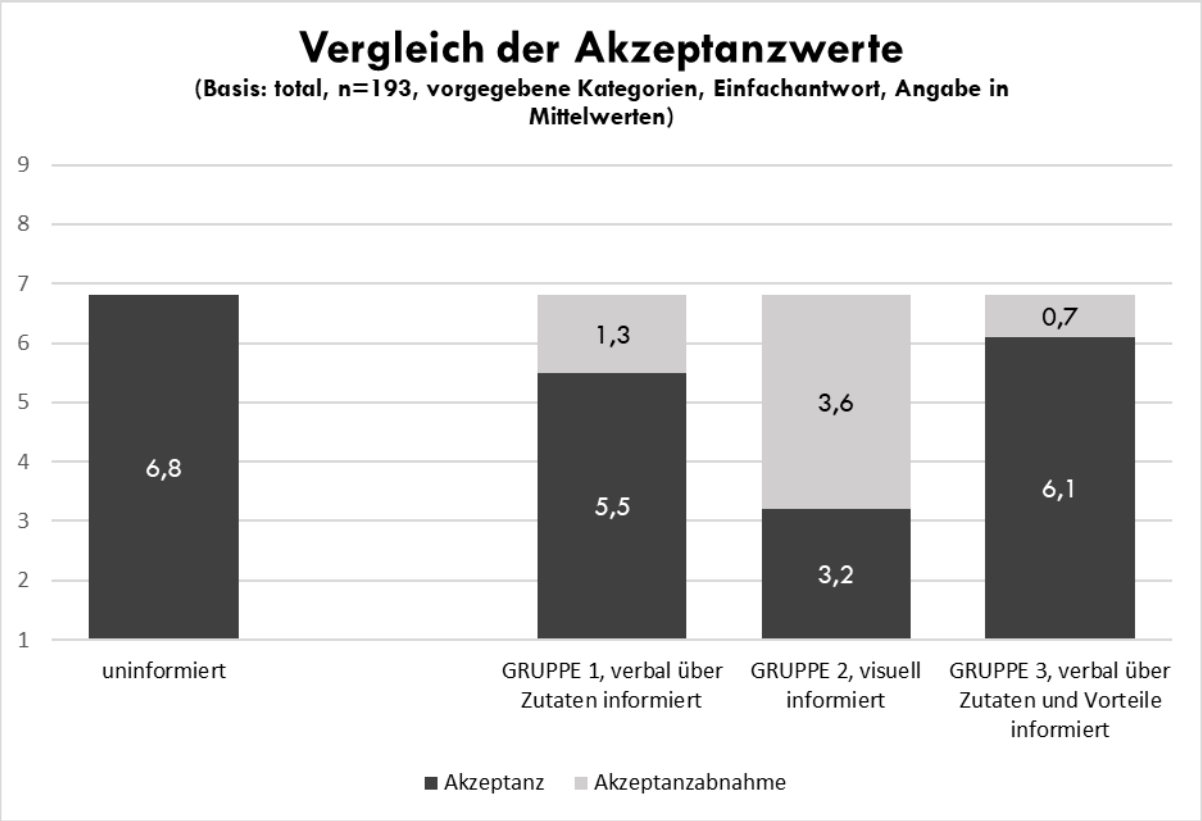


Abbildung 1: **Vergleich der Akzeptanzwerte zwischen den Experimentalgruppen und zur uninformierten Kontrollabbildung**

Eine Abfrage über den bereits erfolgten Verzehr von Mehlwürmern zeigte, dass bereits 40 % der Prüfpersonen in der Abtestung Mehlwürmer in ganzer oder pulverisierter Form verzehrt haben. 65 % gaben an, dies gerne (wieder) oder eher gerne (wieder) zu tun. Die Studie liefert damit den Hinweis, dass die Verzehrsabsicht für Mehlwürmer durchaus gegeben ist, dieser aber nicht sichtbar als Pulver ins Produkt eingearbeitet werden sollte und die ernährungsphysiologischen Besonderheiten klar kommuniziert werden müssen.

Zusammenfassung

Durch die wachsende Weltbevölkerung wächst auch der globale Bedarf an Lebensmittel. Zu einer großen Problematik wird dabei die Produktion von tierischem Protein, da diese mit einer enormen Umweltbelastung verbunden ist. Einen Lösungsansatz bietet der Mehlwurm (*tenebrio molitor*) als Nahrungsmittel. Einerseits ist die Produktion von Mehlwurmprotein mit einer wesentlich kleineren Umweltbelastung verbunden als Protein, welches aus Fleisch oder Milch stammt. Andererseits bringt der Verzehr von Mehlwürmern auch zahlreiche ernährungsphysiologische Vorteile mit sich. Diverse Studien zeigen, dass die Akzeptanz von Insekten im deutschsprachigen Raum sehr gering ist, wobei Lebensmittel in denen Insekten nicht sichtbar verarbeitet werden, einer höheren Akzeptanz begegnen. Um diesen Effekt bei österreichischen Konsument*innen zu untersuchen, wurde die visuelle Akzeptanz von Mehlwürmern in Proteinriegeln anhand einer Onlineumfrage unterstützt durch Bildmaterial im experimentalen Design untersucht. Die geringste Abnahme der Akzeptanz im Vergleich zu Proteinriegeln ohne Insektenanteil wurde durch die Kombination aus Hinweisen auf die Zutat von pulverisierten Mehlwürmen und Informationen über die Vorteile (ernährungsphysiologisch und umweltbezogen), welche der Verzehr von Mehlwürmern mit sich bringt, erzielt.

Abstract

As world population is growing, so does the global demand for food. The production of animal protein faces a major problem, as it is associated with an enormous environmental impact. The mealworm (*tenebrio molitor*), the larval form of the mealworm beetle, as novel food offers a maybe propper solution. On the one hand, the production of mealworm protein has a smaller environmental impact than protein derived from meat or milk. Consuming mealworms also comes with numerous nutritional benefits. But various studies show that the acceptance of insects in German-speaking countries is very low, with foods in which insects are not visibly processed encounter a higher level of acceptance. In order to investigate this effect in Austrian consumers, the visual acceptance of mealworms in protein bars was examined using an online survey supported by image material in the experimental design. The lowest level of acceptance compared to protein bars with no insect content was achieved through the combination of ingredient references to mealworm-powder and information about the benefits (nutritional and environmental) of eating mealworms.

Literatur

BUNDESMINISTERIUM FÜR ARBEIT, SOZIALES, GESUNDHEIT UND KONSUMENTENSCHUTZ, 2020: https://www.sozialministerium.at/

MEIXNER O, MÖRL VON PFALZEN L, 2018: Die Akzeptanz von Insekten in der Ernährung. Studien zum Marketing natürlicher Ressourcen, Bd. 4, 175, Springer Gabler, Wiesbaden; ISBN: 978-3-658-21335-0

RESKI P, 2017: Novel Food-Verordnung: Werden Mehlwürmer und Maden den europäischen Markt erobern? In: GEO. https://www.geo.de/wissen/ernaehrung/werden-mehlwuermer-und-maden-den-europaeischen-markt-erobern-30166726.html

STATISTA GmbH, 2020: Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung von 2010 bis 2100. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/

Adressen der Autoren

Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Kathrin HEIM BA MA, kathrin.heim@fhwn.ac.at

Entwicklung eines protein-, ballaststoff- und Vitamin C-haltigen Dirndl-Aufstrichs

Food-development of a cornelian-spread containing protein, fiber and vit C

Katharina Zimmermann und Kathrin Heim*

Einleitung

Die Kornelkirsche, die in Österreich auch unter der Bezeichnung Dirndl bekannt ist, ist eine, aufgrund ihres hohen Ascorbinsäuregehalts, seit Jahrhunderten verwendete Heilpflanze. Als Lebensmittel kommt sie jedoch nur sehr eingeschränkt zum Einsatz. Durch ihren sensorisch sauren Charakter wird sie vermehrt in zuckerhaltigen Produkten eingesetzt. (MELZIG 2018) Aufgrund ihrer vielfältigen positiven Eigenschaften, sowohl aus ernährungsphysiologischer als auch landwirtschaftlicher Sicht, sollte die Dirndl im Zuge dieser Forschungsarbeit, abseits von Marmeladen und Gelees, in weiteren Produktkategorien Einsatz finden und Anregungen für neue Anwendungsgebiete für die Dirndlbauern des Pielachtales hervorbringen.
Zahlreiche Lebensmitteltrends, wie „Veganmania“, „Plantbased food“ und „Nutri Food“ unterstreichen das Interesse der Konsument*innen an der Herkunft, Zusammensetzung und Nachhaltigkeit der konsumierten Lebensmittel und dem damit verbundenem persönlichen Gesundheitsnutzen. Daraus resultiert unter anderem die Nachfrage nach protein- und ballaststoffreichen Lebensmitteln (RÜTZLER und REITER, 2020). Als heimische Rohstoffe mit hohem Protein- und Ballaststoffgehalt gelten die rote Linse (20,6-31,4 % Protein und 17 % Ballaststoffe) (JARPA-PARRA 2018) und Leinsamen (24,4% Protein und 38,6 % Ballaststoffe) (SOUCI, FACHMANN und KRAUT 2011).
Ziel dieser Forschungsarbeit war es, den hohen Ascorbinsäureanteil der Dirndl zu nutzen und mit protein- und ballaststoffreichen Roten Linsen sowie Leinsamen zu kombinieren und daraus einen protein-, ballaststoff- und Vitamin-C-haltigen Aufstrich zu entwickeln, der auf Akzeptanz bei Personen, die nach eigenen Angaben einen aktiven Lebensstil verfolgen, trifft. Zusätzlich sollte der Einsatz der drei Hauptrohstoffe eine Auslobung als Protein-, Ballaststoff- und Vitamin-C-Quelle ermöglichen.

Material und Methoden

Produktentwicklung: In mehreren Versuchsreihen wurden die Rohstoffe Kornelkirsche, Rote Linse und Leinsamen in unterschiedlich anteiligen Verhältnissen unter Zugabe von weiteren Rohstoffen zu Aufstrichen verarbeitet. Um eine angemessene Haltbarkeit der Aufstriche zu gewährleisten wurden die a_w- sowie pH-Werte der Versuchsproben gemessen und optimiert. Zusätzlich zu den Hauptrohstoffen wurden folgende Zutaten verwendet: Zimt, Kardamom, Curmin, Kurkuma, Salz, Pfeffer, Limettensaftkonzentrat und Guarkernmehl.
Studiendesign: Vier hergestellte Produktproben mit unterschiedlichen Anteilen an Kornelkirsche, Roter Linse, Leinsamen und orientalischen Gewürzen wurden durch 54 Proband*innen, die von sich angaben, einen aktiven Lebensstil zu führen, im Rahmen eines Akzeptanztests im Home-Use-Setting verkostet. Im Vorfeld wurde festgelegt, dass mindestens 60 % der Prüfpersonen eine Probe mit mindestens 6 auf der 9-Punkte-Skala in der Gesamtakzeptanz beurteilen mussten, damit die Aufstrich-Probe als akzeptiert galt. Beurteilt wurden neben der Gesamtakzeptanz das Aussehen, die Farbe, der Geruch, der Geschmack, der Nachgeschmack und die Textur der Probe. Mittels JAR-Skala wurde zudem das Optimum der Säure ermittelt.
Statistische Datenauswertung: Die Studie wurde mittels deskriptiver Statistik und einer Varianzanalyse mit Messwiederholung nach Bonferroni (α=0.05) ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den Vergleich der Mittelwerte der Gesamtakzeptanz zwischen den vier Proben. Mit Mittelwerten zwischen 6,07 und 6,24 auf der 9-Punkte-Skala wurden die Proben V2, V3 und V4 sehr ähnlich und nicht signifikant unterschiedlich beurteilt. Alle drei Proben wurden von mindestens 60 % der Prüfpersonen mit einem Wert von mindestens 6 beurteilt, wodurch alle drei Proben als akzeptiert angesehen werden können. Im direkten Vergleich wurde die Probe V3 als die beliebteste Probe gewählt.

Probe V1 mit dem geringsten Dirndl, aber höchsten Linsenanteil wurde hingegen im Mittel nur mit 4,24 und damit signifikant unterschiedlich im Vergleich zu den drei weiteren Proben beurteilt und gilt damit als nicht akzeptiert.

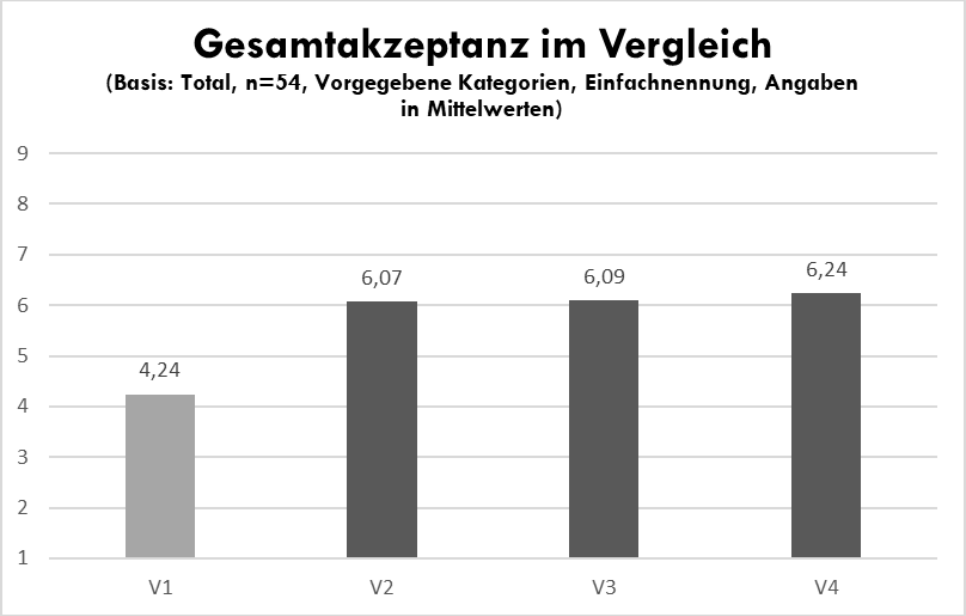


Abbildung 1: **Gesamtakzeptanz der vier entwickelten Proben im Vergleich**

Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen prozentuellen Anteile an den drei Hauptrohstoffen Dirndl, Rote Linse und Leinsamen in den vier abgetesteten Aufstrich-Proben sowie die jeweiligen Gehalte an Protein, Vitamin C und Ballaststoffen. Alle vier Proben könnten aus lebensmittelrechtlicher Sicht als Protein-, Ballaststoff- und Vitamin-C-Quelle ausgelobt werden.

Tabelle 1: **Anteile der Hauptzutaten bzw. Anteile an Protein, Vitamin C und Ballaststoffen im Vergleich**

Rohstoffbezeichnung	**V1 in %**	**V2 in %**	**V3 in %**	**V4 in %**
Dirndl (Kornelkirsche)	15,72	63,86	73,69	83,51
Rote Linsen	77,62	29,48	19,65	9,83
Leinsamen	4,91	4,91	4,91	4,91
Inhaltsstoff	**V1**	**V2**	**V3**	**V4**
Proteingehalt in %	28,46	21,6	18,47	16,69
Vitamin C Gehalt in mg	12,26	49,81	57,48	65,14
Ballaststoffgehalt in g/100g	15,09	6,91	5,24	3,57

Daraus ergibt sich, dass ein protein-, ballaststoff- und Vitamin C-haltiger Dirndl-Aufstrich mit einem Dirndlanteil von rund 64 bis 84 % Dirndlanteil in Kombination mit Roter Linse, Leinsamen und orientalischen Gewürzen von der Zielgruppe jener Personen, die von sich selbst behaupten, einen aktiven Lebensstil zu führen, akzeptiert wird und auch als Protein-, Ballaststoff- und Vitamin-C-Quelle ausgelobt werden kann, wodurch der Einsatz der Kornelkirsche abhängig von Preisgestaltung und Rohstoffverfügbarkeit für Produzent*innen variabel gestaltet werden kann.

Zusammenfassung

Die Kornelkirsche kommt in Österreich vermehrt im Pielachtal vor und ist trotz ihrer vielfältigen positiven Eigenschaften sowohl auf ernährungsphysiologischer als auch landwirtschaftlicher Seite ein unterschätzter Rohstoff. Obwohl die in Österreich als Dirndl bekannte Frucht mit einem hohen Anteil an Vitamin C und einer fruchtig roten Farbe punktet, ist ihr Einsatz im Lebensmittelbereich durch ihren sauren Geschmack weitgehend auf zuckerhaltige Produkte wie Konfitüren, Gelees und Säfte beschränkt. Die steigende Nachfrage nach pflanzlich basierten, proteinhaltigen Lebensmitteln mit gesundheitlichem Nährwert legt die Kombination der Dirndl mit Hülsenfrüchten nahe, die weithin als leicht verdaulich, jedoch farblich und geschmacklich neutral gelten. Um den Bedürfnissen der Zielgruppe nach einer gesunden Ernährung entgegenzukommen und den Rohstoff Kornelkirsche abseits süßer Produkte einzusetzen, wurde ein protein-, ballaststoff- und Vitamin-C-haltiger Aufstrich entwickelt, der die Frucht mit der Roten Linse und Leinsamen kombiniert. In einem Akzeptanztest mit 54 Prüfpersonen wurde erhoben, welche anteilige Zusammensetzung der drei Hauptzutaten mit besonderem Fokus auf die Säure der Kornelkirsche von potentiellen Konsument*innen akzeptiert wird. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Einsatz von rund 63 % bis 74 % Kornelkirsche in einem pikanten Aufstrich kombiniert mit Roter Linse und Leinsamen von der Zielgruppe akzeptiert wird, wodurch der Einsatz der Kornelkirsche abhängig von Preisgestaltung und Rohstoffverfügbarkeit für Produzent*innen variabel gestaltet werden kann.

Abstract

Cornelians are found in the Pielachtal in Austria and, despite their positive properties, they are an underestimated raw material from both a nutritional and agricultural point of view. Although the fruit, which is known as Dirndl in Austria, scores with a high proportion of vitamin C and a fruity red colour, its use in the food sector is limited to sweet products such as jams, jellies and juices due to its sour taste. The increasing demand for plant-based and high protein food with health benefit suggests combining the dirndl with legumes, which are widely considered to be easily digestible but neutral in colour and taste. In order to meet the needs of the target group for a healthy diet and to use the raw material cornelian, a spread containing protein, fiber and vitamin C was developed, which combines the fruit with red lentils and flaxseed. In an acceptance test with 54 panelists, the proportional composition of the three main ingredients with a special focus on the acidity of the cornelian was accepted by potential consumers. The results show that the use of around 63 % to 74 % cornelian in savory spreads combined with red lentils and flaxseeds is accepted by the target groups, which means that the use of cornelian can be varied depending on pricing and raw material availability.

Literatur

DERNDORFER E, 2016: Lebensmittelsensorik (5. Aufl.). Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.

JARPA-PARRA M, 2018: Lentil protein: a review of functional properties and food application. An overview of lentil protein functionality. International Journal of Food Science and Technology, 53(4), 892–903. https://doi.org/10.1111/ijfs.13685

MELZIG M F, 2018: Cornus mas L. -Kornelkirsche. Zeitschrift für Phytotherapie, 39, 289–294. https://doi.org/10.1055/a-0666-7925

RÜTZER H, REITER W, 2020: Food Report 2021.

SOUCI S W, FACHMANN W, KRAUT H, 2011: Lebensmitteltabelle für die Praxis (5. Aufl.; G. Andersen & K. Soyka, Hrsg.). Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart.

Adresse der Autoren

Fachhochschule Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, Zeiselgraben 4, 3250 Wieselburg

* Ansprechpartner: Kathrin HEIM BA MA, kathrin.heim@fhwn.ac.at

Einfluss variierender Protein- und Stärkegehalte auf die Ethanolausbeute bei Getreide und Mais

Simulating root exudation by reverse microdialysis

Erich Inselsbacher* und Alexander König

Einleitung

Pflanzenwurzeln geben eine Vielzahl von Verbindungen, sogenannte Wurzelexsudate, in den Boden ab. Dadurch erhöht sich einerseits die Konzentration von Kohlenstoff in der Rhizosphäre und andererseits werden physikalische, chemische und mikrobielle Aktivitäten in der Rhizosphäre stark beeinflusst. Um die Auswirkungen der Wurzelexsudation auf die Rhizosphäre genauer zu untersuchen, wird oft in Simulationsversuchen eine Lösung mit Wurzelexsudaten in den Boden injiziert und die darauffolgenden Prozesse beobachtet. Diese Injektionen sind aber meist nur punktuell, geschehen nur zu einem Zeitpunkt und verändern den natürlichen Wasserhaushalt des Bodens. Ziel dieser Arbeit war es, eine neuartige Methode basierend auf „Revers-Mikrodialyse“ zu etablieren und evaluieren, die eine deutlich realistischere Simulation von Wurzelexsudation ermöglicht (Abb. 1).

Material und Methoden

Bodenproben: Ungestörte Bodenproben wurden mit Zylindern (10 cm Durchmesser, 6 cm Höhe) in einem Rotbuchenwald in Klausen-Leopoldsdorf, Niederösterreich, geworben. Die Böden wurden als Podsol-Braunerde klassifiziert, mit einem pH-Wert ($CaCl_2$) zwischen 4,5 und 5,1.
Experimenteller Aufbau: Das Mikrodialysesystem (INSELSBACHER et al. 2011) bestand aus einer hochpräzisen Pumpe, die einen kontinuierlichen Perfusatfluss lieferte, Mikrodialysesonden mit flexiblen, semipermeablen Membranen (20 kDa Molekulargewichtsgrenze) und einem gekühlten Autosampler. Mikrodialysemembranen (n=8) wurden in ungestörte Böden (oder in Wasser als Kontrolle) eingesetzt und mit einer Flussrate von 2,5 ml min^{-1} mit einer Lösung perfundiert, die 14 verschiedene Exsudatverbindungen (organische Säuren, Zucker, Anionen) in einer Konzentration von jeweils 100 mg l^{-1} enthielt. Der Konzentrationsgradient zwischen dem Perfusat und der Bodenlösung bewirkt eine Diffusion der Verbindungen durch die Membran vom Perfusat in den Boden. Mit diesem Ansatz simulierten wir die Wurzelexsudation für 90 Minuten und sammelten Dialysate in 15-minütigen Abständen während der gesamten Simulationszeit. Zusätzlich wurde die relative Wiederfindungsrate von Exudaten in Abhängigkeit der Perfusatflussrate bestimmt.
Chemische Analysen: Die Dialysate wurden mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) analysiert und der Transfer von Exsudatverbindungen aus dem Perfusat in die Bodenlösung als Differenz zwischen den Konzentrationen der Verbindungen im Perfusat und im Dialysat berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die relativen Transferraten, d. h. der prozentuale Anteil der Exsudatverbindung, der über die Membran in destilliertes Wasser übertragen wurde, hingen von der Durchflussrate des Perfusats und der Molekulargröße der Substanz ab (Abb. 1). Dieses Muster entspricht der allgemeinen Theorie der Funktionsweise der Mikrodialyse und wurde bereits früher gezeigt (INSELSBACHER et al. 2011, INSELSBACHER und NÄSHOLM 2012).
Die relativen Übertragungsraten im Boden waren niedriger als im Wasser (Abb. 2). Während die Übertragungsraten von Exsudaten in den Boden ähnlich waren, wiesen die Übertragungsraten in Wasser eine größere Variabilität auf und hingen von den chemischen und molekularen Eigenschaften der Verbindungen ab. Mögliche Erklärungen für die niedrigeren Übertragungsraten im Boden könnten sein:

- Geringere Konzentrationsgradienten aufgrund der bereits vorhandenen Konzentrationen im Boden (die Konzentrationen der meisten Exsudate waren jedoch sehr gering in den Böden)
- Einschränkung der Diffusion aufgrund von Bodeneigenschaften: Die Bodenstruktur kann im Vergleich zum Wasser weniger Raum für die Diffusion bieten

- Die Oberfläche der Membranen könnte aufgrund von luftgefüllten Poren keinen vollständigen Bodenkontakt gehabt haben

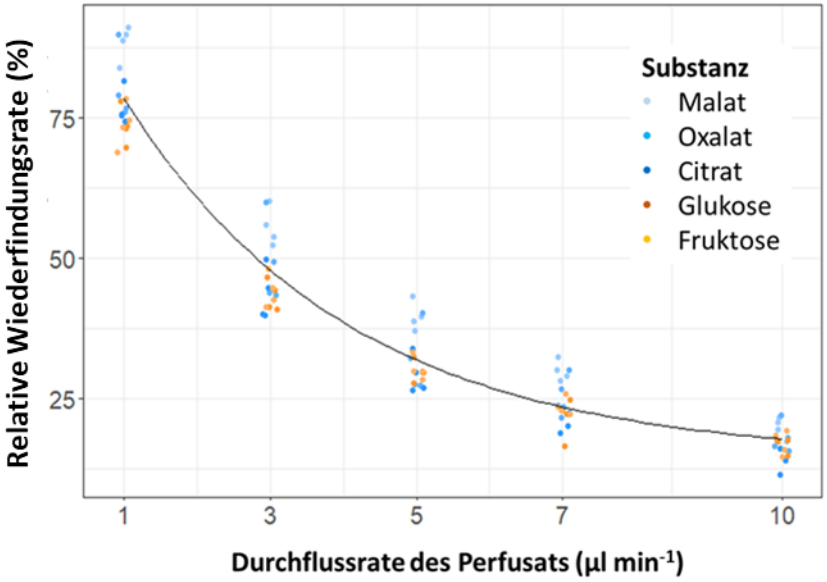


Abbildung 1: **Relative Transferraten in Abhängigkeit der Durchflussrate des Perfusats und Molekulargewicht der Substanz**

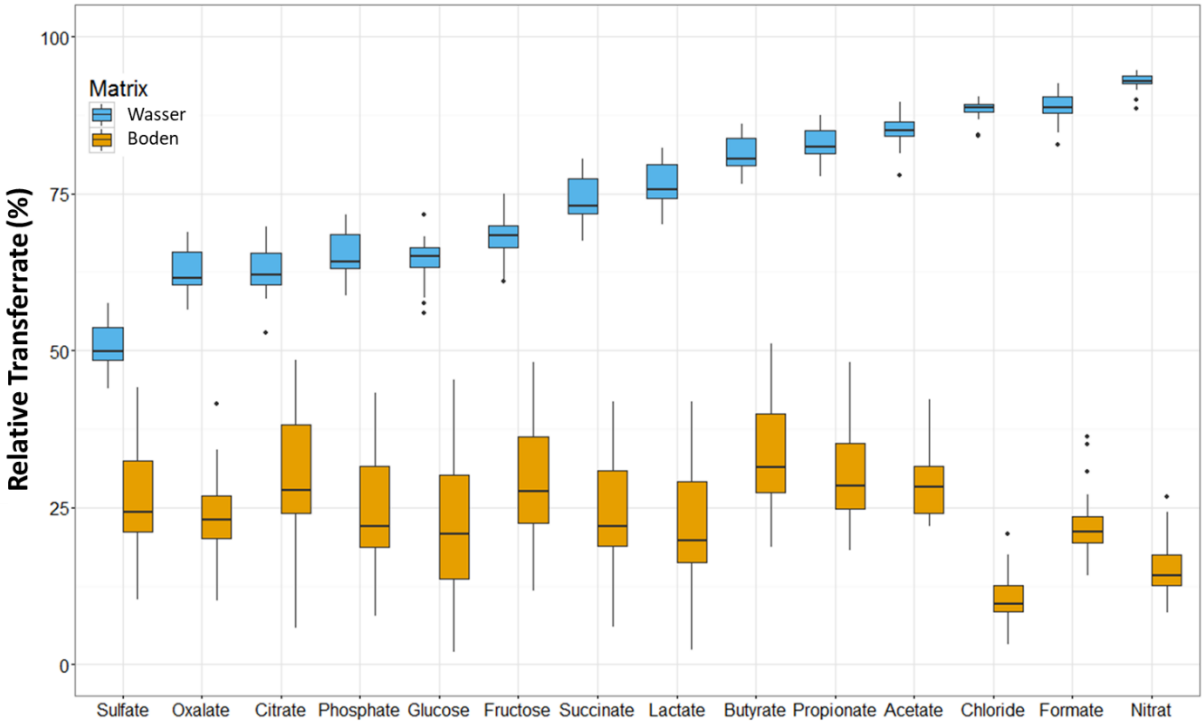


Abbildung 3: **Relative Transferraten von verschiedenen Exudaten vom Perfusat in den Boden (organge) oder Wasser (blau) während 90 Minuten von simulierter Wurzelexudation (n=8)**

Insgesamt wurde festgestellt, dass sich die Transferraten klar zwischen Böden und Wasser unterscheiden. Da dies auf die physikalische Bodenstruktur zurückzuführen sein könnte, ist es möglich, dass sich die Transferraten auch zwischen Bodentypen unterscheiden. Die Kenntnis der spezifischen Transferrate individueller Substanzen in unterschiedlichen Bodentypen ist für die gezielte Simulation von Wurzelexsudation unverzichtbar. Unsere Ergebnisse unterstreichen, dass die Revers-Mikrodialyse eine geeignete Methode zur Simulation der Wurzelexsudation in ungestörten Böden ist.

Zusammenfassung

Die Freisetzung von labilen Verbindungen durch Pflanzenwurzeln, die gemeinhin als Wurzelexsudate bezeichnet werden, erhöht die C-Konzentrationen in der Rhizosphäre drastisch. Es ist zwar bekannt, dass die Wurzelexsudation die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens sowie die mikrobiellen Aktivitäten erheblich beeinflusst, doch ist die Untersuchung dieser Auswirkungen aufgrund der Komplexität der Böden und Pflanzenwurzelsysteme nach wie vor eine Herausforderung. Die derzeitigen Methoden zur Simulation der Wurzelexsudation sind oft unbefriedigend, da die Injektion der Exsudatlösung in den Boden punktuell erfolgt und den natürlichen Wasserhaushalt des Bodens stark verändert. Hier haben wir einen neuartigen Ansatz auf der Grundlage der „Revers-Mikrodialyse“ verwendet, um die Wurzelexsudation zu simulieren. Im Detail installierten wir Mikrodialysemembranen in ungestörten Bodenkernen, die wir an einem Buchenwaldstandort in der Nähe von Wien, Österreich, entnommen hatten. Wir verwendeten ein Perfusat, das eine Exsudatmischung aus organischen Säuren, Zuckern und Anionen in Konzentrationen enthielt, die bereits für Buchen bekannt waren. Anschließend simulierten wir 90 Minuten lang eine Exsudation, bevor wir wieder zu einem Perfusat ohne Exsudatmischung wechselten. Die Dialysate wurden in Abständen von 15 Minuten entnommen, und die Konzentrationen von Exsudaten wurden mittels HPLC gemessen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass zwischen 5 und 37 % der Perfusatverbindungen über die Membran in den Boden übertragen wurden. Dabei wurden die Transferraten stark von den Bodeneigenschaften und weniger von den Diffusionsgradienten beeinflusst. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die umgekehrte Mikrodialyse die Nachahmung der Wurzelexsudation ermöglicht und einen innovativen Ansatz zur Untersuchung von Rhizosphärenprozessen darstellt.

Abstract

The release of labile compounds by plant roots, commonly referred to as root exudates, dramatically increases C concentrations in the rhizosphere. While it is well known that root exudation significantly affects soil physical and chemical properties as well as microbial activities at the soil microscale, studying such effects remains a challenge due to the sheer complexity of soils and plant root systems. Current methods for simulating root exudation are often unsatisfactory since the injection of exudate solution into soil is punctual and severely changes the natural soil water balance. Here, we used a novel approach based on reverse microdialysis to simulate root exudation. In detail, we installed microdialysis membranes into undisturbed soil cores collected from a beech forest site in the vicinity of Vienna, Austria. We used a perfusate containing an exudate mixture of organic acids, sugars and anions at concentrations previously reported for beech trees. We then simulated exudation for 90 minutes before switching back to a perfusate without exudate mixture. Dialysates were collected at 15-minutes intervals, and concentrations of sugars and organic acids were measured by HPLC. Our results show that between 5-37% of perfusate compounds were transferred across the membrane into soil. Thereby, transfer rates were strongly influenced by soil properties rather than diffusional gradients. Our results show that reverse microdialysis allows mimicking root exudation representing an innovative approach to study rhizosphere processes.

Literatur

INSELSBACHER E, NÄSHOLM T, 2012: The below-ground perspective of forest plants: Soil provides mainly organic nitrogen for plants and mycorrhizal fungi. New Phytol 195, 329-334.

INSELSBACHER E, ÖHLUND J, JÄMTGARD S, HUSS-DANELL K, NÄSHOLM T, 2011: The potential of microdialysis to monitor organic and inorganic nitrogen compounds in soil. Soil Biol Biochem 43, 1321-1332.

Adresse der Autoren

Institut für Bodenforschung, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, A-1180 Wien

[*] Ansprechpartner: Dr. Erich Inselsbacher, erich.inselsbacher@boku.ac.at

Kann die Smartphone Applikation SLAKES den Effekt von Regenwürmern auf die Bodenaggregatstabilität messen?

Is the smartphone application SLAKES able to measure the impactof earthworms on soil aggregate stability?

Vera Waschnig* und Pia Euteneuer

Einleitung

Die Bodenfauna übernimmt wichtige Funktionen zur Erhaltung der Bodengesundheit und für die nachhaltige Landwirtschaft (BARDGETT and VAN DER PUTTEN, 2014). Besonders Regenwürmer tragen durch Grabaktivität und Mukussekretion zur Bodenaggregatstabilisierung bei (HALLAM and HODSON, 2020). Dies kann vor allem im Trockengebiet und auf strukturschwachen Böden die zur Wind- und Wassererosion neigen von Nutzen sein. Durch die Regenwurmgänge kann bei Starkregen das Wasser infiltrieren, das oberirdische Abfließen vermindert und das Wasser im Boden gespeichert werden (FISCHER et al., 2014). Dies ist vornehmlich bei Tauwurmgängen (*Lumbricus terrestris*) mit Zugang zur Bodenoberfläche zu beobachten (ANDRIUZZI et al., 2015). Der große Tauwurm hat eine permanente vertikale Röhre von einigen Millimetern Durchmesser und nimmt eine zentrale Funktion in der Regenwurmökologie ein (BUTT and LOWE, 2007). Um die Tauwurmröhre herum sind vermehrt endogäische (kleinere) Regenwürmer zu finden. Diese verbinden die Tauwurmröhre durch horizontale semi-permanente Röhren mit dem restlichen Boden (BUTT and LOWE, 2007; CAPOWIEZ et al., 2014). Dadurch wird nicht nur der direkte Boden an der Tauwurmröhre stabilisiert, sondern auch der umliegende Boden, was wiederum auch zur horizontalen Verteilung des Regenwassers beiträgt (SCHNEIDER et al., 2018). Dies dient dem Pflanzenwachstum und dem Bodenschutz, doch die Regenwurmanzahl und speziell der Tauwurm werden durch intensive Bodenbearbeitungstark reduziert (BRIONES and SCHMIDT, 2017). Zusätzlich zerschlägt die Bodenbearbeitung weitere Bodenaggregate und erhöht das Erosionsrisiko (ANDRUSCHKEWITSCH et al., 2014). Für den Erosionsschutz und die Speicherung von Wasser könnte es daher von Nutzen sein, diese Aggregatzerstörung für den Landwirt einfach und schnell zu Veranschaulichen und damit die Vorteile von Regenwürmern hervorzuheben. Dazu wurde getestet, ob die Smartphone Applikation SLAKES von der Universität Sydney Regenwurmkot von Boden mit und ohne Regenwurmaktivität unterscheiden kann. Es wurde ein hypothetischer Gradient von unterschiedlichen Regenwurmzonen - mit Regenwurmkot (sehr hohe Aktivität) > Boden mit hoher Regenwurmaktivität > Boden mit niedriger/keiner Regenwurmaktivität - und welchen Effekt Regenwürmer kurzfristig in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen auf die Bodenaggregatstabilität haben, untersucht.

Material und Methoden

In insgesamt zwei Langzeitbodenbearbeitungsversuchen in Hollabrunn (2019; seit 2009) undRaasdorf (2020; seit 1996) wurden zusätzliche Regenwürmer (*Lumbricus terrestris*) auf 7 m^2 jeweils in der Variante Pflug, Grubber oder Direktsaat, jeweils im Mai nach der Maisaussaat hinzugefügt (Abb. 1). Beide Feldversuche sind randomisierte Blockanlagen mit drei (Hollabrunn) oder vier (Raasdorf) Wiederholungen. Im November nach der Maisernte wurdenBodenproben im Durchmesser von 10 cm in einer sehr aktiven Zone rund um die Tauwurmröhre (Abb. 2A) und in der Kontrolle ohne *L. terrestris* in einer Tiefe von 0 - 10 cm entnommen. Zusätzlich wurden auch die Regenwurmkomposthaufen, die hauptsächlich aus
L. terrestris Kot bestehen, vom Oberboden eingesammelt. Alle Bodenproben wurden anschließend luftgetrocknet, auf 5 mm gesiebt und mit der Smartphone Applikation SLAKES (University of Sydney, Australien; FAJARDO et al., 2016) auf Bodenaggregatstabilität

untersucht. Dazu wurde ein Ausgangsfoto von drei trockenen Bodenaggregaten (laut Anweisung der Applikation) aufgenommen und danach in deionisierten Wasser vollständig untergetaucht analysiert (Abb. 2B). Die Messung dauerte jeweils 10 min und wurde von der Applikation selbständig mit anschließender Ausgabe des Alpha-Koeffizienten durchgeführt (Abb. 2C). Die Messung wurde fünfmal pro Probe wiederholt (Subprobe). Insgesamt wurde eine Stichprobengröße von n = 15 pro Bodenbearbeitungsvariante und Regenwurmzone für Hollabrunn und n = 20 für Raasdorf analysiert. Zur statistischen Analyse wurde ein gemischtes lineares Modell mit den Faktoren Standort (Hollabrunn; Raasdorf), Bodenbearbeitung (Pflug; Grubber; Direktsaat), Regenwurmzone (hochaktive Zone Regenwurmkot, aktive Zone, Kontrolle), den zufälligen Faktoren Standort × Wiederholung × Subprobe für die Varianz-Kovarianz Struktur genommen und mit der Funktion „lmer“ aus dem Paket „lme4“ in R (R CORE TEAM, 2022) verrechnet.

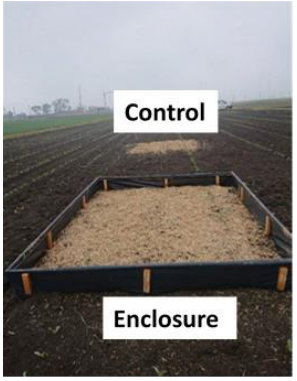


Abbildung 1: **Regenwurminokulation am Langzeit-Bodenbearbeitungsversuch in Raasdorf mit einer 7 m² eingezäunten Fläche (Enclosure) mit zusätzlichen Tauwürmern (*Lumbricus terrestris*) und der Kontrolle (Control) mit dem natürlichen Populationsvorkommen. Hier auf derPflugparzelle im Mai 2020 mit Strohauflage zur Regenwurmkomposthaufenbildung kurz nach dem Maisaufgang**

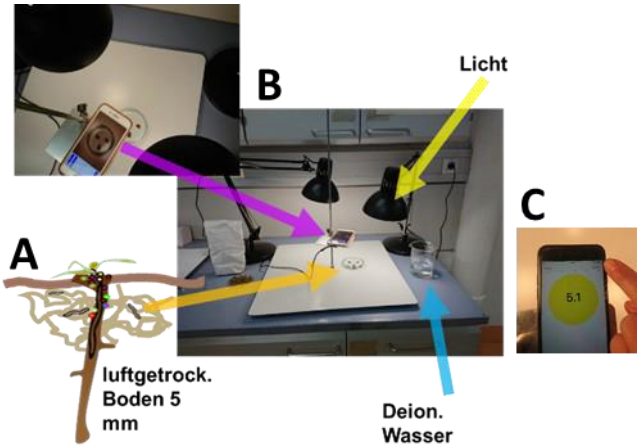


Abbildung 2: **Analyse der Bodenaggregatstabilität aus A) verschiedenen Aktivitätszonen von Regenwürmern mittels B) Smartphone Applikation SLAKES und dem C) Alpha-Koeffizient alsAusgabewert**

Ergebnisse und Diskussion

Auf beiden Standorten zeigte sich, dass mit steigender Intensität der Bodenbearbeitung die Bodenaggregatstabilität in der Reihenfolge Direktsaat > Grubber > Pflug abnimmt. Generell war der Alpha-Koeffizient des Slakes-Index doppelt so hoch in der Pflugvariante, als in der Direktsaat (P < 0,05), was die Direktsaataggregate als doppelt so stabil ausweist. DieGrubbervariante zeigte auch deutliche Unterschiede zu Direktsaat, aber nicht zum Pflug (P >0,05). Die Bodenaggregate in Raasdorf waren über alle Varianten hinweg stabiler als in Hollabrunn, mit Ausnahme der Direktsaat die an beiden Standorten gleich hoch war. Damit

zeigt sich, dass mit Intensivierung der Bodenbearbeitung die Bodenaggregatstabilität nachlässt und dies auch mit der Smartphone Applikation SLAKES nachgewiesen werden kann (BAGNALL and MORGAN, 2021; FLYNN et al., 2020).

Beim Test der Regenwurmzonen waren die größten Effekte von *L. terrestris* auf die Aggregatstabilität innerhalb der einzelnen Bodenbearbeitungsvarianten zwischen der Kontrolle und Regenwurmkot zu sehen. Im Detail war der Regenwurmkot immer stabiler als die dazugehörige Kontrolle, aber es gab keine Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten. Die aktive Zone war nicht stabiler als die relevante Kontrolle, aber in Raasdorf war die aktive Zone ähnlich stabil wie der Regenwurmkot ($P > 0{,}05$), mit Ausnahme bei der Direktsaat. Bei der Raasdorfer Direktsaat war der Regenwurmkot vierbisfünfmal stabiler als die aktive Zone und die Kontrolle. Diese Resultate werden in einem nächsten Schritt mit standardisierten Methoden im Labor überprüft, aber diese ersten Daten weisen darauf hin, dass SLAKES auch zur Differenzierung von Regenwurm verarbeitetem Boden herangezogen werden kann.

Mit SLAKES besteht die Möglichkeit für Landwirte Änderungen in der Bodenbearbeitung zu Evaluieren und langfristig zu Verfolgen. Darüber hinaus kann die Arbeit von Regenwürmern auf einfache Weise ohne Vorerfahrung und Labor sichtbar gemacht werden. SLAKES könntesich als simples Hilfsmittel erweisen, um landwirtschaftliche Böden – durch die Stabilisierung der Bodenaggregate - klimafit zu machen.

Zusammenfassung

Regenwürmer können durch ihre Grabaktivität und Hautsekrete aus Polysacchariden die Bodenaggregatformierung und -stabilisierung unterstützen. Dies wurde 2019 und 2020 in Bodenbearbeitungsversuchen in Hollabrunn oder Raasdorf untersucht. In beiden Langzeitversuchen wurden Regenwürmer (*Lumbricus terrestris*) auf 7 m^2 jeweils in derVariante Pflug, Grubber oder Direktsaat im Mai hinzugefügt. Jeweils im November wurden Bodenproben im Durchmesser von 10 cm rund um die Regenwurmröhre und in der Kontrolle ohne *L. terrestris* in einer Tiefe von 0 - 10 cm entnommen. Zusätzlich wurden auch die Regenwurmkomposthaufen, die hauptsächlich aus *L. terrestris* Kot bestehen, vom Oberboden eingesammelt. Alle Bodenproben wurden anschließend luftgetrocknet, auf 5 mm gesiebt und mit der Smartphone Applikation SLAKES (University of Sydney, Australien) auf Bodenaggregatstabilität analysiert. Auf beiden Standorten zeigte sich, dass mit steigender Intensität der Bodenbearbeitung die Bodenaggregatstabilität in der Reihenfolge Direktsaat > Grubber > Pflug abnimmt. Der größte Effekt von *L. terrestris* auf die Aggregatstabilität war innerhalb der Bodenbearbeitungsvarianten zwischen der Kontrolle und dem Regenwurmkot zu sehen. In nur sechs Monaten stabilisierte *L. terrestris* die Bodenaggregate in allen Bodenbearbeitungsvarianten und SLAKES konnte dies erfassen. In einem nächsten Schritt werden die Ergebnisse von SLAKES in Laboruntersuchungen evaluiert.

Abstract

Earthworms can support soil aggregate stability and formation through burrowing activity andmucus production. This was tested in two separate long-term soil tillage field trials in 2019 and 2020 at Hollabrunn or Raasdorf, respectively. In both field trials *Lumbricus terrestris* were added in 7 m^2-enclosures in plough, cultivator and no-till plots after the seeding ofmaize in May. In the following November, soil samples were taken around *L. terrestris* burrows (10 cm diameter) at 0-10 cm depth and in adjacent control samples without burrows.In addition, middens of *L. terrestris* were collected from the soil surface and all soil samples were air-dried and sieved by 5 mm mesh size. For soil stability analyses the smartphone application SLAKES (University of Sydney, Australia) was applied. Results showed that on both sites soil stability decreased when soil tillage intensity was increased (no-till > cultivator > plough). The main effect of *L. terrestris* was observed within soil tillage treatments when middens were more stable than control soil with low earthworm activity. In addition, middens were more stable than burrows with high earthworm activity in cultivator and plough, but were similarly stable in no-till. Within only six months, *L. terrestris* showed the ability to increase soil aggregate stability over all soil tillage treatments and SLAKES was able to detect these differences between soil

tillage systems and earthworm processed or unprocessed soil. The next step will be to evaluate these results with standard laboratory analyses.

Literatur

ANDRIUZZI WS, PULLEMAN MM, SCHMIDT O, FABER JH, BRUSSAARD L, 2015: Anecic earthworms (*Lumbricus terrestris*) alleviate negative effects of extreme rainfall eventson soil and plants in field mesocosms. Plant Soil 397, 103–113

ANDRUSCHKEWITSCH R, KOCH H-J, LUDWIG B, 2014: Effect of long-term tillage treatments on the temporal dynamics of water-stable aggregates and on macro-aggregate turnover at three German sites. Geoderma 217–218, 57–64

BAGNALL DK, MORGAN CLS, 2021: SLAKES and 3D Scans characterize management effects on soil structure in farm fields. Soil Tillage Res 208, 104893

BARDGETT RD, VAN DER PUTTEN WH, 2014: Belowground biodiversity and ecosystem functioning. Nature 515, 505–511

BRIONES MJI, SCHMIDT O, 2017: Conventional tillage decreases the abundance andbiomass of earthworms and alters their community structure in a global meta- analysis. Glob Change Biol 23, 4396–4419

BUTT KR, LOWE CN, 2007: Presence of earthworm species within and beneath *Lumbricusterrestris* (L) middens. Eur J Soil Biol 43, S57–S60

CAPOWIEZ Y, SAMMARTINO S, MICHEL E, 2014: Burrow systems of endogeic earthworms: Effects of earthworm abundance and consequences for soil waterinfiltration. Pedobiologia 57, 303–309

FAJARDO M, MCBRATNEY A, FIELD DJ, MINASNY B, 2016: Soil slaking assessment using image recognition. Soil Tillage Res 163, 119–129

FISCHER C, ROSCHER C, JENSEN B, EISENHAUER N, BAADE J, ATTINGER S, SCHEU S, WEISSER WW, SCHUMACHER J, HILDEBRANDT A, 2014: How Do Earthworms, Soil Texture and Plant Composition Affect Infiltration along an Experimental PlantDiversity Gradient in Grassland? PLoS ONE 9

FLYNN KD, BAGNALL DK, MORGAN CLS, 2020: Evaluation of SLAKES, a smartphone application for quantifying aggregate stability, in high-clay soils. Soil Sci Soc Am J 84,345–353

HALLAM J, HODSON ME, 2020: Impact of different earthworm ecotypes on water stableaggregates and soil water holding capacity. Biol Fertil Soils 56, 607–617

R CORE TEAM, 2022: A language and environment for statistical computing: referenceindex R. Foundation for Statistical Computing, Vienna

SCHNEIDER A-K, HOHENBRINK TL, RECK A, ZANGERLÉ A, SCHRÖDER B, ZEHE E, VAN SCHAIK L, 2018: Variability of earthworm-induced biopores and theirhydrological effectiveness in space and time. Pedobiologia 71, 8–19

Adresse der Autorinnen

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Groß-Enzersdorf

* Ansprechpartnerin: Vera WASCHNIG vera.waschnig@students.boku.ac.at

Auswirkungen von *Lumbricus terrestris* auf die Regenwurmpopulation, Bodenparameter und Weizen unter verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen

Impact of Lumbricus terrestris on earthworm population, soil parameters and winter wheat under three soil tillage systems

Marion Windisch[1*], Reinhard W. Neugschwandtner[1] und Pia Euteneuer[2]

Einleitung

Regenwürmer tragen durch Durchlüftung, Regenwasserinfiltration und Stabilisation der Bodenstruktur zur Bodenfruchtbarkeit bei (CHAN, 2001), zusätzlich erhöhen Regenwürmer die Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen und die Mineralisation (ERNST und EMMERLING, 2009).Allerdings können die Bodenfruchtbarkeit, Bodenaggregatstabilität, Regenwurmanzahl und vor allem die Regenwurmröhren von *Lumbricus terrestris* durch eine intensive Bodenbearbeitung reduziert werden (PEIGNÉ, 2007). Auf Grund dessen wurde an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (Universität für Bodenkultur Wien) untersucht, welchen Einfluss eine künstliche Zugabe von *L. terrestris* auf die Bodenstruktur und den Weizenertrag in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen hat.

Material und Methoden

Der Bodenbearbeitungsversuch in Raasdorf wurde 1996 angelegt und umfasst unter anderem Pflug (30 cm Bearbeitungstiefe), Grubber seicht (8 cm Tiefe) und Direktsaat (ohne Bearbeitung) in vier Wiederholungen in einer vollständig randomisierten Blockanlage. Der Regenwurmversuch wurde in den drei genannten Bodenbearbeitungsvarianten 2020 in Mais mit zusätzlich 14 *L. terrestris* m^{-2} auf einer Fläche von 7 m² begonnen und 2021 mit Winterweizen fortgeführt (Abb. 1). Als Kontrolle diente eine gleich große Fläche mit natürlichem Regenwurmvorkommen innerhalb einer Parzelle. Während der Wachstumsperiode des Weizens wurden monatlich die Pflanzentrockenmasse, der Blattflächenindex, der Chlorophyllgehalt und die Bestandeshöhe ermittelt. Zusätzlich wurde das Regenwurmvorkommen bestimmt und wöchentlich die Oberbodenfeuchtigkeit gemessen. Die Ausgangspopulation der Regenwürmer wurde mittels Spatenstiches (20 × 20 × 30 cm) im März per Handsortierung ermittelt und danach monatlich mit kleineren Bodenproben mit 750 cm³ innerhalb der Regenwurmfläche und der Kontrolle beobachtet. Zusätzlich wurde die Anzahl der von *L. terrestris* gebildeten Komposthaufen gezählt. Der Weizen wurde Mitte Juli 2021 geerntet und der Kornertrag, das Tausendkorngewicht, die Ährenanzahl, die Ährenmasse, die gesamte oberirdische Biomasse, der Ernteindex sowie das C/N-Verhältnis in Korn und Stroh erhoben.

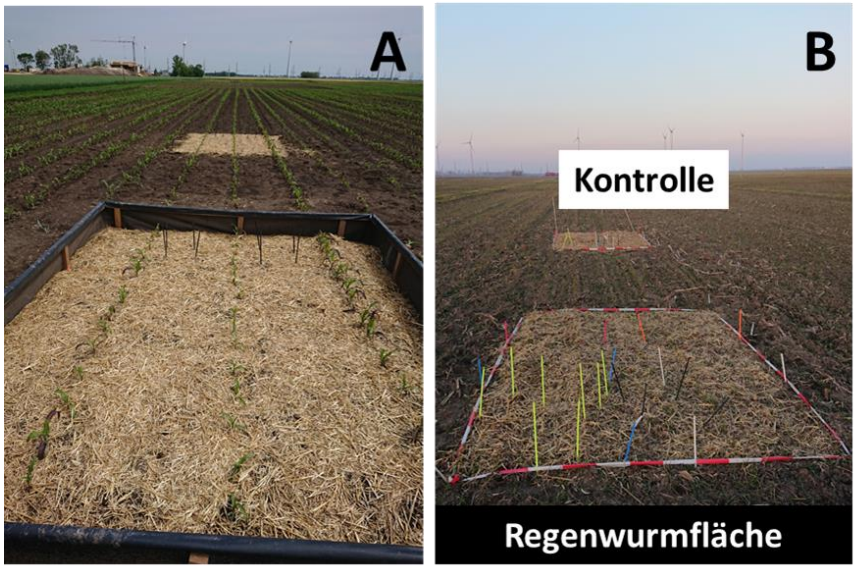


Abbildung 15: **Regenwurmversuch mit Regenwurmfläche (Vordergrund) und Kontrolle (Hintergrund) mit Strohmulchauflage im Mai 2020 in Mais (Pflugvariante; A) und 2021 in Winterweizen (Grubbervariante; B) mit ausgesteckten Regenwurmkomposthaufen auf einem Quadratmeter (gelbe Stäbe). Der Regenwurmzaun konnte nach Ansiedlung von *Lumbricus terrestris* und nach der Maisernte im November 2020 für die folgende Bodenbearbeitung und Winterweizenaussaat entfernt werden.**

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse aus 2021 zeigen, dass die zusätzlichen *L. terrestris* die Gesamtanzahl der Komposthaufen auch im zweiten Versuchsjahr in Pflug und Grubber im Vergleich zur jeweiligen Kontrolle erhöht haben. Die Regenwurmmasse und die Anzahl der Kokons in der Regenwurmfläche sind ebenfalls signifikant höher als in der jeweiligen Kontrolle. Auch die Regenwurmanzahl von endogäischen Regenwurmarten rund um die Regenwurmröhre ist im Pflug und Grubber, im Vergleich zum natürlichen Vorkommen in der Kontrolle, höher, da die Umgebung der Wohnröhren von *L. terrestris* als Nahrungsquelle für endogäische Regenwürmer und andere Bodenlebewesen dient, wodurch eine höhere Anzahl an *L. terrestris* sowie eine reduzierte Bodenbearbeitung auch das Vorkommen und die Fortpflanzung endogäischer Arten fördert (STROUD et al., 2016). Dies haben auch BUTT und LOWE (2007) in einem ähnlichen Versuch beobachtet. Allerdings nimmt die Regenwurmanzahl mit zunehmender Bodenbearbeitung ab, wie auch CRITTENDEN et al. (2014) und ERNST und EMMERLING (2009) bestätigen. In der Direktsaatvariante war aufgrund der hohen Ausgangspopulation kein Unterschied zwischen Regenwurmfläche und Kontrolle festzustellen. Die Untersuchung der natürlichen Population im März zeigte außerdem, dass die Anzahl und Masse von juvenilen Regenwürmern in Direktsaat höher ist als in den bearbeiteten Böden.

Ein Effekt einer hohen Regenwurmdichte ist die vertikale und horizontale Regenwasserverteilung im Boden (ANDRIUZZI et al., 2015; SCHNEIDER et al., 2018). Daher konnte eine höhere Oberbodenfeuchtigkeit bis Ende April in Grubber und Pflug innerhalb der Regenwurmfläche im Vergleich zur Kontrolle gemessen werden, wenngleich sie in der Grubbervariante der Regenwurmfläche insgesamt höher war. Grund dafür könnte die erhöhte Regenwasseraufnahme des Bodens durch die Wohnröhren von *L. terrestris* sein, wie WILLOUGHBY et al. (1997) berichten.

Der Winterweizen zeigte bis April einen langsameren Biomassezuwachs unter Direktsaat auf, allerdings sind ab Mai keine Unterschiede der Trockenmasse mehr festzustellen. Die Bestandeshöhe und der Blattflächenindex waren bis Mai unter der Direktsaat niedriger als auf der Pflugbewirtschaftung, ab Juni waren jedoch keine Unterschiede mehr vorhanden. Die Tatsache, dass die Bestandeshöhe in Direktsaat im Mai geringer, die Trockenmasse aber gleich ist, lässt darauf schließen, dass die Pflanzen stabiler wachsen. Da aber das Wetter von April bis Juni zu trocken war, konnten, wie auch bei SCHLÜTER et al. (2018), bei der Ertragsstruktur aufgrund der ausgebliebenen Niederschläge keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Die Zugabe von *L. terrestris* zeigte auch im zweiten Jahr das Potential, die Bodenstruktur zu verbessern und die Auswirkungen einer intensiven Bodenbearbeitung ausgleichen zu können. Es wurden schon nach kurzer Zeit Effekte auf das Bodenwasser, die Bodenaggregatstabilität und die Regenwurmpopulation beobachtet. Weiterhin kann eine Umstellung des Managementsystems auf eine konservierende Bodenbearbeitung und den Anbau von Zwischenfrüchten die Regenwurmpopulation erhöhen und die gesehenen Effekte vergrößern sowie dauerhaft erhalten. In einem seit 2022 laufenden Projekt vom Verein Boden.Leben wird dieser Frage nun nachgegangen. Untersucht wird in welcher Zeitspanne sich das Bodenleben an eine konservierende Bodenbearbeitung oder an eine intersivere Bodenbearbeitung anpasst und welche Auswirkungen dies auf die Bodenstruktur und das Bodenwasser hat.

Zusammenfassung

Die Bodenfruchtbarkeit und das Bodenleben können durch eine intensive Bodenbearbeitung reduziert werden. Besonders anözische Regenwürmer, wie *Lumbricus terrestris* profitieren von Direktsaat und fördern die Bodenqualität und das Pflanzenwachstum. Ob diese positiven Eigenschaften von *L. terrestris* auf Boden und Pflanze durch eine zusätzliche Inokulation wiedererlangt werden können, wurde an der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf (Universität für Bodenkultur Wien) untersucht. Der Versuch wurde in drei Bodenbearbeitungsvarianten (Pflug, Grubber, Direktsaat) 2020 in Mais mit zusätzlich 14 *L. terrestris* m^{-2} auf einer Fläche von 7 m² begonnen und 2021 mit Winterweizen fortgeführt. Es wurden Pflanzen- und Bodenparameter, wie Oberbodenfeuchtigkeit, Blattflächenindex, Chlorophyllgehalt, Trockenmasse und Ertragstruktur, gemessen. Zusätzlich wurde monatlich die Regenwurmpopulation beobachtet. Die Ergebnisse aus 2021 zeigen, dass *L. terrestris* auch die Regenwurmanzahl von endogäischen Regenwurmarten rund um die Regenwurmröhre im Pflug und Grubber, im Vergleich zum natürlichen Vorkommen in der Kontrolle, steigert. Weiterhin konnte bis April ebenso eine höhere Oberbodenfeuchtigkeit mit zusätzlichen *L. terrestris* im Gegensatz zur Kontrolle gemessen werden. Zusammengefasst, zeigt die Zugabe von *L. terrestris* das Potential die Bodenstruktur zu verbessern und die Effekte einer intensiven Bodenbearbeitung ausgleichen zu können.

Abstract

Earthworms can improve soil structure and soil fertility, but both can be reduced by intensive soil tillage. This work was undertaken to test whether negative effects of intensive soil tillage on soil structure and earthworm population size can be compensated by additional earthworms. Therefore, 14 *Lumbricus terrestris* were added to 7 m² of plough, cultivator and no-till plots at Raasdorf in 2020. In 2021 plant and soil parameters such as topsoil moisture, leaf area index, chlorophyll content, dry matter and yield of winter wheat were measured. Additionally, the earthworm population was monitored on a monthly basis. Results showed that numbers of endogeic earthworms increased with additional *L. terrestris* in plough and cultivator treatments. Furthermore, until April, topsoil moisture was higher with additional earthworms compared to control with ambient numbers of earthworms, but similar between the treatments due to insufficient precipitation from April to June. The biomass gains of winter wheat in no-till was lower until April, but similar to plough and cultivator from May to harvest. It was seen, that additional *L. terrestris* can improve soil parameters such as topsoil moisture and support soil fertility.

Literatur

ANDRIUZZI WS, PULLEMAN MM, SCHMIDT O, FABER JH, BRUSSAARD L, 2015: Anecic earthworms (*Lumbricus terrestris*) alleviate negative effects of extreme rainfall events on soil and plants in field mesocosms. Plant Soil 397, 103–113.

BUTT KR, LOWE CN, 2007: Presence of earthworm species within and beneath *Lumbricus terrestris* (L) middens. Eur J Soil Biol 43, 57–60.

CHAN KY, 2001: An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils. Soil & Tillage Research 57, 179-191.

CRITTENDEN SJ, ESWARAMURTHY T, DE GOEDE RGM, BRUSSAARD L, PULLEMAN MM, 2014: Effect of tillage on earthworms over short- and medium-term in conventional and organic farming. Applied Soil Ecology 83, 140-148.

ERNST G, EMMERLING C, 2009: Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. European Journal of Soil Biology 45, 247-251.
SCHLÜTER S, GROßMANN C, DIEL J, WU G, TISCHER S, DEUBEL A, RÜCKNAGEL J, 2018: Long-term effects of conventional and reduced tillage on soil structure, soil ecological and soil hydraulic properties. Geoderma 332, 10-19.
SCHNEIDER A-K, HOHENBRINK TL, RECK A, ZANGERLÉ A, SCHRÖDER B, ZEHE E, VAN SCHAIK L, 2018: Variability of earthworm-induced biopores and their hydrological effectiveness in space and time. Pedobiologia 71, 8–19.
STROUD JL, IRONS DE, CARTER JE, WATTS CW, MURRAY PJ, NORRIS SL, WHITMORE AP, 2016: *Lumbricus terrestris* middens are biological and chemical hotspots in a minimum tillage arable ecosystem. Applied Soil Ecology 105, 31-35.
PEIGNÉ J, BALL BC, ROGER-ESTRADE J, DAVID J, 2007: Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. Soil Use and Management 23, 129-144.
WILLOUGHBY GL, KLADIVKO J, REZA SAVABI M, 1997: Seasonal variations in infiltration rate under no-till and conventional (disk) tillage systems as affected by *Lumbricus terrestris* activity. Soil Biol. Biochem. 29, 3/4, 481-484.

Adressen der Autoren

[1]BOKU, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Pflanzenbau, Konrad Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln an der Donau

[2]BOKU, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Schloßhoferstraße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

[*] Ansprechpartnerin: Marion WINDISCH, BSc, marion.windisch@students.boku.ac.at

Wer Quer-denkt sollte am Kartoffelacker stehen

Effect of erosion mitigation measures in potato farming

Matthias Konzett*, Elmar Schmaltz und Peter Strauss

Einleitung

Die Kartoffel ist durch ihre späte Jungentwicklung und der besonderen Struktur des Saatbeets als besonders erosionsgefährdete Kultur bekannt. Da in Österreich die Hauptanbaugebiete der Kartoffel vor allem in Regionen liegen, welche durch nährstoffreiche, aber auch leicht erodierbare Lössböden geprägt sind, ist aus Sicht des Bodenschutzes bei dieser Ackerfrucht ein besonderes Augenmerk auf Schutzmaßnahmen zu legen.

Material und Methoden

Projekt: Im Rahmen des OptEro-Projektes wurden in den Jahren 2019, 2020 und 2021 im Durchschnitt jeweils 5 Kartoffelfelder mit den zu untersuchenden Erosionsschutzmaßnahmen ausgestattet. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen wird zum einen mit Sedimentauffangkästen – mit welchen der Bodenabtrag als auch der Oberflächenabfluss gemessen wird – und zum anderen mit Bodenfeuchtesensoren und mit Ertragsanalysen eruiert.

Standorte: Die Ergebnisse, die in dieser Studie vorgestellt werden, wurden 2021 in Herzogbirbaum, im Niederösterreichischen Weinviertel aufgenommen.

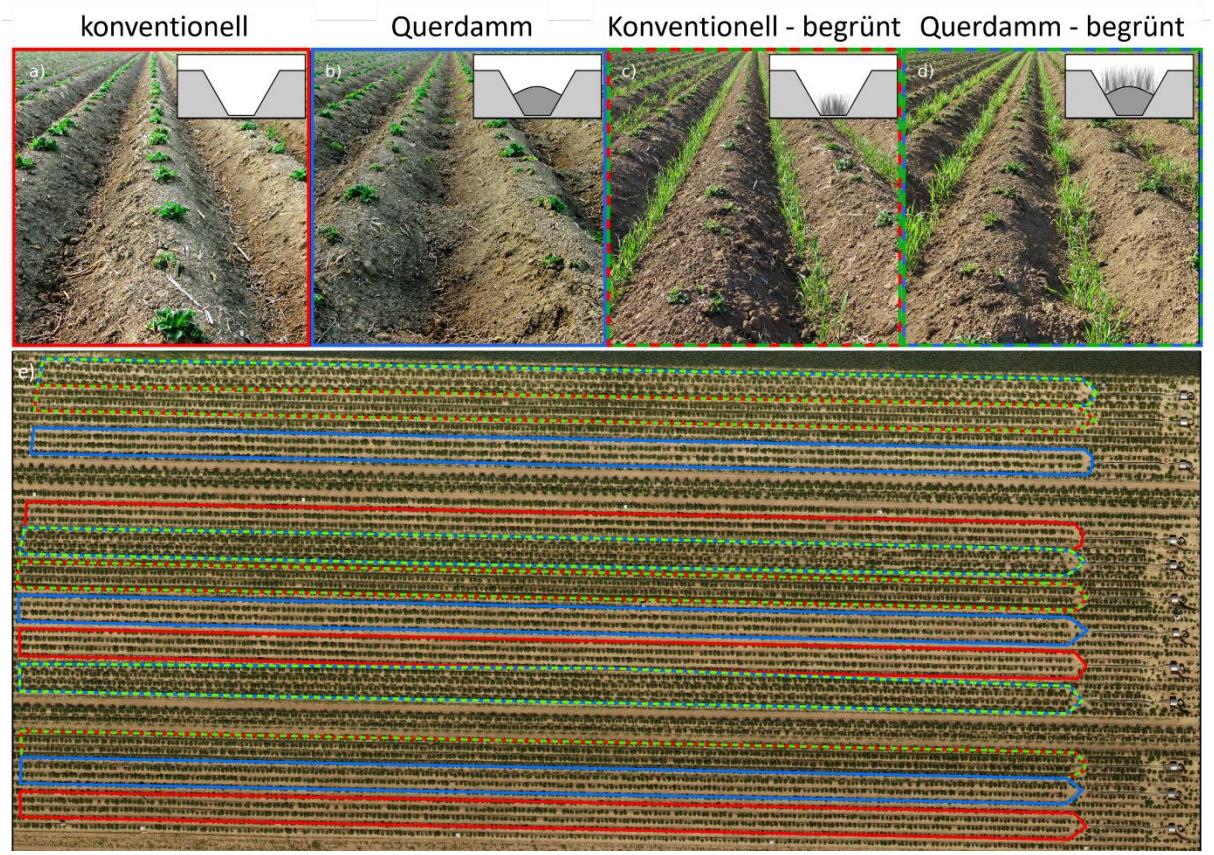


Abbildung 1: **(a)-(d) zeigen die vier untersuchten Varianten einzeln, in (e) ist der Versuchsaufbau in Herzogbirbaum im Jahr 2021 zu sehen.**

Versuchsanlage: Vier Varianten des Kartoffelanbaus mit 3 Wiederholungen wurden auf der Versuchsfläche gelegt. Neben der konventionellen Art Kartoffeln anzubauen (Abb. 1 (a)), werden als zweite

Variante Querdämme in den Furchen zwischen den Dämmen aufgezogen (Abb. 1 (b)). Die weiteren zwei Varianten sind die konventionelle bzw. Querdamm-Variante mit einer Zwischenbegrünung aus Hafer oder Wintergerste (Abb. 1 (c) & (d)).

Ergebnisse und Diskussion

Bodenabtrag: Mit den Sedimentauffangkästen (Abb. 1 (e) am rechten Bildrand) in Herzogbirbaum werden die Bodenabträge der einzelnen Varianten direkt im Feld gesammelt (Tabelle 1). Die begrünte, konventionelle Variante verringerte den Bodenabtrag um 83.1%. Durch die Häufelung von Querdämmen konnte die Bodenerosion um 98.94% reduziert werden und mit der Begrünung der Querdämme um 99.08%. Nicht nur zeigten die relativen Veränderungen in diesem Jahr ein ähnliches Bild wie in den zwei Jahren zuvor, sondern auch mit jenen von anderen Studien, welche die Wirksamkeit von Querdämmen untersucht haben. Olivier (2014) beobachtete eine Verringerung des Bodenabtrages um 66%, Vacek et al. (2015) um 74-88%, und Mayer et al. (2016) um 88%. Der höhere Wirkungsgrad der Querdämme in dieser Studie ist sehr wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Höhen der Querdämme, Abstände zwischen den Querdämmen, topographischen Eigenschaften der Felder und des Niederschlagsmusters zurückzuführen.

Oberflächenabfluss: Die Schutzmaßnahmen zeigen auch ihre Wirkung auf die Oberflächenabflüsse. Durch die Begrünung der Furche wurde der Oberflächenabfluss um 68.1% verringert. Die Querdammvariante reduzierte den Abfluss um 94.99% und die begrünten Querdämme um 94.79%. Die höhere Reduktion der normalen Querdammvariante im Vergleich zur begrünten Querdammvariante ist auf die Einlaufbereiche vor den Sedimentauffangkästen zurückzuführen, da es in diesem Jahr bei beiden Querdammvarianten nicht zu einem Brechen der Querdämme gekommen ist.

Bodenwassergehalt: Während der Bodenwassergehalt bei der begrünten (21.2%) und konventionellen Variante (21.7%) nur einen leichten und statistisch nicht signifikanten Unterschied zeigt, sind die gemessenen Werte der Querdammvarianten (normal: +22.73%, begrünt: +24.65%) signifikant höher als jene der konventionellen Variante. Durch den erhöhten Bodenwassergehalt sollte den Pflanzen mehr Wasser zur Verfügung stehen und sie können trockene Perioden besser überstehen.

Ertragsanalysen: Im Jahr 2021 wurden Ertragsuntersuchungen auf einer Fläche von 10m² durchgeführt. Obwohl die Ergebnisse nicht statistisch signifikant sind, zeigen sie einen positiven Trend für die Schutzmaßnahmen. Auf der untersuchten Fläche der konventionellen Variante wurde ein Ertrag von ca. 32.5 t ha^{-1} ermittelt. Den höchsten Ertrag rund 37.5 t ha^{-1} wurde auf der begrünten, konventionellen Variante erzielt. Die beiden Querdammvarianten führten zu einem Kartoffelertrag von jeweils 35 t ha^{-1}.

Tabelle 1: **Bodenabträge, Obreflächenabflüsse und Bodenwassergehalt der einzelnen Varianten für das Jahr 2021 auf dem Versuchsstandort in Herzogbirbaum. Die relativen Wrte der Erosionsschutzmaßnahmen beziehn sich auf die konventionelle Anbauart.**

	Konventionell	**Querdamm**		**Konventionell begrünt**		**Querdamm begrünt**	
	absolut	absolut	relativ (%)	absolut	relativ (%)	absolut	relativ (%)
Bodenabtrag (t ha^{-1})	2.54	0.03	-98.94	0.43	-83.1	0.02	-99.08
Oberflächenabfluss (mm)	11.5	0.58	-94.99	3.7	-68.1	0.6	-94.79
Bodenwassergehalt (%)	21.2	22.73	+4.53	21.7	+2.07	24.65	+7.79

Zusammenfassung

Die hohe Anfälligkeit für Bodenerosion im konventionellen Kartoffelanbau kann zu wesentlichen on-site (z.B. Verlust von nährstoffreichem Oberboden) und off-site (z.B. erhöhter Nährstoffeintrag in Gewässer) Schäden führen. Die hohe Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen – im speziellen jenen der Querdämme – zeigen sich in allen untersuchten Aspekten. Die verringerte Erosion von ca. 99% und der verringerte Oberflächenabfluss von rund 95% zeigen, dass wenn die Querdämme während der Wachstumsperiode nicht brechen, sie sowohl den Boden am Feld als auch umliegende Gewässer optimal schützen. Dass dadurch noch der Bodenwassergehalt signifikant erhöht wird und die Erträge sich leicht erhöhen (jedoch nicht signifikant), sollte ein weiterer Anreiz für Landwirte sein, Querdämme als Erosionsschutzmaßnahme auf ihren Kartoffeläckern anzuwenden.

Abstract

The high susceptibility to soil erosion in conventional potato cultivation can lead to significant on-site (e.g. loss of nutrient-rich topsoil) and off-site (e.g. increased nutrient input into water bodies) damage. The effectiveness of the protection measures - in particular those of the micro-dams - is shown in all aspects investigated. The reduced erosion of 99% and the reduced surface runoff of 95% show that if the micro-dams do not break during the growing season, they optimally protect both the soil on the field and surrounding water bodies. The fact that this also significantly increases soil water content and slightly increases yields (but not significantly) should be a further incentive for farmers to apply micro-dams as an erosion control measure on their potato fields.

Literatur

MAYER V., VACEK J., STEHLIC M., VECHJAR D., 2016: Protierozní technologie ochrany pŭdy při pěstování brambor (Technology for Soil Protection from Erosion in Potato Cultivation), Uroda 1/2016, 50–55.

OLIVIER C, GOFFART J.P., BAETS D., FONDER N., BARTHELEMY J.-P., LOGNAY G., XANTHOULIS D., 2012: Le cloisonnement des interbuttes en culture de pommes de terre: essai réalisé en collaboration avec Bayer CropScience (Huldenberg 2011), FIWAP: Brochure du CCP 2012, partie 9.5.

VACEK J., MAYER V., DOVOL J., NOVÁK J., 2015: Protierozní opatření v technologii záhonového odkamenění brambor (Erosion control measures in the stone windrowing technology for potatoes), Uroda 12/2015, 335–338

Adresse der Autoren

Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, 3252 Petzenkirchen, Pollnbergstraße 1

Nährwert und sensorische Qualität von Radieskresse-Microgreens in Abhängigkeit der mineralischen Ernährung

Nutritional and sensory quality of radish cress microgreens depending on the mineral nutrition

Michael Hausknecht[1], Magdalena Tomasewska-Sowa[2],
Norbert Keutgen[1] und Anna Jadwiga Keutgen[1*]

Einleitung

Als Microgreens können nicht nur Gemüse, sondern auch Kräuter und Getreide dienen. Sie werden am besten geerntet, wenn sich das erste Paar echter Blätter entwickelt. Es ist wichtig, Microgreens nicht mit Sprossen zu verwechseln. Letztere werden mit Wurzeln gegessen, während Microgreens häufig später geerntet werden, also größer sind und weiterentwickelte, schmackhafte Blätter aufweisen. Sowohl Microgreens als auch Sprosse werden wegen ihres leicht sauren, würzigen oder bitteren Geschmacks konsumiert und wegen ihrer sekundären Metabolite empfohlen: Chlorophyll, Carotinoide, Ascorbinsäure, Tocopherole und phenolische Verbindungen. Darüber hinaus werden alle schwefelorganischen Verbindungen der Brassicaceae-Familie, wie Glucosinolate, empfohlen, um die menschliche Ernährung zu verbessern und eine Reihe von häufigen Krankheiten zu verhindern, indem sie z.B. Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und den Cholesterinspiegel in der Leber senken.

Material und Methoden

Jahre, Pflanzenarten: Zehn Versuchswiederholungen wurden von November 2018 bis Februar 2019 mit Radieskresse (*Raphanus sativus* L.) durchgeführt.
Standorte: Die Microgreens wurden in Cressbar®-Schalen gekeimt und in den Pflanzenkammern der BOKU Wien unter Einhaltung eines 16/8 h Tag/Nacht-Rhythmus bei 22/18 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60/65% kultiviert.
Versuchsanlage: Für das Experiment wurden insgesamt fünf verschiedene Nährlösungen bereitgestellt, und 250 mL wurden zu Beginn der Keimung in die Cressbar®-Schalen über die Saatgutpads gegossen. Nährlösungen wurden während der kurzzeitigen Kultivierungszeit nicht ausgetauscht. Die Lösungen waren drei modifizierte Hoagland-Lösungen (100%, 50%, 25%; Keutgen et al. 2021), Leitungswasser und demineralisiertes Leitungswasser.

Tab. 1: **Inhaltsstoffe von Keimblättern von Radieskresse. Unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte zeigen signifikante Unterschiede an.**

	Carotinoid-Gehalt [g kg^{-1} TM]	Phenol-Gehalt [g GAE kg^{-1} TM]	Flavonoid-Gehalt [g RE kg^{-1} TM]	Anthocyanin-Gehalt [g kg^{-1} TM]	Antioxidative Kapazität [mol kg^{-1} TM]
100% Hoagland	0.68 ± 0.16 a	1.54 ± 0.15 a	13.94 ± 5.72 a	0.77 ± 0.04 a	0.12 ± 0.01 a
50% Hoagland	0.60 ± 0.03 a	1.48 ± 0.12 ab	11.38 ± 2.83 a	1.10 ± 0.46 a	0.10 ± 0.01 ab
25% Hoagland	0.56 ± 0.03 a	1.41 ± 0.07 ab	10.48 ± 4.53 a	0.88 ± 0.06 a	0.12 ± 0.01 a
Leitungswasser	0.42 ± 0.01 b	1.28 ± 0.10 bc	7.70 ± 2.99 a	1.08 ± 0.27 a	0.10 ± 0.01 ab
Demin. Wasser	0.31 ± 0.04 c	1.15 ± 0.12 c	6.90 ± 0.56 a	1.21 ± 0.21 a	0.08 ± 0.01 b
Transformation	f(x) = LN(LN(x) + 2)	--	--	--	--
$P_{Kolm.-Smirnov-Test}$	0.047	0.200[1]	0.162	0.023	0.136
$P_{Shapiro-Wilk-Test}$	0.136	0.984	0.045	0.012	0.216
P_{Levene}	0.070	0.807	0.092	--	1.000
$P_{Kruskal-Wallis-Test}$	--	--	--	0.067	--
P_{ANOVA}	0.000	0.011	0.219	--	0.008
Posthoc-Test	Duncan	Duncan	--	--	Duncan

[1] Untergrenze der wahren Signifikanz; GAE, Gallussäureäquivalente; RE, Rutin-Äquivalente; TM, Trockenmasse.

Die Radieskresse-Microgreens wurden am siebten Tag geerntet. Die Hälfte der Pflanzen wurde der chemischen Analyse zugeführt, die zweite unmittelbar nach der Ernte einer sensorischen Prüfung durch ein

ungeschultes Panel. Inhaltsstoffe wurden mit Ethanol (99,8%) aus 0,1 g des gefriergetrockneten Probenmaterials extrahiert. Die Gehalte an Carotinoiden, Phenolen, Flavonoiden, Anthocyanin und die antioxidative Kapazität wurden nach Keutgen et al. (2021) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Carotinoidgehalt der Radieskresse-Keimblätter nahm von 100%iger Hoagland-Lösung zu demineralisiertem Wasser ab. Der Gesamtphenolgehalt reagierte positiv auf einen steigenden Mineralstoffgehalt in der Nährlösung (Tabelle 1). Die Unterschiede zwischen 100%, 50% und 25% Hoagland waren jedoch nicht signifikant, während der Gesamtphenolgehalt der Keimblätter von Pflanzen, die mit Leitungswasser versorgt wurden, signifikant geringer war als der von Pflanzen, die mit 100%iger Hoagland-Lösung gezüchtet wurden. Der Gesamtphenolgehalt von Keimblättern, die sich unter demineralisiertem Wasser entwickelten, ähnelte dem von Keimblättern, die mit Leitungswasser kultiviert wurden. Die signifikante Abhängigkeit des Gesamtphenolgehalts von der zugeführten Nährlösung spiegelte sich nicht im Flavonoid- oder Anthocyaningehalt wider (Tabelle 1), obwohl sich beim Flavonoidgehalt eine abnehmende Tendenz mit abnehmender Mineralstoffkonzentration in der Nährlösung zeigte. Die antioxidative Kapazität der Kotyledonen nahm von 100%iger Hoagland-Lösung zu demineralisiertem Wasser leicht ab (Tabelle 1).

Tab. 2: **Geschmackseindruck von Radieskresse bewertet durch ein ungeschultes sensorisches Panel. Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Spalte zeigen signifikante Unterschiede nach Friedman-Tests an.**

	Schärfe	Knackigkeit	Typisches Aroma	Vorhandensein von Fehlaromen	Gesamt- geschmack-seindruck
100% Hoagland	3.33 ± 1.01 a	3.59 ± 0.76 a	3.83 ± 0.91 a	4.31 ± 0.91 ab	3.91 ± 0.90 a
50% Hoagland	3.50 ± 0.91 a	3.76 ± 0.70 a	3.74 ± 0.92 ab	4.24 ± 0.93 a	3.63 ± 0.98 ab
25% Hoagland	3.13 ± 1.01 a	3.63 ± 0.65 a	3.76 ± 0.87 a	4.17 ± 0.99 abc	3.70 ± 0.96 a
Leitungswasser	3.15 ± 1.00 a	3.43 ± 0.72 a	3.20 ± 0.96 bc	3.54 ± 1.27 c	3.13 ± 0.91 bc
Demin. Wasser	2.98 ± 0.11 a	3.35 ± 0.91 a	3.04 ± 0.85 c	3.65 ± 1.18 bc	3.04 ± 0.89 c

Der Geschmackstest bewertete die sensorischen Eigenschaften der Radieskresse und der Gesamtgeschmackseindruck verschlechterte sich mit abnehmender Konzentration der Nährlösung signifikant (Tabelle 2). Wenn die Attribute „Schärfe“, „Knackigkeit“ und „typisches Aroma“ sowie das Vorhandensein von Fehlaromen getrennt bewertet wurden, zeigten nur die letzten beiden Attribute einen signifikanten Einfluss auf die zugeführten Nährlösungen (Tabelle 2). Das Aroma der mit Hoagland-Nährlösung kultivierten Radieskresse wurde unabhängig von der Konzentration als typisch bewertet, während das Aroma der entweder in Leitungswasser oder in demineralisiertem Wasser kultivierten Radieskresse schlechter bewertet wurde. Ein ähnlicher Trend, wenn auch weniger offensichtlich, wurde im Fall des Vorliegens von Fehlaromen beobachtet.

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie bewertete die ernährungsphysiologische und sensorische Qualität von Radieskresse als Microgreen, die in Nährlösungen mit unterschiedlichen Mineralnährstoffen kultiviert wurde. In Keimblättern der Radieskresse nahmen die Carotinoid-, Gesamtphenolegehalte und die antioxidative Kapazität mit sinkenden Nährstoffgehalten signifikant ab, während der Flavonoidgehalt nur in der Tendenz abnahm und der Anthocyaningehalt unbeeinflusst blieb. Die sensorische Qualität wurde am höchsten bewertet, wenn der Mineralstoffgehalt in der Nährlösung am höchsten war. Für die Kultivierung von Radieskresse wird die Anwendung von 25%iger modifizierter Hoagland-Lösung empfohlen.

Abstract

The present study assessed nutritional and sensory quality of radish cress as a microgreen cultivated in nutrient solutions with different amounts of mineral nutrients. In cotyledons of radish cress, carotenoid, total phenols, and antioxidant capacity decreased significantly when nutrient content decreased, whereas flavonoid contents decreased in tendency and anthocyanin contents remained unaffected. The sensory

quality was rated highest when mineral content in the nutrient solution was highest. For the cultivation of radish cress, the application of 25% modified Hoagland solution is recommended.

Literatur

Keutgen, N.; Hausknecht, M.; Tomaszewska-Sowa, M.; Keutgen, A.J. Nutritional and sensory quality of two types of cress microgreens depending on the mineral nutrition. Agronomy 2021, 11, 1110. https://doi.org/10.3390/agronomy11061110.

Adresse der Autoren

[1] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Gartenbau, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Österreich

[2] UTP University of Science and Technology, Department of Agricultural Biotechnology, Laboratory of Genetics and Plant Physiology, 85-029 Bydgoszcz, Poland

[*] Ansprechpartnerin: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. sc. agr. Dr. hab. Dr. sc. agr. Anna KEUTGEN, anna.keutgen@boku.ac.at

Nährwert und sensorische Qualität von Gartenkresse-Microgreens in Abhängigkeit der mineralischen Ernährung

Nutritional and sensory quality of garden cress microgreens depending on the mineral nutrition

Michael Hausknecht[1], Magdalena Tomasewska-Sowa[2],
Norbert Keutgen[1] und Anna Jadwiga Keutgen[1*]

Einleitung

Der Verzehr von Microgreens in der menschlichen Ernährung ist aufgrund ihrer lebhaften Farben und besonderen Aromen, die zum Erlebnis und Geschmacksempfinden beitragen, gut etabliert. Microgreens werden aufgrund ihres im Prinzip einfachen Anbaus zunehmend in die tägliche Ernährung integriert. Die kommerzielle Produktion von Microgreens kann jedoch ziemlich herausfordernd sein, da der perfekte Erntezeitpunkt eine wesentliche Rolle für den Vermarktungserfolg dieser leicht verderblichen Produkte spielt. Der Anbau von Microgreens erfolgt meist in hydroponischen Anbausystemen und verschiedenen Nährlösungen und Kulturgefäßen wie Matten, Trays und Beuteln. Informationen über die verwendeten Nährlösungen im Microgreen-Anbau sind rar, aber viele derzeit verwendete Lösungen basieren auf einer modifizierten Hoagland-Lösung. Laut Literatur wird normalerweise eine 25%ige oder 50%ige Hoagland-Lösung bevorzugt.

Material und Methoden

Jahre, Pflanzenarten: Zehn Versuchswiederholungen wurden zwischen März und Juni 2019 mit Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) durchgeführt.
Standorte: In den Pflanzenkammern der BOKU Wien wurden die Microgreens in Cressbar®-Schalen gekeimt. Die Anzuchtbedingungen der Hydrokultur waren ein 16/8 h Tag/Nacht-Rhythmus mit einer Temperatur von 22/18 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60/65%.
Versuchsanlage: Es wurden verschiedene Nährlösungszusammensetzungen für die Anzucht von Gartenkresse in Hydrokultur getestet: drei modifizierte Hoagland-Lösungen (100%, 50%, 25%; Keutgen et al. 2021), Leitungswasser und demineralisiertes Leitungswasser. Zu Beginn des Versuches wurden 250 mL der Nährlösungen über die Saatgutpads gegossen und die Nährlösung wurde bis zur Ernte nicht ausgetauscht. Die Gartenkresse-Microgreens wurden am sechsten Tag geerntet. Bei der Hälfte der Pflanzen wurden die Gehalte an Carotinoiden, Phenolen, Flavonoiden, Anthocyanin und die antioxidative Kapazität nach Keutgen et al. (2021) bestimmt. Der Rest wurde unmittelbar nach der Ernte für eine sensorischen Prüfung durch ein ungeschultes Panel verwendet.

Tab. 1: **Inhaltsstoffe von Gartenkresse-Microgreens. Unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte zeigen signifikante Unterschiede an.**

	Carotinoid-Gehalt [g kg^{-1} TM]	Phenol-Gehalt [g GAE kg^{-1} TM]	Flavonoid-Gehalt [g RE kg^{-1} TM]	Anthocyanin-Gehalt [g kg^{-1} TM]	Antioxidative Kapazität [mol kg^{-1} TM]
100% Hoagland	0.56 ± 0.07 a	2.35 ± 0.08 a	11.22 ± 3.62 a	0.04 ± 0.05 b	0.15 ± 0.01 a
50% Hoagland	0.50 ± 0.08 ab	2.15 ± 0.13 a	12.34 ± 5.66 a	0.03 ± 0.02 b	0.14 ± 0.02 a
25% Hoagland	0.44 ± 0.04 ab	2.16 ± 0.21 a	14.42 ± 11.96 a	0.04 ± 0.02 b	0.14 ± 0.01 a
Leitungswasser	0.40 ± 0.13 bc	2.37 ± 0.01 a	18.97 ± 7.94 a	0.12 ± 0.07 ab	0.16 ± 0.02 a
Demin. Wasser	0.31 ± 0.01 c	2.15 ± 0.04 a	17.23 ± 1.52 a	0.15 ± 0.06 a	0.13 ± 0.01 a
Transformation	f(x) = LN(LN(LN(x)+2)+1)	--	f(x) = LN(x)	--	--
$P_{Kolm.-Smirnov-Test}$	0.061	0.055	0.200[1]	0.200[1]	0.084
$P_{Shapiro-Wilk-Test}$	0.041	0.110	0.229	0.061	0.170
P_{Levene}	0.064	0.008	0.160	0.250	0.494
P_{ANOVA}	0.007	0.086	0.611	0.037	0.431
Posthoc-Test	Duncan	--	--	Duncan	--

[1] Untergrenze der wahren Signifikanz; GAE, Gallussäureäquivalente; RE, Rutin-Äquivalente; TM, Trockenmasse.

Ergebnisse und Diskussion

Der Carotinoidgehalt der Gartenkresse war bei 100%iger Hoagland-Lösung am höchsten, bei demineralisiertem Wasser war er um rund 50% geringer. Bei Gartenkresse war der Gehalt an Gesamtphenolen unabhängig von der zugeführten Nährlösung (Tabelle 1). Auch der Flavonoidgehalt der Microgreens wurde nicht signifikant beeinflusst, jedoch zeigte sich ein tendenzieller Anstieg bei abnehmenden Konzentrationen in der Nährlösung. Der Anthocyaningehalt stieg signifikant an bei Abnahme der Nährlösungskonzentration, während die antioxidative Kapazität durch die Behandlung unbeeinflusst blieb (Tabelle 1).

Tab. 2: Geschmackseindruck von Gartenkresse bewertet durch ein ungeschultes sensorisches Panel. Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Spalte zeigen signifikante Unterschiede nach Friedman-Tests an.

	Schärfe	Knackigkeit	Typisches Aroma	Vorhandensein von Fehlaromen	Gesamt- geschmack-seindruck
100% Hoagland	3.24 ± 0.88 ab	3.50 ± 0.77 a	3.65 ± 0.71 a	4.15 ± 0.77 a	3.82 ± 0.76 a
50% Hoagland	3.39 ± 1.04 a	3.56 ± 0.86 a	3.70 ± 0.82 a	3.88 ± 0.97 a	3.62 ± 0.86 a
25% Hoagland	3.05 ± 0.97 ab	3.23 ± 0.91 ab	3.29 ± 0.87 ab	3.74 ± 1.04 a	3.09 ± 0.94 b
Leitungswasser	3.33 ± 1.00 a	2.95 ± 0.94 ab	3.03 ± 0.86 bc	3.55 ± 1.08 a	2.89 ± 0.93 bc
Demin. Wasser	2.79 ± 1.14 b	2.74 ± 1.01 b	2.59 ± 0.89 c	2.71 ± 1.15 b	2.36 ± 1.02 c

Der Gesamtgeschmackseindruck von Gartenkresse wurde vom ungeschulten sensorischen Panel wie folgt bewertet: wenn in 100%iger Hoagland-Lösung kultiviert, wurde die Gartenkresse besser bewertet als im Vergleich zur Kultur mit demineralisiertem Wasser. Die höchsten Bewertungen erhielten Microgreens, die in 100%iger und 50%iger Hoagland-Lösung kultiviert wurden (Tabelle 2). Diese Bewertung spiegelte sich in den Attributen „Knackigkeit“ und „typisches Aroma“ wider. Lediglich bei der mit demineralisiertem Wasser kultivierten Variante identifizierte das Panel ein Fehlaroma (Tabelle 2).

Zusammenfassung

Ziel der aktuellen Studie war es, den Anbau von Gartenkresse-Microgreens unter praxisnahen Kulturbedingungen, vergleichbar mit Privathaushalten, zu untersuchen. Bei der Gartenkresse wurde der Gesamtphenolgehalt durch die eingesetzten Nährlösungen nicht beeinflusst. Dagegen waren die Flavonoidgehalte bei einer Kultur mit demineralisiertem Wasser tendenziell am höchsten. Im Allgemeinen haben Flavonoide eine immunmodulatorische Wirkung auf das menschliche Immunsystem und ihre vielfältigen Strukturen können mit zahlreichen Eigenschaften zusammenhängen, darunter antioxidative, antibakterielle, krebshemmende, antimutagene und entzündungshemmende Wirkungen. Auch der Anthocyaningehalt war bei Kultur mit demineralisiertem Wasser am höchsten. Anthocyane können als sogenannte Abwehrflavonoide angesehen werden, deren Synthese mit zusätzlichen Energiekosten einhergeht. Bei der Gartenkresse ergab die Bewertung des geschmacklichen Gesamteindrucks, dass trotz geringer Gehalte an Anthocyaninen und Flavonoiden nur der Anbau mit 100%iger und 50%iger Hoagland-Lösung für den Verbraucher akzeptabel war, was darauf hinweist, dass die sensorische Qualität nicht unbedingt mit der Ernährungsqualität identisch ist. Demineralisiertes Wasser führte zu einem Fehlgeschmack. Der in Privathaushalten gängige Anbau mit Leitungswasser resultiert daher in einer attraktiven Kombination aus Verbraucherakzeptanz und gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen.

Abstract

The current study set out to examine the cultivation of cress microgreens under practical culture conditions comparable to private households. The total phenol content of the garden cress was unaffected by the applied nutrient solutions. In contrast, flavonoid contents tended to be higher in garden cress cultivated with demineralized water. Generally, flavonoids have an immunomodulatory effect on the human immune system and their diverse structures may be related to numerous properties, including antioxidant, antibacterial, anti-cancer, anti-mutagenic, and anti-inflammatory effects. The anthocyanin content as well was highest in cultures with demineralized water. Anthocyanins can be regarded as so-called defensive flavonoids, the synthesis of which comes along with additional energy costs. In the case of

garden cress, the evaluation of the total flavour impression revealed that only cultivation with 100% and 50% Hoagland solution was acceptable to the consumer, despite the low levels of anthocyanins and flavonoids, indicating that sensory quality is not necessarily identical with nutritional quality. Demineralized water resulted in an off-flavour. The cultivation with tap water, which is the common practice in private households, may represent an attractive combination of consumers' acceptability and health promoting compounds.

Literatur

Keutgen, N.; Hausknecht, M.; Tomaszewska-Sowa, M.; Keutgen, A.J. Nutritional and sensory quality of two types of cress microgreens depending on the mineral nutrition. Agronomy 2021, 11, 1110. https://doi.org/10.3390/agronomy11061110.

Adresse der Autoren

[1] Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Gartenbau, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Österreich

[2] UTP University of Science and Technology, Department of Agricultural Biotechnology, Laboratory of Genetics and Plant Physiology, 85-029 Bydgoszcz, Poland

[*] Ansprechpartnerin: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. sc. agr. Dr. hab. Dr. sc. agr. Anna KEUTGEN, anna.keutgen@boku.ac.at

Das Potenzial von Agroperl® als Torfersatz oder Bodenzusatz

Potential of Agroperl® to serve as a peat replacement or soil additive

Verena Pernicka, Erich Kronsteiner, Norbert Keutgen und Anna Jadwiga Keutgen*

Einleitung

In Zeiten steigender CO_2-Konzentrationen in der Atmosphäre und allmählich spürbarer Auswirkungen des Klimawandels ist es dringend notwendig, Alternativen zu fossilen Kohlenstoffquellen zu finden. Torf ist immer noch ein Hauptbestandteil von Kultursubstraten im Gartenbau. In einem Projekt zu verschiedenen Torfersatzstoffen und ihren Eigenschaften wurde versucht, Komponenten für eine Substratmischung zu finden, die Torf ersetzen kann. Ein bewährter Torfersatzstoff zur Bodenbelüftung und Wasserspeicherung ist geblähter bzw. expandierter Perlit. Die Eigenschaften von Agroperl®, einem expandierten Perlitprodukt, wurden in einer Pilotstudie untersucht.

Material und Methoden

Jahre, Pflanzenarten: *Ocimum basilicum* L. (‚Hohes Grünes Genoveser 5610‘ (Bio) von Austrosaat auf Standort A und ‚Genoveser 3209‘ (konventionell) von Kiepenkerl auf Standort B). Versuch einjährig, 2021.
Standorte: Die Pflanzen wurden im Innenbereich auf Fensterbänken der Wohnungen von zwei Studienteilnehmer*innen in Hydrokulturbehältern mit einem Volumen von jeweils 1.300 ml kultiviert.
Versuchsanlage: Die Substratmischung bestand aus Agroperl® und Best Green Bio-Kräuteraussaaterde von Floragard. Container 1 diente als Kontrollgruppe mit 100% Anzuchterde. Container 2 wurde zu 2/3 (% Vol) mit Anzuchterde und zu 1/3 mit Agroperl® befüllt, Container 3 wurde zu gleichen Teilen mit Anzuchterde und Agroperl® befüllt und Container 4 war zu 1/3 mit Anzuchterde und 2/3 Agroperl® befüllt.

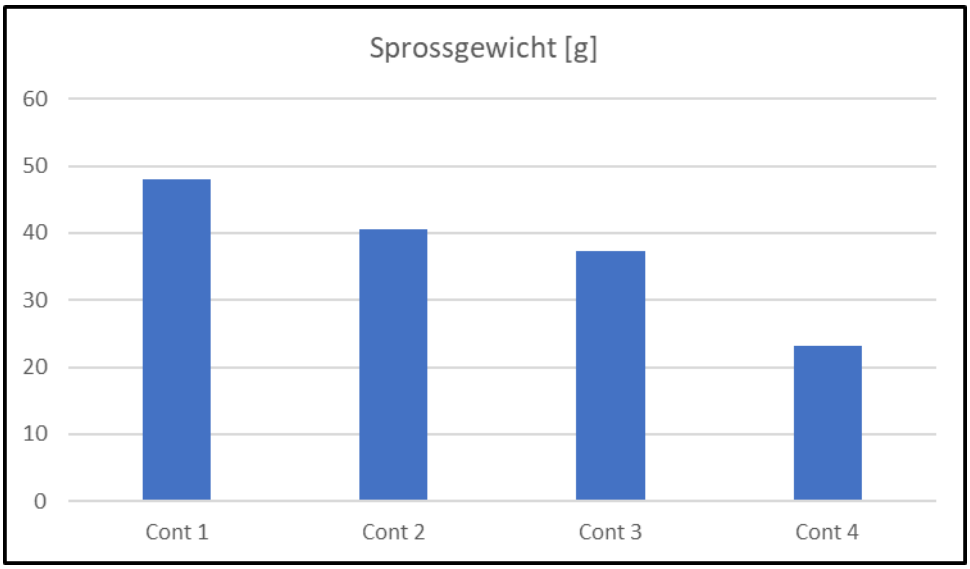


Abbildung 1: **Pflanzen-Sprossgewicht [g] in Abhängigkeit von der Substratzusammensetzung (Cont1 – 100% Anzuchterde; Cont2 – 2/3 Anzuchterde & 1/3 Agroperl®; Cont3 – ½ je Anzuchterde & Agroperl®; Cont4 – 1/3 Anzuchterde & 2/3 Agroperl®)**

Da Basilikum ein Lichtkeimer ist, wurden die Basilikumsamen locker über das Substrat verteilt. Etwa 30-40 Samen wurden zum Keimen gebracht und die besten 12 Pflanzen wurden ausgewählt. Für die Keimung wurde Leitungswasser von oben zugeführt und mittels eines Zerstäubers wurde die Substratoberfläche feucht gehalten. Nach der Bildung der Keimblätter und Wurzeln wurde Leitungswasser nur von unten nach Bedarf zugegeben. Eine Wasserstandsanzeige in den Behältern half bei der Steuerung

der Bewässerung. Vor und nach der Bewässerung wurden die Behälter gewogen, um den Wasserverbrauch zu bestimmen. Am 01.06.2021 wurden nach 60 Wachstumstagen die am besten gewachsenen 10 Pflanzen geerntet, in Blätter und Stängel aufgeteilt und die Frischgewichte der Fraktionen wurden durch Wiegen bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Agroperl® führte zu einem schlechteren Wachstum der Basilikum-Pflanzen, welches proportional zum Agroperl®-Anteil abnahm. Die Basilikum-Pflanzen konnten in Agroperl® nicht optimal wachsen (Abb. 1) und versuchten, sich mit der Zunahme des Blattanteils am Sprossgewicht anzupassen (Abb. 2). Die hohe Wasserspeicherungskapazität von Agroperl® hatte im Versuch keinen positiven Effekt auf das Pflanzenwachstum: Ein höherer Anteil von Agroperl® führte zu einem höheren Wasserverbrauch pro gebildeter Biomasse (Abb. 3).

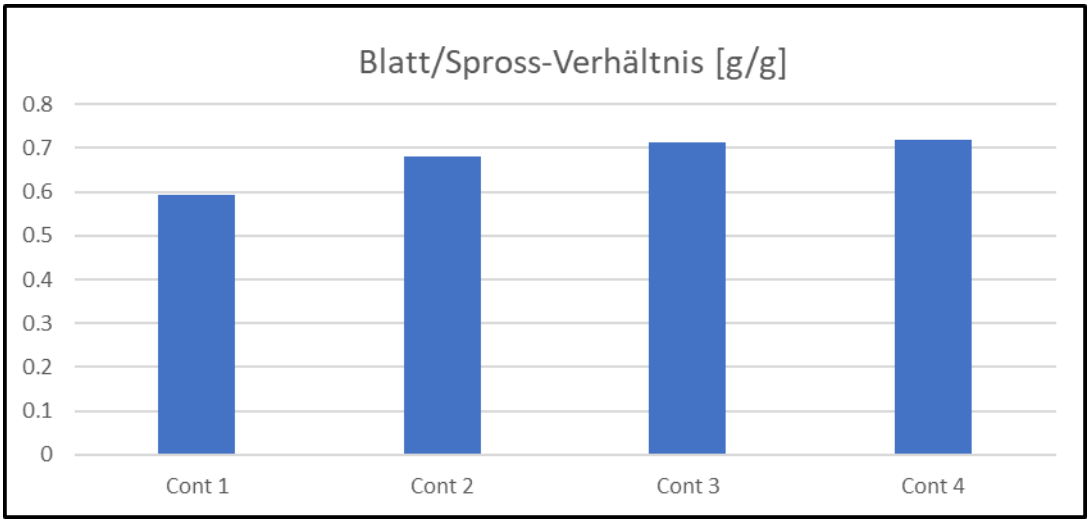


Abbildung 2: **Mittleres Blattgewicht pro mittleres Gewicht ganzer Triebe [g/g] (Cont1 – 100% Anzuchterde; Cont2 – 2/3 Anzuchterde & 1/3 Agroperl®; Cont3 – ½ je Anzuchterde & Agroperl®; Cont4 – 1/3 Anzuchterde & 2/3 Agroperl®)**

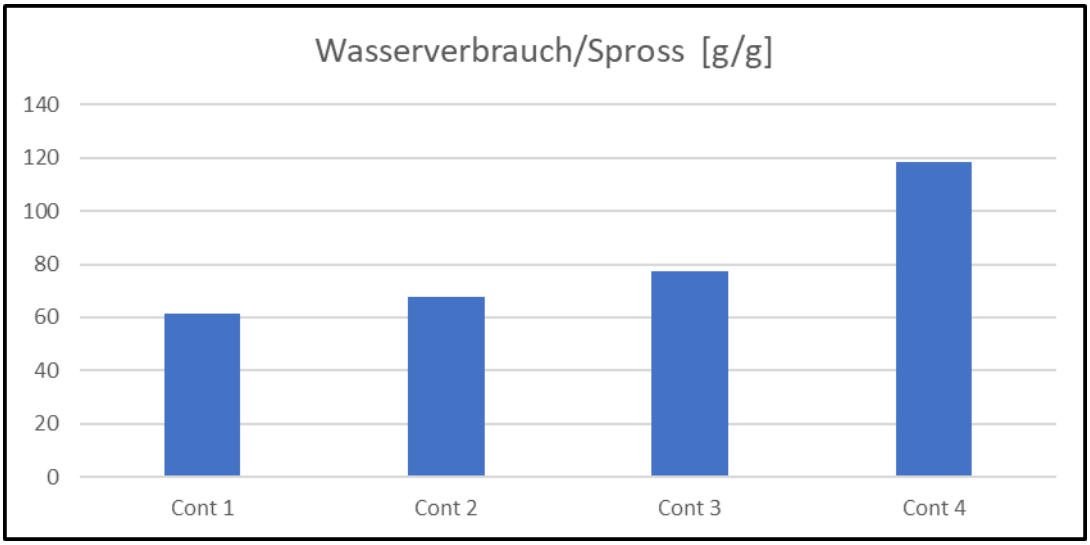


Abbildung 3: **Wasserverbrauch pro Sprossgewicht zum Zeitpunkt der Ernte [g/g] in Abhängigkeit von der Substratzusammensetzung (Cont1 – 100% Anzuchterde; Cont2 – 2/3 Anzuchterde & 1/3 Agroperl®; Cont3 – ½ je Anzuchterde & Agroperl®; Cont4 – 1/3 Anzuchterde & 2/3 Agroperl®)**

Zusätzliche Studien zu Torfersatzstoffen über eine längere Wachstumsperiode wären wünschenswert, ebenso Studien mit weiteren, u.U. nährstoffhaltigen Bodenhilfsstoffen in Kombination mit Agroperl®. Eine Diversifizierung mit bis zu fünf Substrat-Komponenten, z.B. kompostierter Rinde, kompostierten Grünabfällen, Wurmkompost, Holzkohle, Holzfasern und mineralischen Komponenten als Torfersatzstoffe wird angestrebt.

Zusammenfassung

Torfersatzstoffe als Bestandteil von Kultursubstraten im Gartenbau sind ein wichtiges Thema. Im Rahmen dieser Studie wurde die Eignung von Agroperl®, einem bewährten Bodenhilfsstoff zur Bodenbelüftung und Wasserspeicherung, am Beispiel von Basilikum unter Praxisbedingungen in Hydrokultur getestet. Es wurde gezeigt, dass Agroperl® proportional zu seinem Anteil im Bodensubstrat zu Wachstumsdefiziten führte. Die Basilikumpflanzen konnten in Agroperl® nicht ausreichend wachsen und versuchten sich durch eine Zunahme des Blattgewichts im Verhältnis zum Stängelgewicht anzupassen. Höhere Agroperl®-Anteile führten zu einem höheren Wasserverbrauch pro produzierter Biomasse.

Abstract

In times of increasing CO_2-concentrations in the atmosphere and gradually noticeable effects of climate change, it is urgent to find alternatives to fossil carbon sources. Peat is still a main constituent in growing media in horticulture. An established soil additive for aeration and water retention is expanded perlite. The properties of Agroperl®, an expanded perlite product, were examined in a pilot study. It was investigated, to which extent Agroperl® can replace plant soil as the sole soil additive in four different soil compositions. Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) were sown in four containers in different potting soil mixtures. It could be shown that Agroperl® leads to growth deficits proportional to its application ratio. The basil plants could not grow sufficiently in Agroperl® and tried to adapt by an increase of leaf relative to stem weight. Higher proportions of Agroperl® lead to higher water consumption per produced biomass. Further studies on a larger scale and over a longer growing period would be needed, as well as studies looking at the potential of additional compounds combined with Agroperl®.

Adresse der Autoren

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Gartenbau, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Österreich

[*] Ansprechpartnerin: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. sc. agr. Dr. hab. Dr. sc. agr. Anna KEUTGEN, anna.keutgen@boku.ac.at

Indikatoren aus Blattknospen für den Blühbeginn von Apfelbäumen

Aktivitäten von H_2O_2-umwandelnden Enzymen in vegetativen Knospen der Sorte Idared während der Dormanzaufhebung

Activities of H_2O_2-converting enzymes in vegetative apple buds of the cultivar Idared during dormancy release

Anna M. Hubmann*, Alexandra Jammer und Stephan Monschein

Einleitung

Verkürzte Lichtperioden, niedere Temperaturen und insbesondere Frost sind abiotische Faktoren, die in den gemäßigten Zonen vorwiegend in den kalten Jahreszeiten vorherrschen und negative Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum haben. Jene widrigen Bedingungen im Winter werden von Apfelbäumen durch eine Ruhephase – oder Dormanz – überdauert. Die Winterdormanz von Apfelbäumen wird durch eine Vielzahl endogener und exogener Faktoren beeinflusst und reguliert. Es bestehen immer noch große Lücken im Verständnis über Mechanismen, denen phänologische Prozesse wie die Dormanz und ihre Aufhebung unterliegen. Zusätzlich wird die Phänologie von Apfelbäumen durch die Klimaerwärmung beeinflusst: Erhöhte Temperaturen führen zu einer früheren Apfelblüte und damit zu einer erhöhten Gefahr von Frostschäden im Frühjahr (UNTERBERGER et al. 2018). Daher ist es unser Ziel, potenziell als Bioindikatoren geeignete Parameter zu untersuchen, um den Zeitpunkt der Apfelblüte vorherzusagen.

Abiotischer Stress in Form von geringen Temperaturen oder Dehydration spielt in zahlreichen Phasen der Dormanz eine zentrale Rolle. Nahezu jegliche Art des Stresses ist verbunden mit einer erhöhten Bildung von Reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) und folglich einer Hochregulierung des antioxidativen Systems in Pflanzen. Daher wurden Aktivitätsänderungen von Wasserstoffperoxid-umwandelnden Enzymen, nämlich Catalasen (CAT), intrazellulärer Peroxidasen (POX) und Zellwand-gebundenen Peroxidasen (cwPOX) in Apfelblattknospen während der Dormanzaufhebung untersucht. Die Untersuchung der Enzymaktivitäten erfolgte in *Blatt*knospen, sodass die fruchtbringenden *Blüten*knospen für den Obstbau erhalten blieben. Die physiologischen Veränderungen in Blattknospen wurden anschließend im Kontext der morphologischen Entwicklung von Blütenknospen und der Witterungsbedingungen (Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit) diskutiert.

Material und Methoden

Die Probennahme erfolgte von 23.03.21 ("day of the year" [DOY] 85) bis 26.04.21 (DOY 113) im Intervall von ca. einer Woche.

Pflanzenmaterial: Blattknospen wurden von Apfelbäumen der Sorte Idared gesammelt und sofort in flüssigem Stickstoff schockgefroren. Die Proben-Bäume befinden sich in einer Plantage der Versuchsstation für Obst- und Weinbau in Haidegg, Graz.

"Bereinigtes Trockengewicht“ (aDW): Um das prozentuelle Verhältnis zwischen Knospenschuppen und physiologisch aktivem Gewebe in Blattknospen zu bestimmen, wurden pro Probennahme separat Knospen gesammelt. Die Knospen wurden entschuppt und das Trockengewicht von Schuppen und restlichem Gewebe dokumentiert.

Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit: Ein Datenlogger im Zentrum der Baumreihe zeichnete stündlich die Lufttemperatur [°C] sowie die Luftfeuchtigkeit [%] über den gesamten Untersuchungszeitraum auf.

Phänologische Entwicklung der Blütenknospen: Pro Probennahme wurden die morphologischen Veränderungen der Blütenknospen photographisch dokumentiert. Abhängig vom phänologischen Stadium wurde jede Blütenknospe dem entsprechenden BBCH-Code (MEIER et al. 1994) zugeordnet. Zur graphischen Darstellung wurde der durchschnittliche BBCH +/- SD (n = 50) berechnet.

Extraktion und Assays der H_2O_2-umwandelnden Enzyme: Die Extraktion sowie die kinetischen Assays wurden abgewandelt nach FIMOGNARI et al. (2020) durchgeführt. Alle kinetischen Assay wurden in Triplikaten in (UV-durchlässigen) 96-well Mikrotiterplatten gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Für einen erfolgreichen Austrieb ausdauernder Obstbäume sind eine angemessen lange Ruhephase in den Wintermonaten sowie die Dormanzaufhebung zu einem Zeitpunkt im Frühjahr, in dem die Bedingungen konstant günstig sind, von großer Bedeutung. Nicht zuletzt aufgrund der Klimaveränderungen und der damit verbundenen Verschiebung in der Phänologie der Obstbäume, ist die Dormanz bei ausdauernden Pflanzen in den letzten Jahren Gegenstand intensiver Forschung geworden. Zahlreiche Studien unterstützen die Annahme, dass reaktive Sauerstoffspezies (ROS), insbesondere Wasserstoffperoxid und ROS-abfangende Enzyme, während der Dormanz und der Dormanzaufhebung involviert sind (zusammengefasst von BEAUVIEUX et al. 2018).

Alle Enzyme zeigten innerhalb des Untersuchungszeitraums Aktivitätsveränderungen. Die Aktivität der cwPOX nahm innerhalb des Beobachtungszeitraums hauptsächlich ab. Ausschließlich von DOY 97 auf DOY 100 konnte ein Aktivitätsanstieg der cwPOX aufgezeichnet werden, gefolgt von einer weiteren Aktivitätsabnahme. Kurz vor und während dieser Zeit nahm die Lufttemperatur stark ab und die Blütenknospen zeigten in diesem Zeitraum minimale morphologische Veränderungen (zwischen Grün- und Rotknospenstadium; vgl. Abb. 1). POX und CAT zeigten von Beginn bis DOY 100 zunehmende Aktivitäten. Während die Aktivität von POX ab diesem Zeitpunkt abnahm, nahm die Aktivität von CAT bis DOY 108 weiter zu. Vom vorletzten bis zum letzten Beobachtungspunkt (DOY 113), nahmen alle gemessenen Enzymaktivitäten ab (vgl. Abb. 1). Die Blütenknospen von Idared befanden sich zu diesem Zeitpunkt im phänologischen Stadium des Aufblühens (BBCH 61; MEIER et al. 1994).

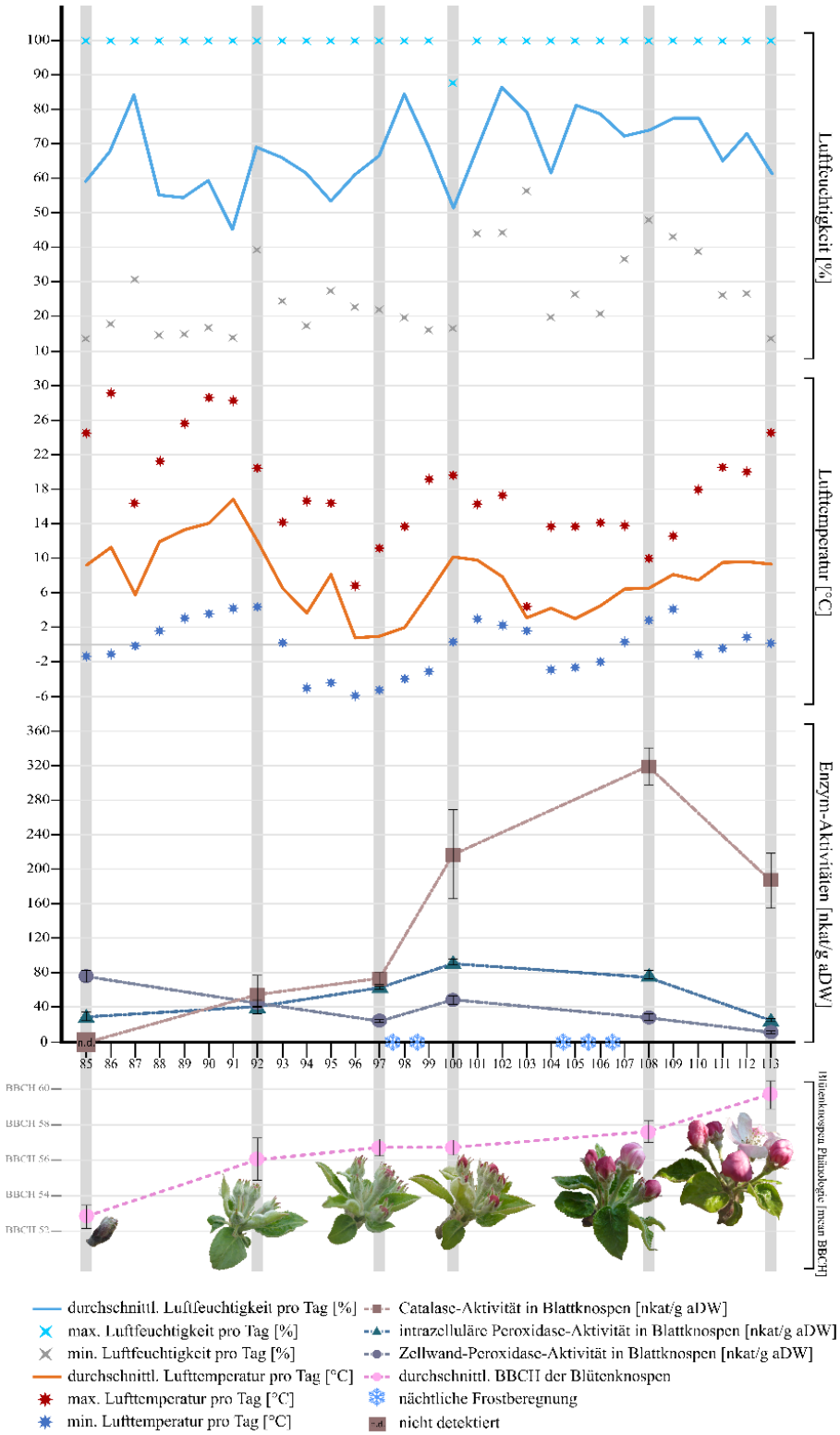


Abbildung 1: **Synoptische Darstellung der relativen Luftfeuchtigkeit [%], der Lufttemperatur [°C], der Enzymaktivitäten von CAT, POX und cwPOX [nkat/g aDW] in Blattknospen und der morphologischen Entwicklung von Blütenknospen während des Beobachtungszeitraums in DOY (= day of the year). Tage, an welchen Blattknospen-Proben gesammelt und morphologische Veränderungen der Blütenknospen photographisch festgehalten wurden, sind mittels grauer Balken markiert.**

Die Aktivitäten Wasserstoffperoxid-umwandelnder Enzyme veränderten sich innerhalb des Untersuchungszeitraums deutlich. Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit zeigte starke Schwankungen, ohne offensichtlichen Trend. Moderate Schwankungen der (durchschnittlichen) Lufttemperaturen schienen die

enzymatischen Aktivitäten nicht zu beeinflussen, während starke Temperaturabfälle den weiteren Verlauf der Enzymaktivitäten während des Beobachtungszeitraums möglicherweise beeinflussten. Auf den Entwicklungsverlauf der Blütenknospen schienen Schwankungen der Lufttemperatur einen modulierenden Einfluss zu haben.
Erweiterte Untersuchungen – insbesondere zu früheren Stadien der Dormanz – sind erforderlich. Daher werden, neben CAT, POX und cwPOX-Aktivitäten, weitere potenzielle Biomarker, wie beispielsweise Konzentrationen diverser Zucker und Aktivitäten von saccharolytischen Enzymen in Blattknospen in einem umfangreicheren Kontext an zwei Apfel-Sorten (früh- und spätblühend) an demselben Standort (Haidegg) untersucht. Entsprechend wurden in den letzten zwei Jahren bereits Blattknospen gesammelt. Luftfeuchtigkeit, Boden- und Lufttemperatur wurden ebenfalls aufgezeichnet. Die physiologischen Veränderungen sollen untereinander sowie zwischen beiden Sorten und Untersuchungszeiträumen verglichen werden. Zusätzlich sollen die Ergebnisse mit den aufgezeichneten Umweltbedingungen und den phänologischen Entwicklungsstadien der Blütenknospen verglichen werden.

Zusammenfassung

Die Aktivitäten von Wasserstoffperoxid-umwandelnden Enzymen wurden in Blattknospen der Sorte Idared während der Phase der Dormanzaufhebung untersucht. Dazu wurden Blattknospen vom 26.03.2021 bis 23.04.2021 in einwöchigen Intervallen gesammelt. Die Enzym-Assays für Catalase (CAT), Peroxidase (POX) und zellwandgebundene Peroxidase (cwPOX) wurden nach FIMOGNARI et al. (2020) erfolgreich für Apfelblattknospen etabliert. Die Enzymaktivitäten wurden auf Basis eines „bereinigten Trockengewichts“ (aDW) ausgedrückt, ein Referenzsystem, das die Verhältnisänderungen im Zuge der Knospenentwicklung zwischen physiologisch aktivem Gewebe und Knospenschuppen berücksichtigt. Um physiologische Veränderungen in den Blattknospen mit der morphologischen Entwicklung der Blütenknospen sowie mit abiotischen Bedingungen zu vergleichen, wurde das phänologische Stadium der Blütenknospen zu jedem Untersuchungszeitpunkt photographisch dokumentiert. Zusätzlich wurde die Lufttemperatur sowie die Luftfeuchtigkeit während des gesamten Beobachtungszeitraums kontinuierlich aufgezeichnet. Moderate Schwankungen der (durchschnittlichen) Lufttemperaturen schienen die enzymatischen Aktivitäten nicht zu beeinflussen, während starke Temperaturabfälle den weiteren Verlauf der Enzymaktivitäten während des Beobachtungszeitraums möglicherweise beeinflussten. Auf den Entwicklungsverlauf der Blütenknospen schienen Schwankungen der Lufttemperatur jedoch einen großen Einfluss zu haben.

Abstract

Hydrogen peroxide-converting enzyme activities were investigated in leaf buds of the cultivar Idared during the period of dormancy release. For this purpose, leaf buds were collected from 26.03.2021 to 23.04.2021 at one-week intervals. Enzyme assays for catalase (CAT), peroxidase (POX) and cell wall-bound peroxidase (cwPOX) in apple leaf buds were successfully established according to FIMOGNARI et al. (2020). Enzyme activities were expressed on an “adjusted dry weight” (aDW) basis, a reference system which considers the changes in the ratio between physiologically active tissues and bud scales during bud development. To relate changes in leaf buds with the morphological development and environmental conditions, the phenological stage of the flower buds was photographically recorded with each sampling. In addition, air temperature and humidity were continuously monitored over the entire observation period. All enzymes showed considerable changes in activity during the time of observation. Moderate fluctuations in (average) air temperatures seemed to not affect the enzymatic activities, whereas severe temperature drops may have influenced the further progression of activities during the observation period. Fluctuations in (average) air temperature, however, seemed to have major influence on the progression of development of flower buds.

Schlagwörter

Antioxidative Enzymaktivitäten, Catalase, Peroxidase, Zellwand-gebundene Peroxidase, Knospendormanz, Dormanzaufhebung, *Malus domestica*, Blattknospen

Literatur

BEAUVIEUX R, WENDEN B, DIRLEWANGER E, 2018: Bud Dormancy in Perennial Fruit Tree Species: A Pivotal Role for Oxidative Cues. Frontiers in Plant Science 9/657: 1-13.

FIMONGNARI L, DÖLKER R, KASELYTE G, JENSEN CNG., AKHTAR SS, GROßKINSKY DK, ROITSCH T, 2020: Simple semi-high throughput determination of activity signatures of key antioxidant enzymes for physiological phenotyping. Plant Methods 16/42. doi.org/10.1186/s13007-020-00583-8.

MEIER U, GRAF H, HACK H, HEß M, KENNEL W, KLOSE R, MAPPES D, SEIPP D, STRAUß R, STREIF J, VAN DEN BOOM T, 1994: Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (Malus domestica Borkh. und Pyrus communis L.), des Steinobstes (Prunus-Arten), der Johannisbeere (Ribes-Arten) und der Erdbeere (Fragaria x ananassa Duch.). Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst 46,7, 141-153.

UNTERBERGER C, BRUNNER L, NABERNEGG S, STEININGER KW, STEINER AK, STABENTHEINER E, MONSCHEIN S, TRUHETZ H, 2018: Spring frost risk for regional apple production under a warmer climate. PLoS ONE13: e0200201.

Adresse der Autoren

Institute of Biology, Plant Sciences, University of Graz, Schubertstraße 51, 8010 Graz, Austria

[*] Ansprechpartner: Anna HUBMANN, anna.hubmann@edu.uni-graz.at