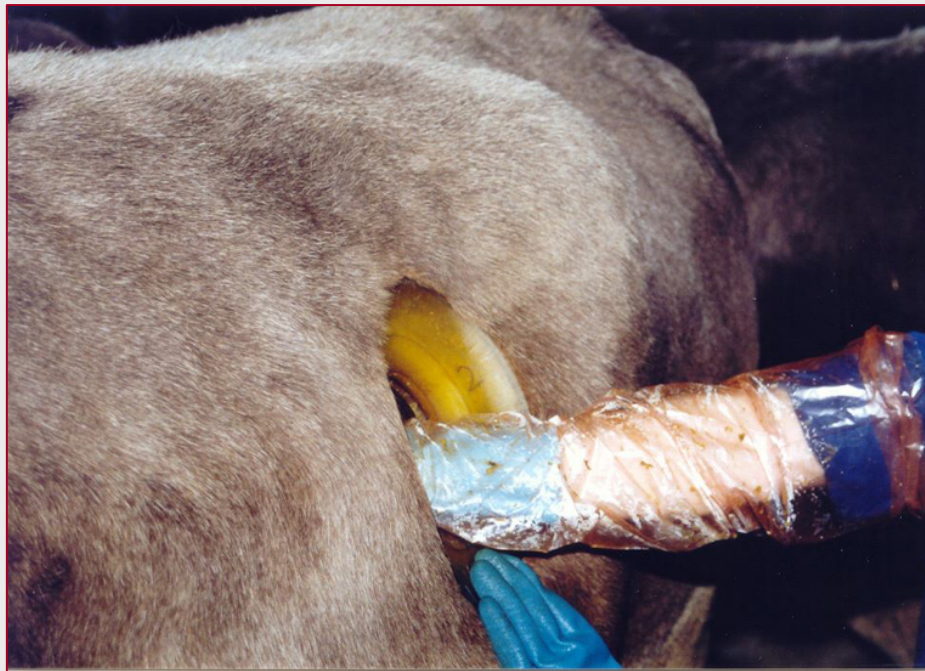


Charakterisierung der Futtermittel über die Protein- und Kohlenhydrat-Fraktionen des Cornell-Systems und die in situ-Technik

L. Gruber, B. Steiner, W. Wenzl, L. Haberl

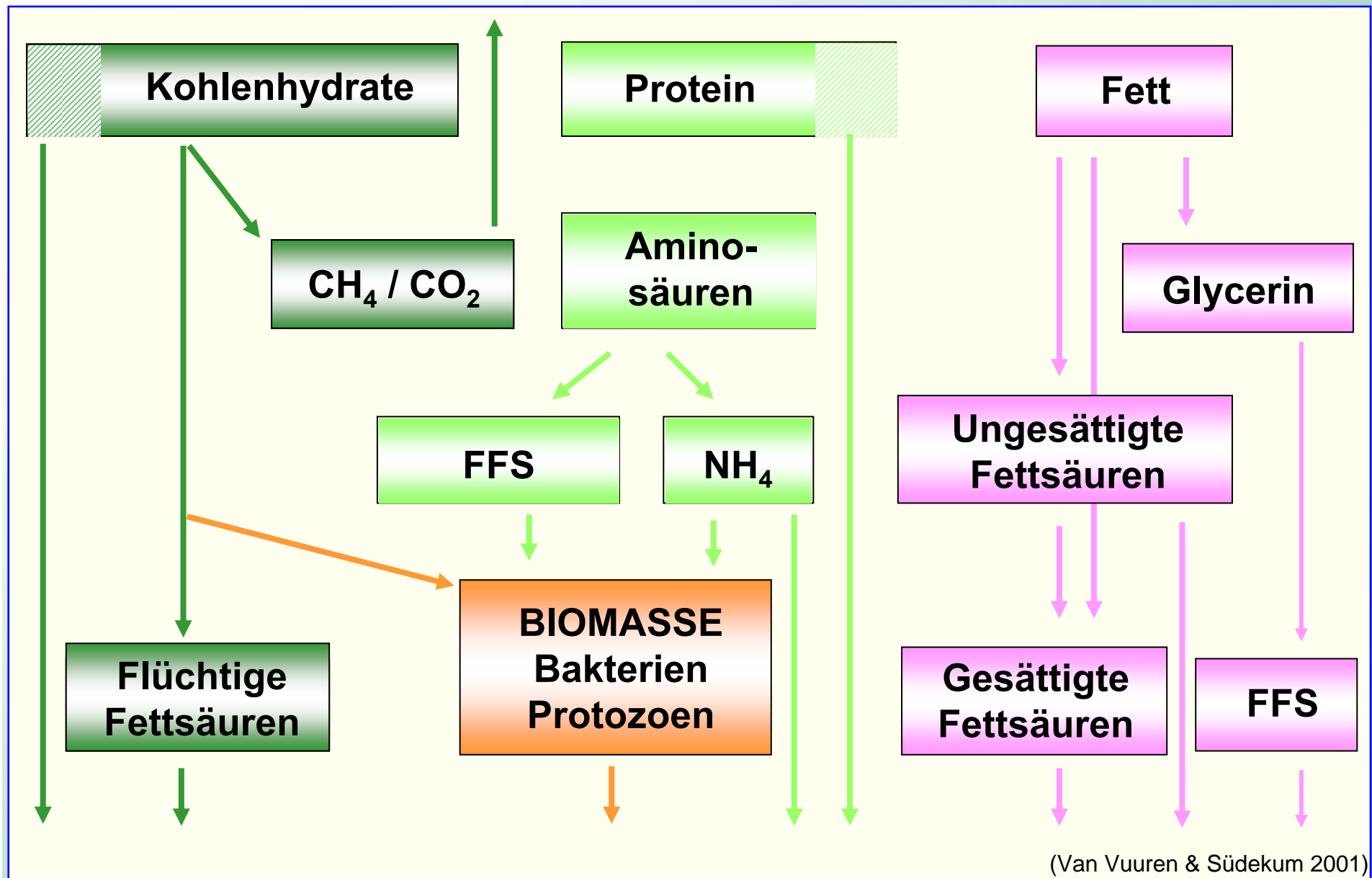


Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber
LFZ Raumberg-Gumpenstein

Geschichtlicher Überblick

- **Einhof (1806) – Nahrungsfähigkeit vegetabelischer Produkte**
- **Henneberg & Stohmann (1860, 1864) – Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer**
- **AOAC (1940): Empfehlung, NfE nicht anzuführen**
- **Van Soest (1963, 1967): Use of detergents in the analysis of fibrous feeds (ADF, NDF)**
- **Van Soest (1982, 1994): Nutritional Ecology of the Ruminant**
- **Van Soest et al. (1991): Methods for dietary fiber ...
... in relation to animal nutrition**
- **Fox, Sniffen, Russel (1992): Cornell net carbohydrate and protein system (CNCPS)**
- **Südekum (1989, 1997): Verdauung Zellwand, Lignin, Pansenstoffw.**
- **Mertens (1994, 1997, 2002): Regulation feed intake, fiber requirements, off. NDF method**
- **Uden et al. (2005): Use of detergent system terminology (NDFom, aNDFom, etc.)**

Nährstoffabbau im Pansen



Versuchsplan Wiesenfutter

Schnittzeitpunkte	Nutzungsintensität		
	2 Schnitte	3 Schnitte	4 Schnitte
Datum 1	25. Juni	30. Mai	20. Mai
Datum 2	30. September	30. Juli	30. Juni
Datum 3		30. September	10. August
Datum 4			30. September

3 Schnitthäufigkeiten

2, 3 und 4 Schnitte pro Jahr

3 Düngungsniveaus

70, 140 und 210 kg N pro ha

3 Standorte

Pflanzengesellschaften, Böden

3 Konservierungsarten

Grünfutter, Silage, Heu

Versuchsplan Silomais

3 Sorten

Fuxxol *RZ 240*

Romario *RZ 270*

Atalante *RZ 290*

4 Erntezeitpunkte

Milchreife

Beginn Teigreife

Mitte Teigreife

Ende Teigreife

3 Standorte

Gumpenstein

Kobenz

Lambach

2 Konservierungen

Grünmais

Maissilage

Einzelfuttermittel (n = 38)

Energieträger (n = 17)

Gerste
Weizen
Hafer
Roggen
Triticale
Mais
CCM-Silage
Maiskornsilage
Sorghum-Hirse
Weizenfuttermehl
Weizenkleie
Pressschnitzel
Trockenschnitzel
Sojaschalen
Futterrübe
Kartoffel
Tapioka

Proteinträger (n = 21)

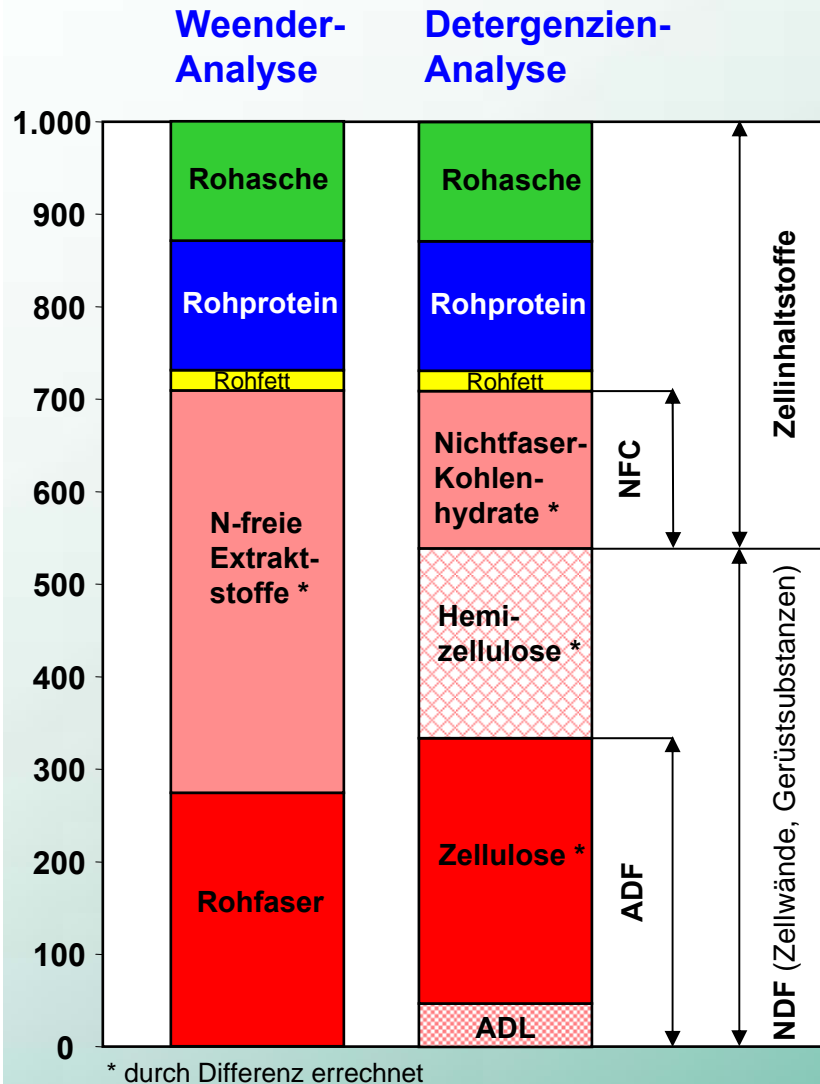
Ackerbohne
Erbsen
Sojabohne
Rapssamen
Sonnenblumensamen
Sojaextraktionsschrot 44
Sojaextraktionsschrot 50
Sojaextraktionsschrot 44 geschützt
Rapsextraktionsschrot
Rapsextraktionsschrot geschützt
Sonnenblumenextraktionsschrot
Rapskuchen
Sonnenblumenexpeller
Kürbiskernkuchen
Palmkernexpeller
Biertrebersilage
Biertreber getrocknet
Weizenschlempe getrocknet
Maisschlempe getrocknet
Maizeglutenfeed
Maiskleber



1.

Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)

Charakterisierung der Kohlenhydrate



Annahme der Weender Analyse:

Rohfaser = Gerüstsubstanzen, niedrige Verdaulichkeit

N-freie Extraktstoffe = leichtverdauliche Kohlenhydrate (Nichtfaser)

Problem:

Rohfaser beschreibt Gerüstsubstanzen nicht genau:

- Erfasst nicht die gesamte Faser (Hemizellulose)
- Teil des Lignins gelöst (→ NfE!)
- Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen variiert je nach Spezies (Gräser, Leguminosen, Umbelliferen)

Gerüstsubstanzen (Faser):

Nach Van SOEST (1982, 1994):

In ND-Lösung unlösliche Matrix

NDF: Zellulose, Hemizellulose, Lignin

Zellulose: ADF – ADL

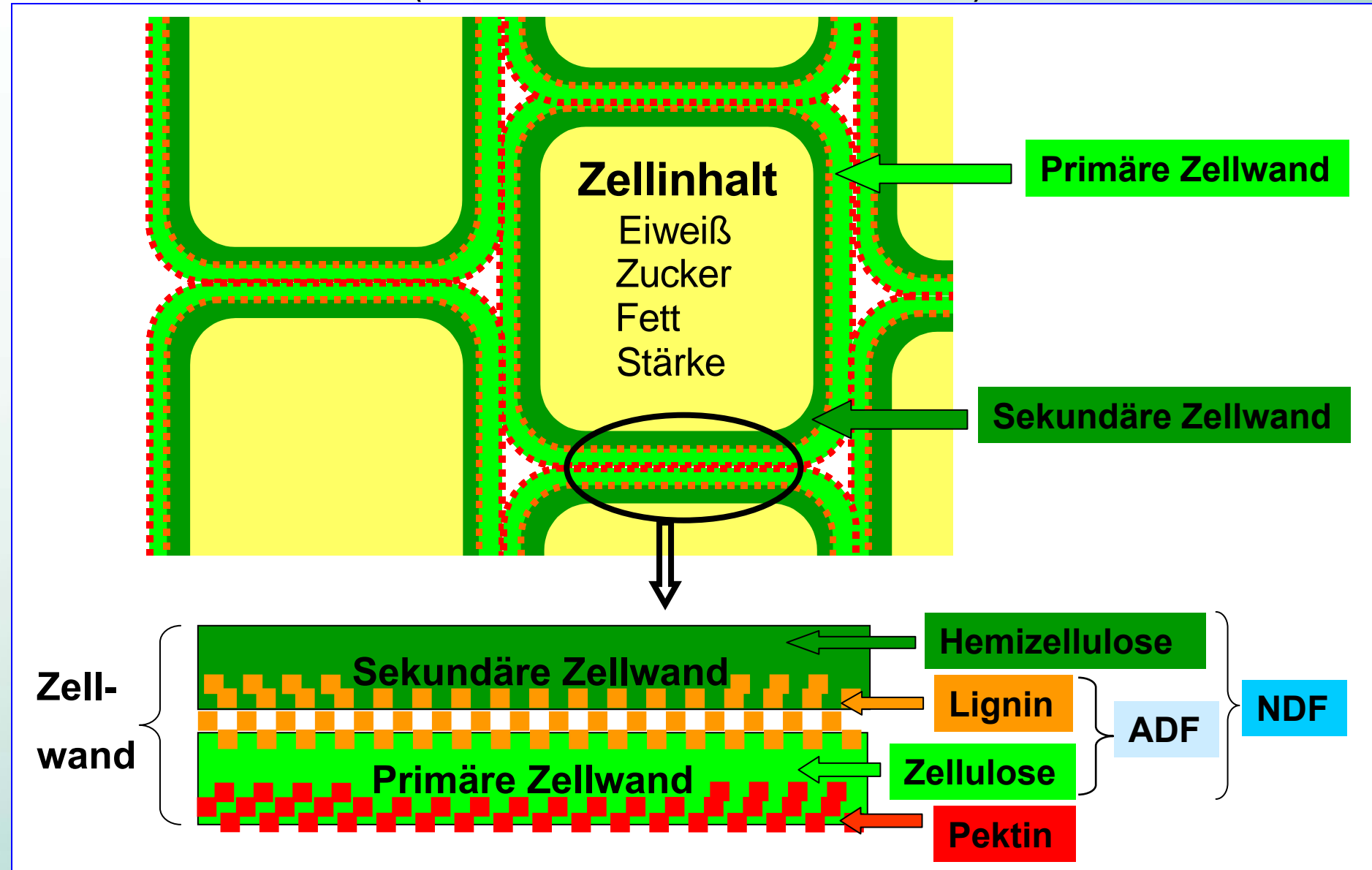
Hemizellulose: NDF – ADF

Kritikpunkte an der Rohfaseranalyse

- Hemizellulose geht in Lösung
- teilweise Lösung des Lignins
- auch geringe Teile der Zellulose in Lösung
 - Rohfaser ist nur Teil der Faser!
- Anteile von Zellulose, Hemizellulose und Lignin an der Gesamtfaser stark abhängig von Pflanzenspecies (Gräser, Leguminosen, Umbelliferen)
 - Umrechnung von Rohfaser in Gerüstsubstanzen nicht möglich
- Löslichkeit von Zellulose, Hemizellulose und Lignin bei Rohfaser-Bestimmung stark abhängig von Pflanzenspecies
 - NfE sind fehlerhaft!
Enthalten nicht nur Nichtfaser-Kohlenhydrate,
sondern Hemizellulose und Teile des Lignins, daher Verdaulichkeit der NfE z.T. niedriger als der Rohfaser

Schematischer Aufbau der Pflanzenzelle

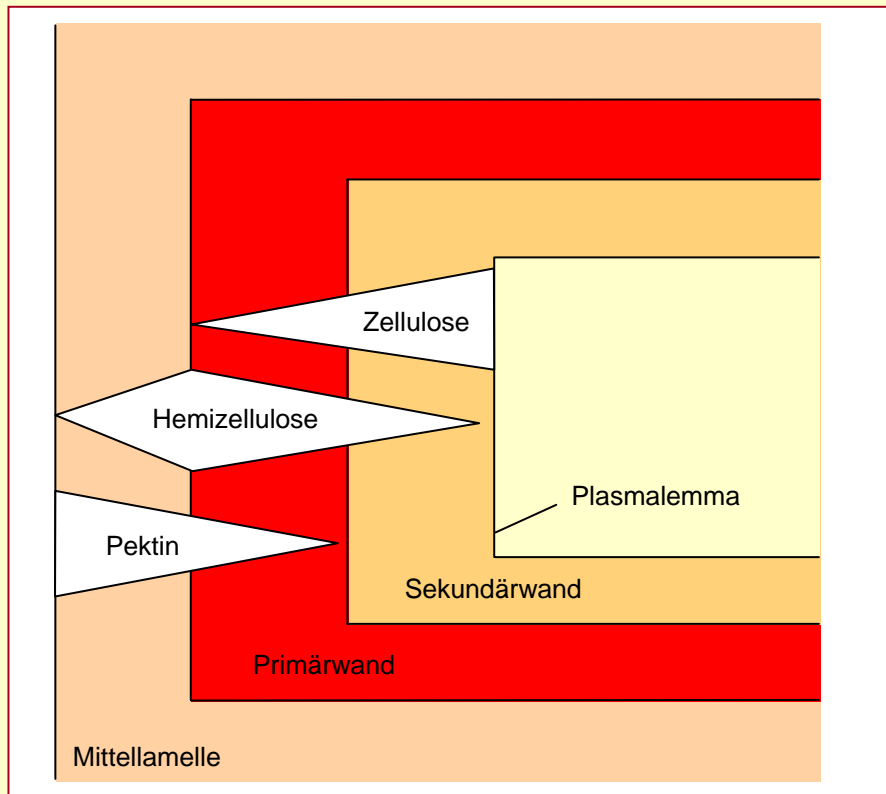
(Steinwider & Sobotik - nach Nultsch 2001)



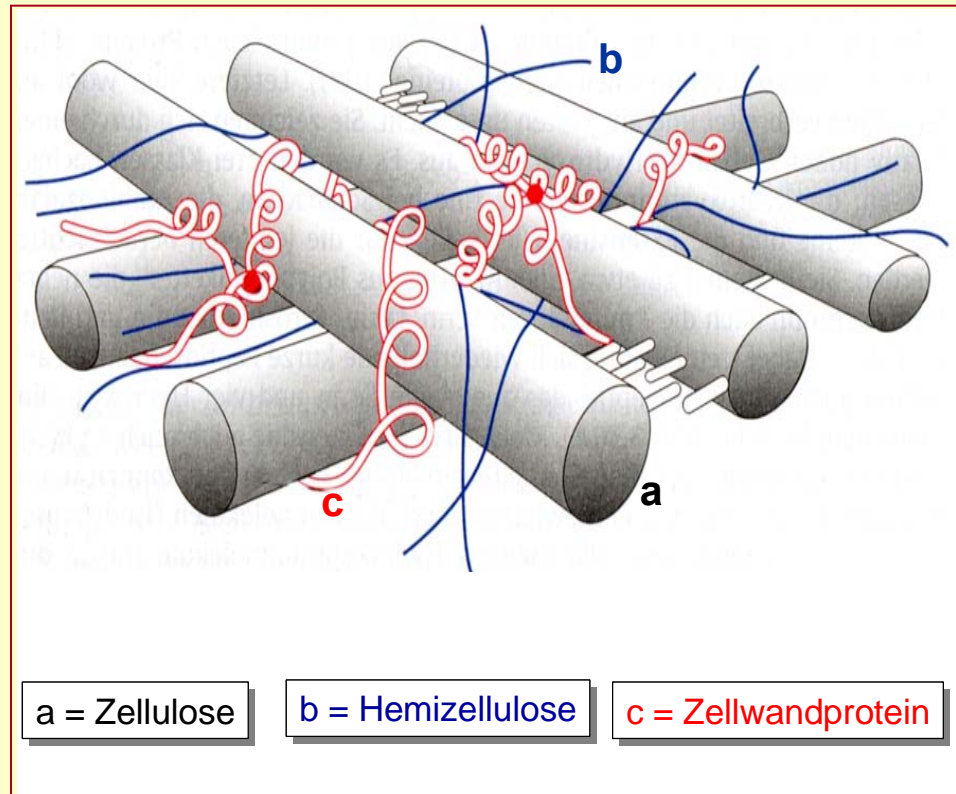
Definition „Faser“

Fasern sind polymere pflanzliche Substanzen, die von den Verdauungsenzymen der Säugetiere nicht gespalten werden können (Van Soest 1980) – Zellulose, Hemizellulose, Lignin, (Pektin, Gummi, Galaktane etc.)

(nach FRANZ 1991)



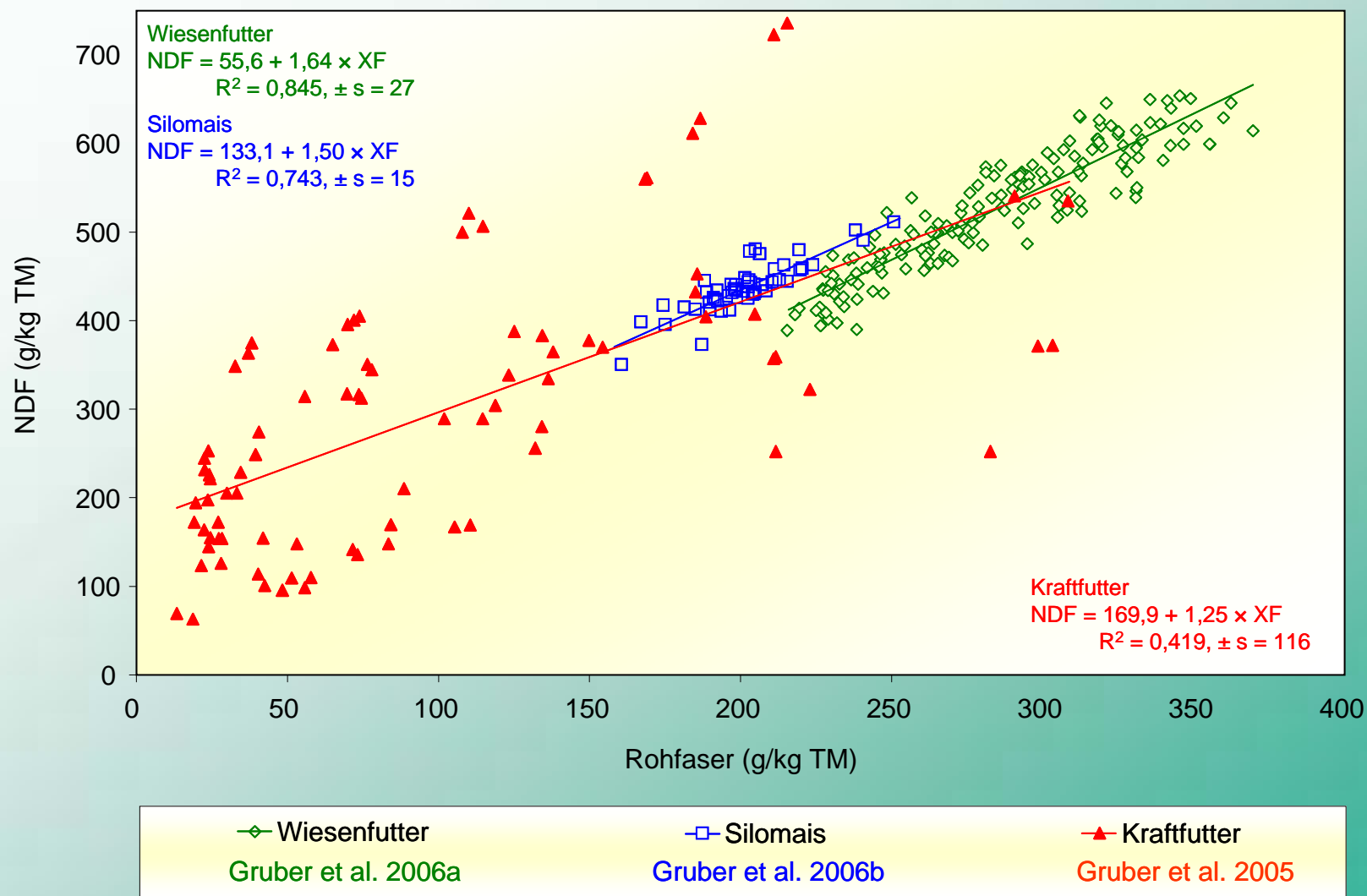
(NULTSCH 2001)



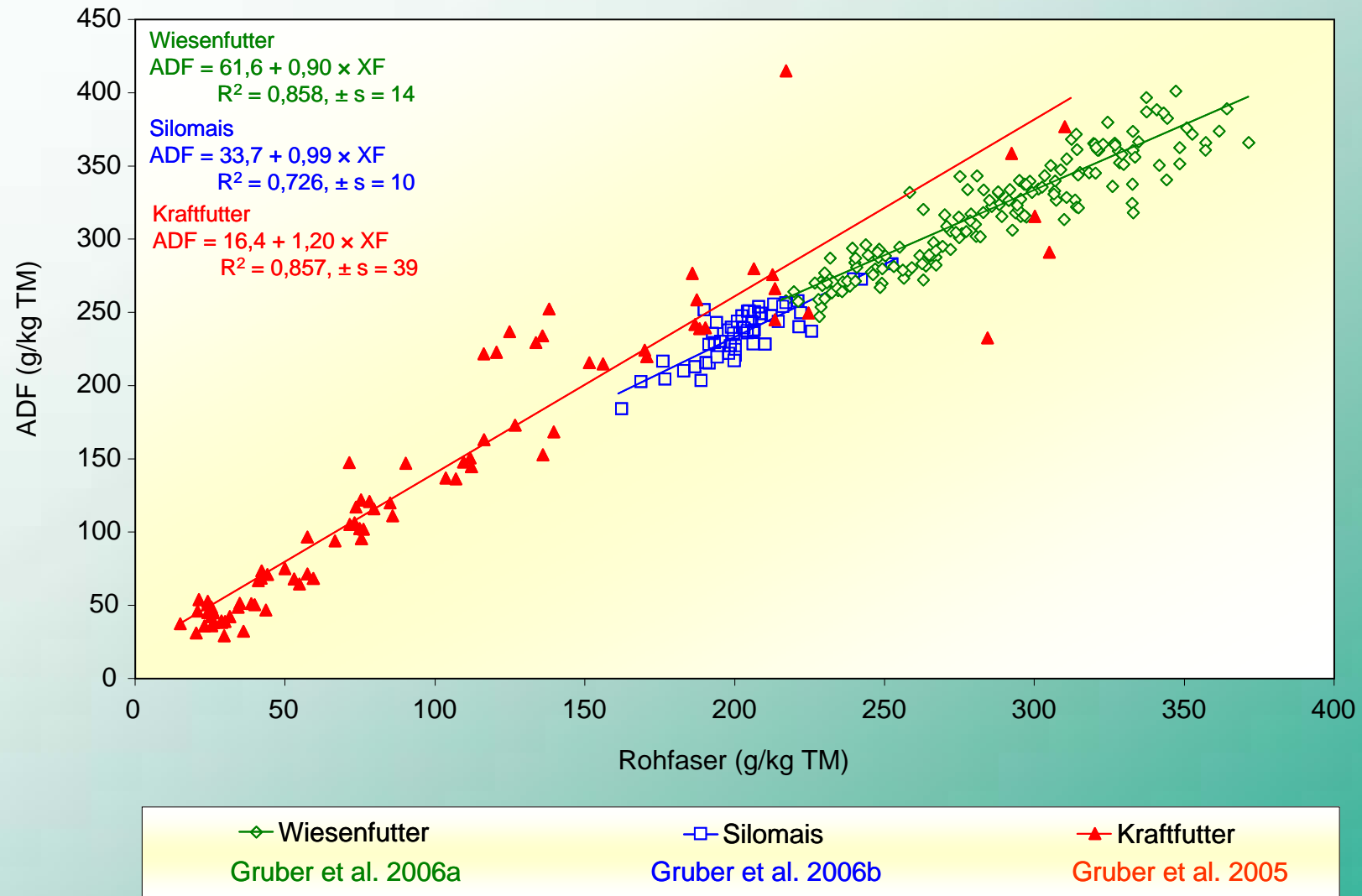
Primärwand: 10-25 % Zellulose, 25-50 % Hemizellulose, 10-35 % Pektin, 10 % Protein

Sekundärwand: 40-80 % Zellulose, 10-40 % Hemizellulose, 5-25 % Lignin


Beziehungen zwischen Rohfaser und NDF



Beziehungen zwischen Rohfaser und ADF



Fraktionierung der Kohlenhydrate nach dem CNCPS

( nach Abbauraten im Pansen)

$$\text{CHO} = 1000 - \text{XP} - \text{XL} - \text{XA}$$

4 Fraktionen

Fraktion A: Zucker und flüchtige Substanzen

Fraktion B₁: Stärke und Pektine

Fraktion B₂: verdauliche Faserkohlenhydrate

Fraktion C: unverdauliche Faser

1. Faser-Kohlenhydrate (FC): Zellulose, Hemizellulose, Lignin

$$\text{Fraktion C} = \text{ADL} * 2,4$$

$$\text{Fraktion B}_2 = \text{NDF} - \text{NDFIP} - \text{C}$$

$$\text{FC} = \text{B}_2 + \text{C}$$

2. Nichtfaser-Kohlenhydrate (NFC): Zucker, Stärke, Pektin

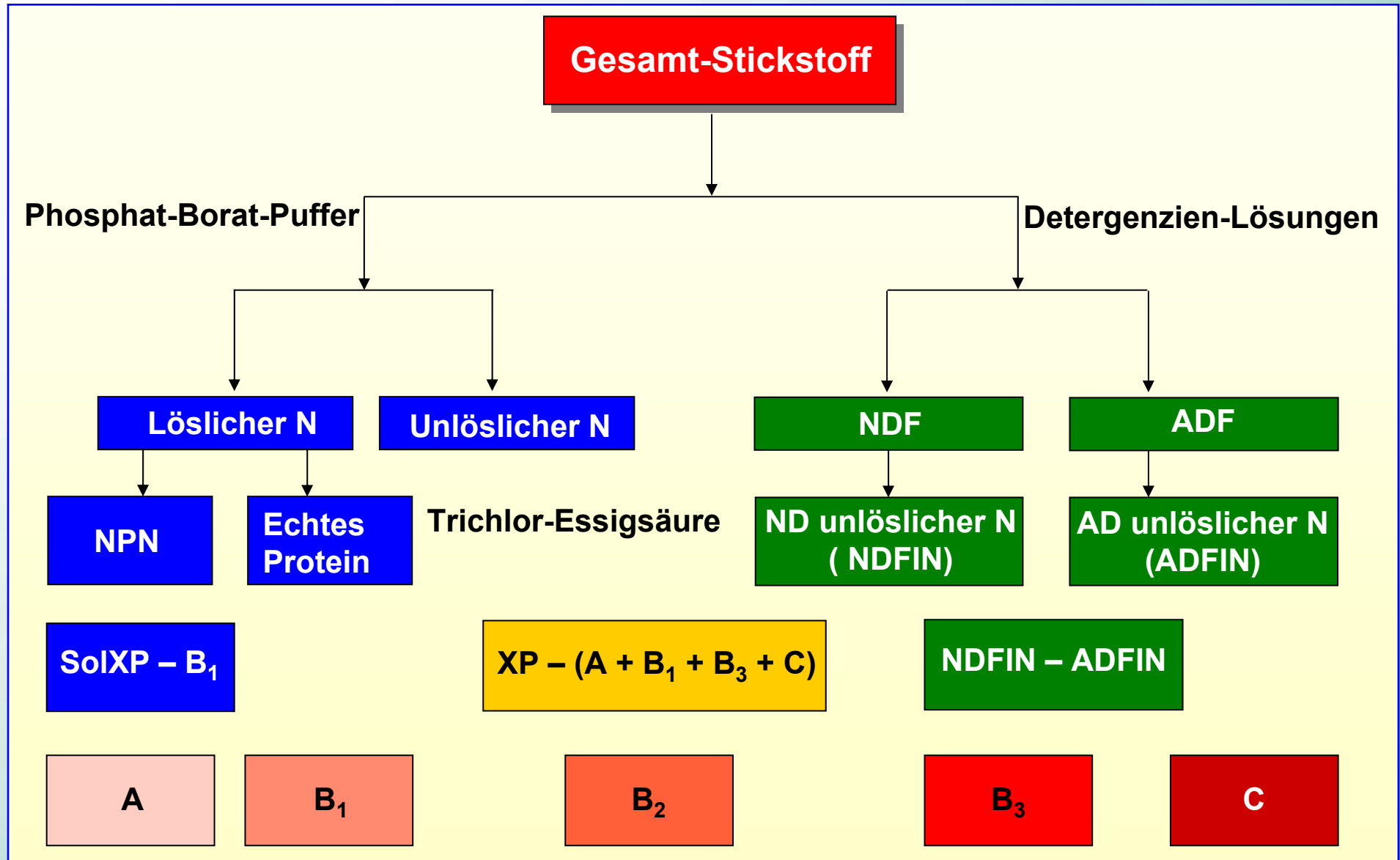
$$\text{NFC} = \text{CHO} - \text{FC}$$

Fraktionierung in A und B₁ nach CNCPS-Tabelle (Feed Library)

$$\text{Fraktion A} = \text{NFC} * \text{A}\%$$

$$\text{Fraktion B}_1 = \text{NFC} - \text{A}$$

Stickstoff-Fractionen im CORNELL-System



Gruber (2001)

(nach KRISHNAMOORTHY et al. 1982)

Fraktionierung des Proteins nach dem CNCPS

( nach Abbauraten im Pansen)

$$XP = \text{Kjeldahl-N} * 6,25$$

5 Fraktionen

Fraktion A: sofort und vollständig abbaubares Protein (NPN)

Fraktion B₁: rasch abbaubares, lösliches echtes Protein (Albumin, Globulin)

Fraktion B₂: Protein mit mittlerer Abbaurrate (Glutelin)

Fraktion B₃: langsam abbaubares Protein (Extensin, Prolamin)

Fraktion C: unabbaubares Protein (nicht verfügbar, an Zellwand gebunden)

Lösliches Protein: Phosphat-Borat-Puffer (SolXP)

(nach Krishnamoorthy et al. 1982, Licitra et al. 1996)

Lösliches echtes Protein: Präzipitieren mit Trichlor-Essigsäure

$$\text{NPN} = \text{SolXP} - B_1$$

NDFIP: in Gerüstsubstanzen gebundener N

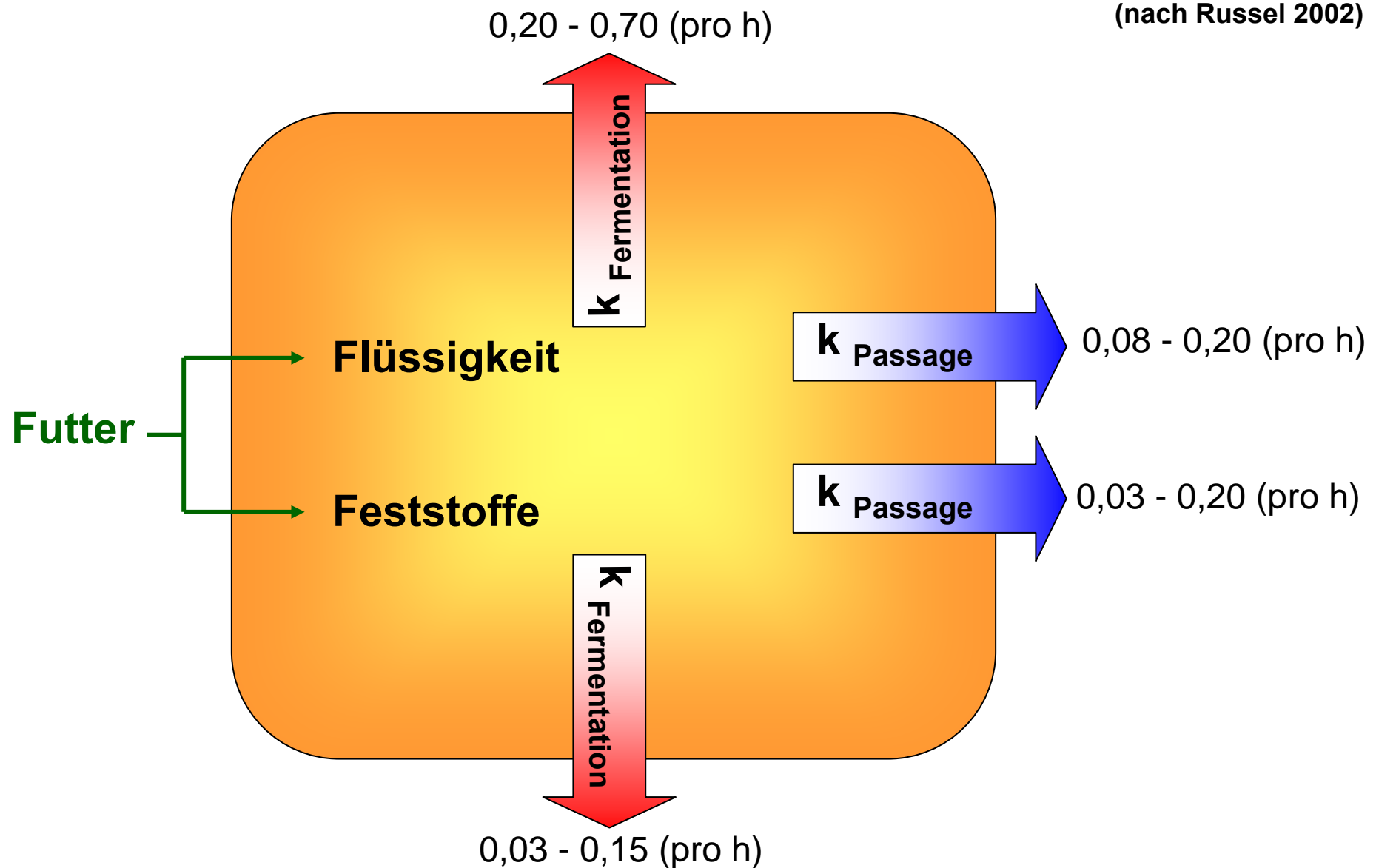
ADFIP: unabbaubares Protein (C)

$$B_3 = \text{NDFIP} - \text{ADFIP}$$

$$B_2 = XP - (A + B_1 + B_3 + C)$$

Passage- und Fermentationsraten im Pansen

(nach Russel 2002)



Errechnung der Verdaulichkeit im Pansen nach dem CNCPS

$$\text{deg} = \frac{(k_f)}{(k_f + k_p)}$$

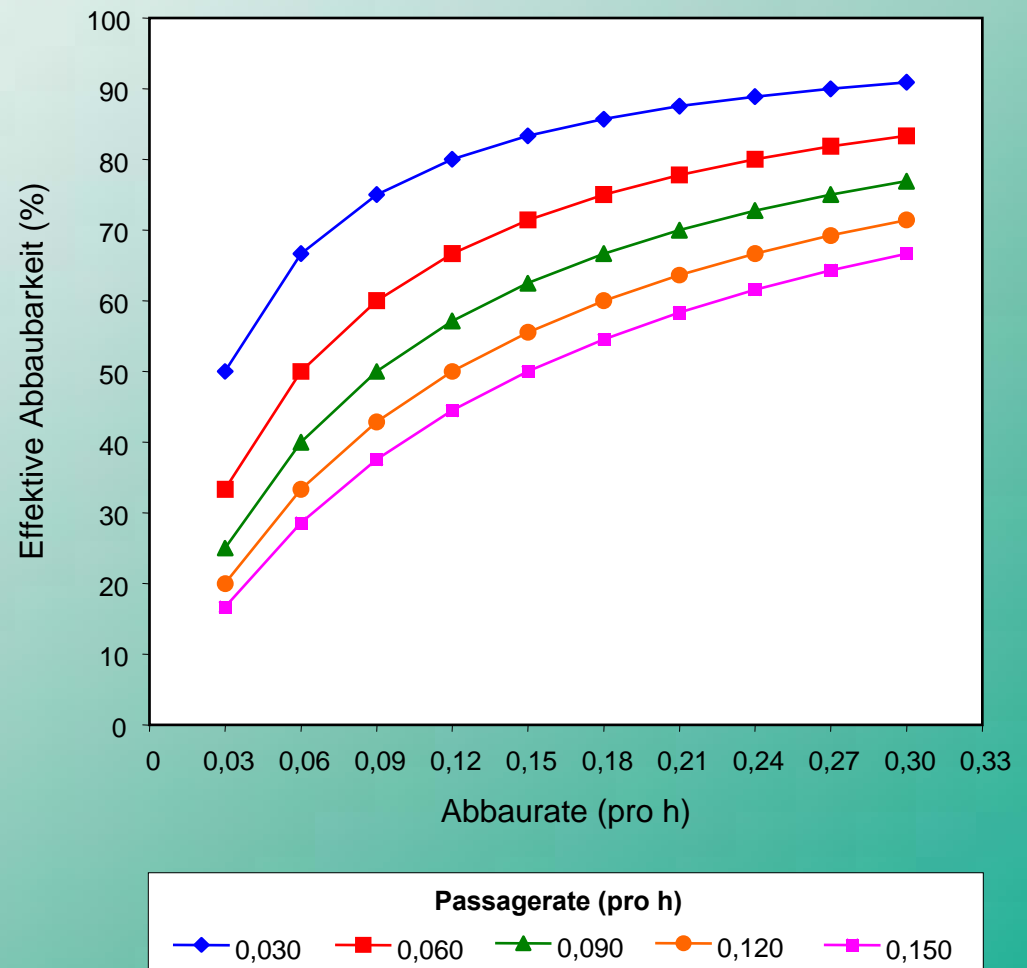
(Russel 2002)

Einfluss auf Fermentationsrate k_f :

Eigenschaft des Futters
(Wiederkauen)
(Futtermittelverarbeitung)

Einfluss auf Passagerate k_p :

Futtermittelaufnahme
Art des Futters (GF, KF)
Statischer Auftrieb
Abbaukinetik
Verarbeitung (Häckseln, Mähen)





1.a

Wiesenfutter

CNCPS-Fraktionen von Wiesenfutter

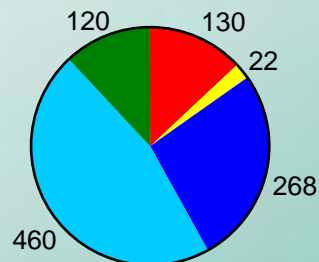
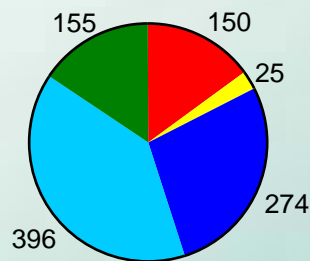
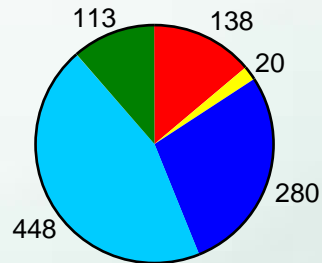
in Abhängigkeit von der Konservierungsform

GRÜNFUTTER

GRASSILAGE

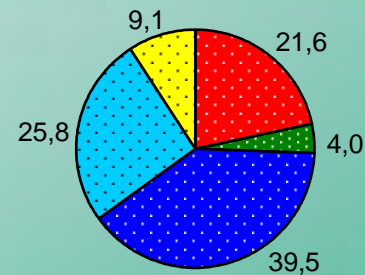
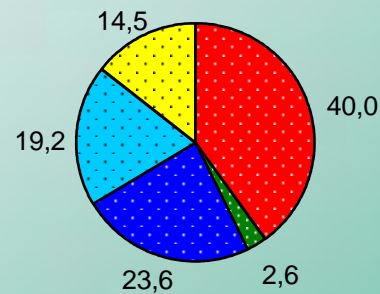
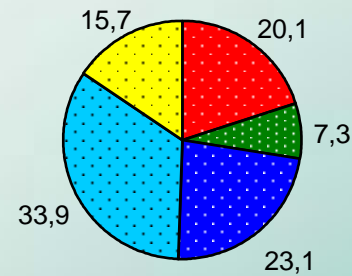
HEU

Weender Analyse
(g/kg TM)



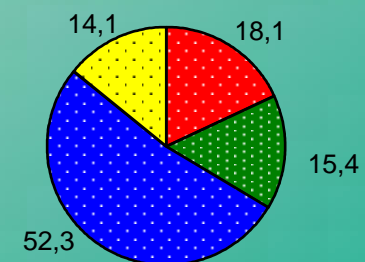
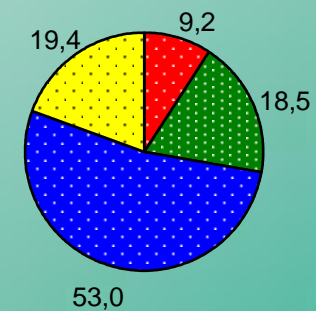
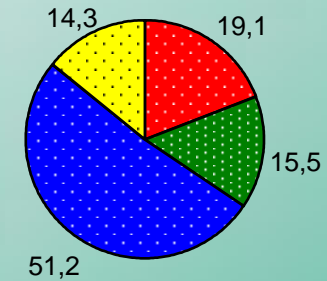
XP XL XF XX XA

CNCPS Protein-Fraktionen
(% des XP)



A B₁ B₂ B₃ C

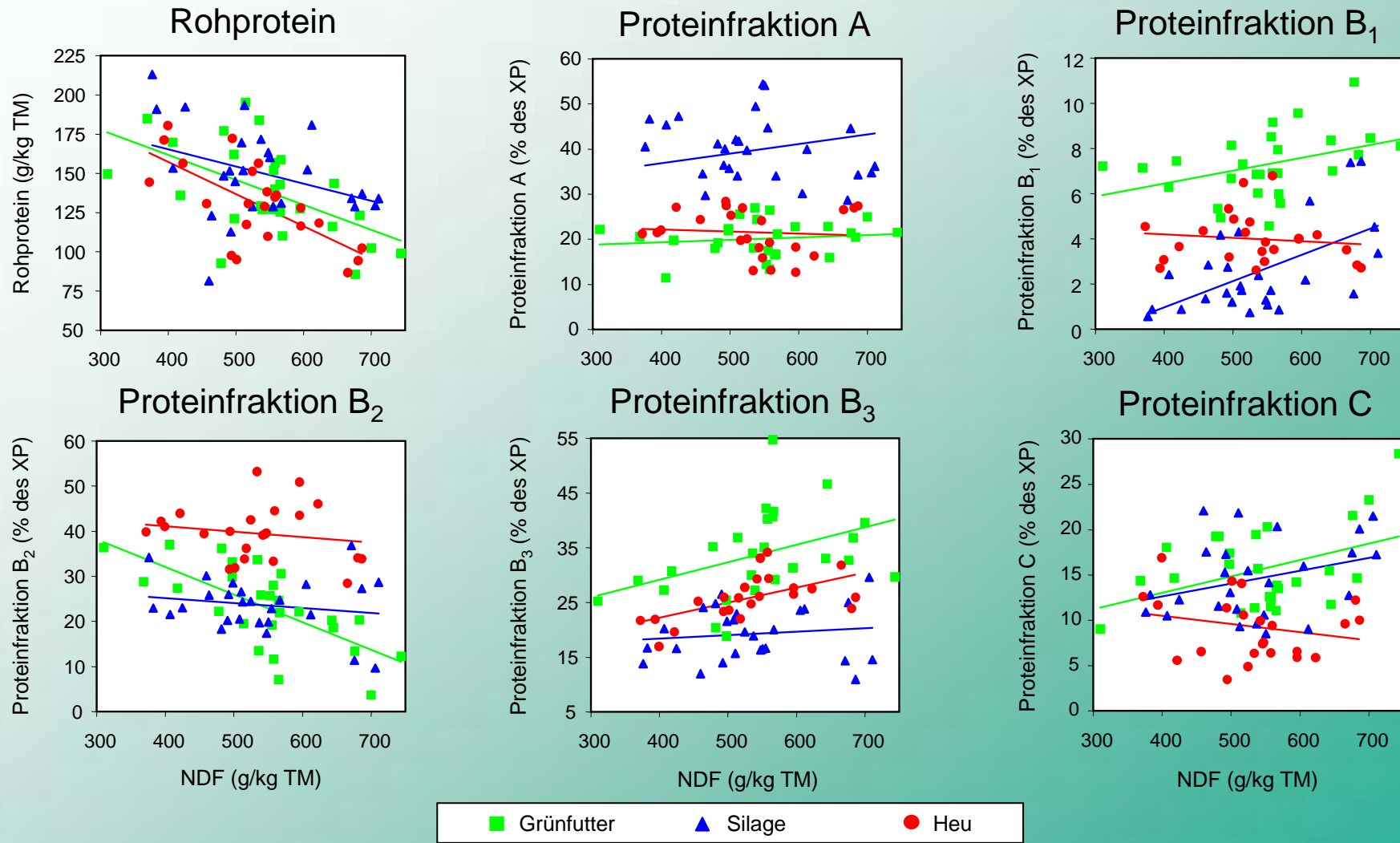
CNCPS CHO-Fraktionen
(% der CHO)



A B₁ B₂ C

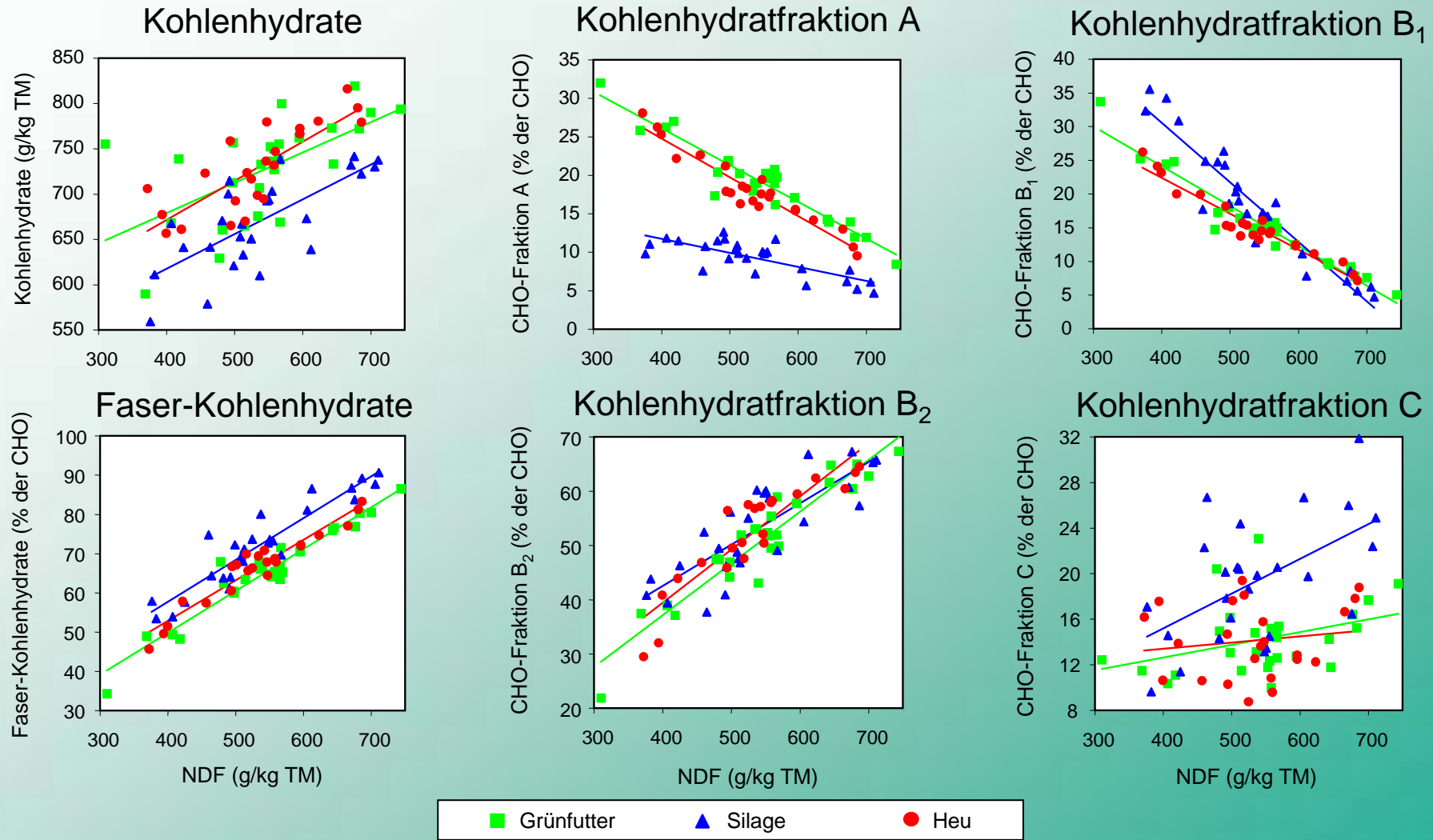
Proteinfraktionen von Wiesenfutter

in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt



Kohlenhydratfraktionen von Wiesenfutter

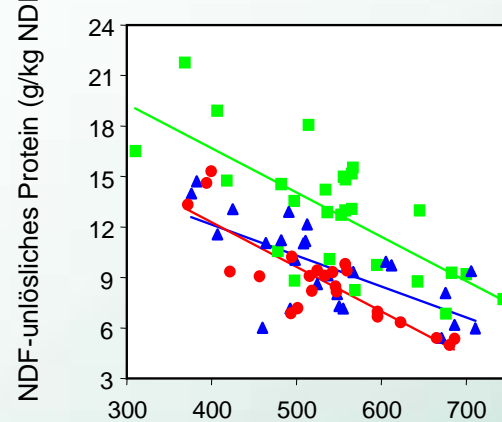
in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt



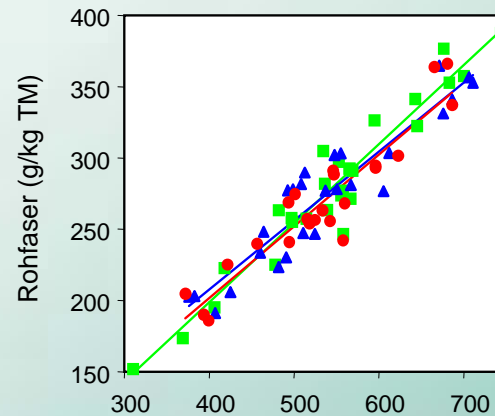
NDF- und ADF-unlöslicher N sowie Kohlenhydrate

nach Weender und CNCPS Analyse in Wiesenfutter

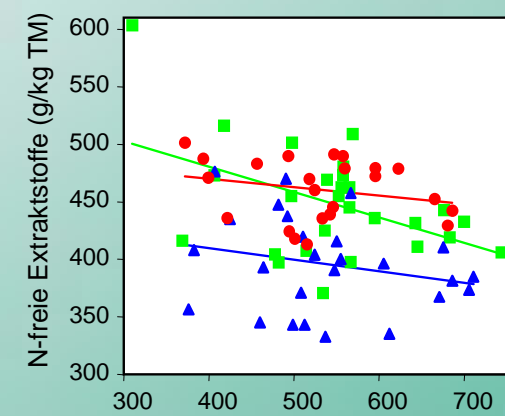
NDF-unlösliches Protein



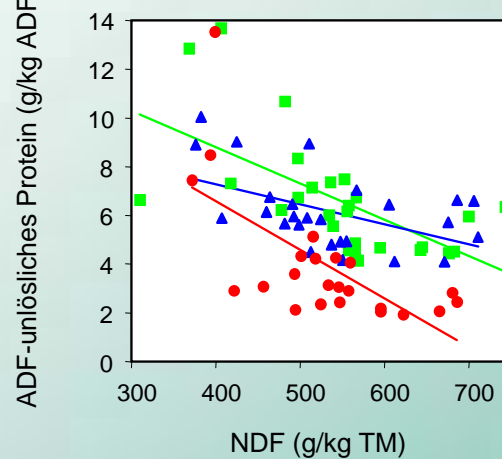
Rohfaser



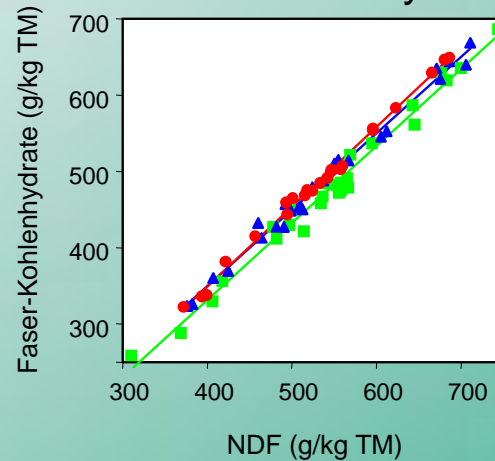
N-freie Extraktstoffe



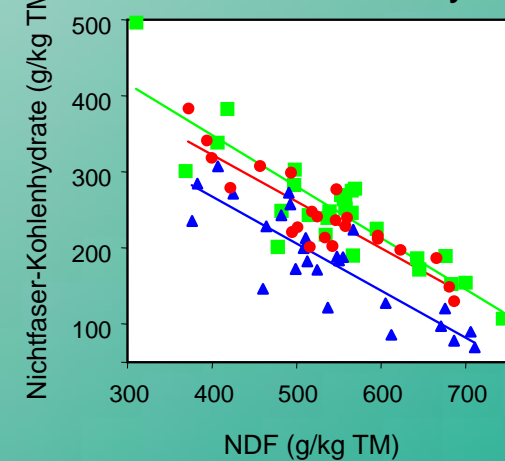
ADF-unlösliches Protein



Faser-Kohlenhydrate



Nichtfaser-Kohlenhydrate



■ Grünfutter

▲ Silage

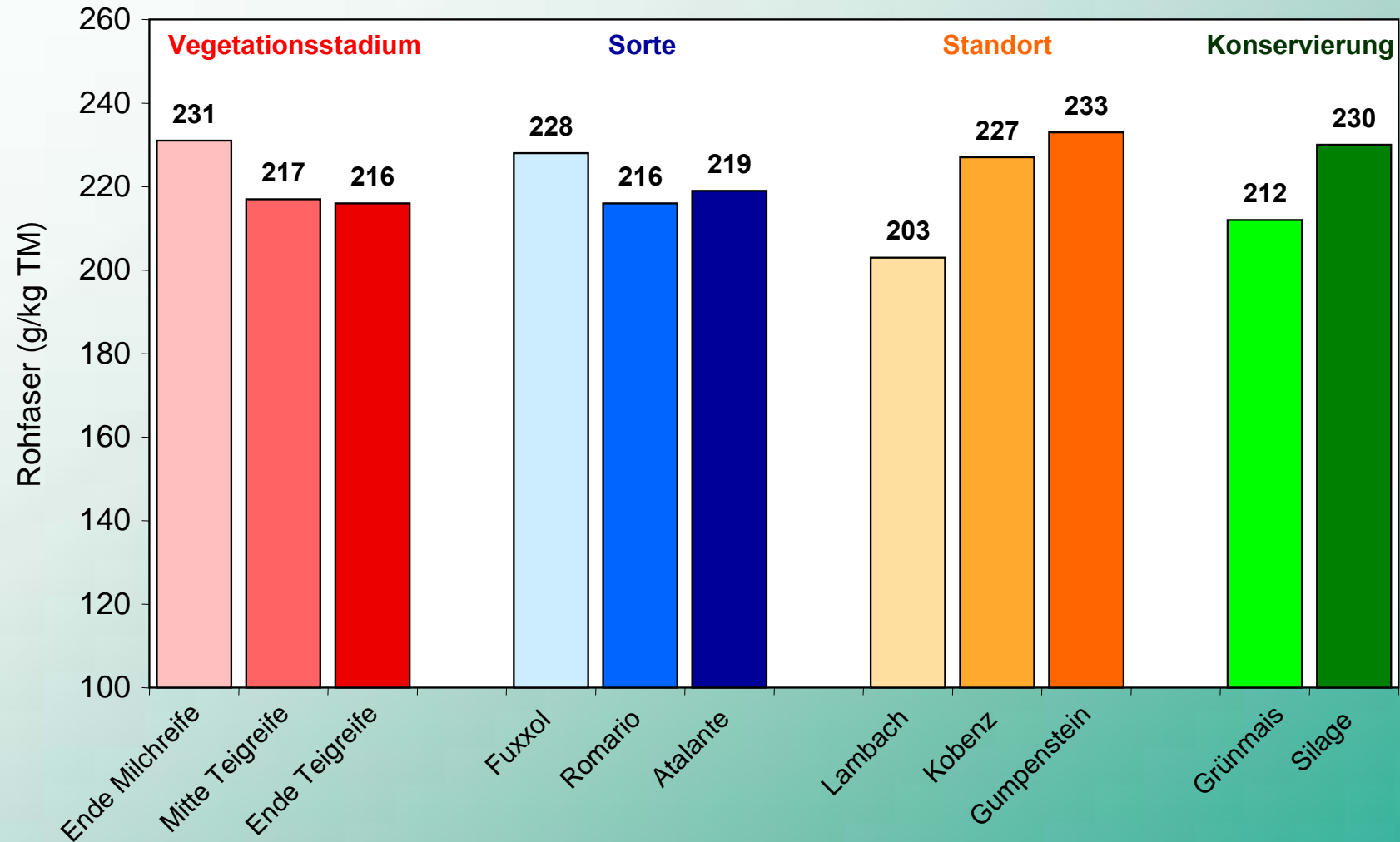
● Heu



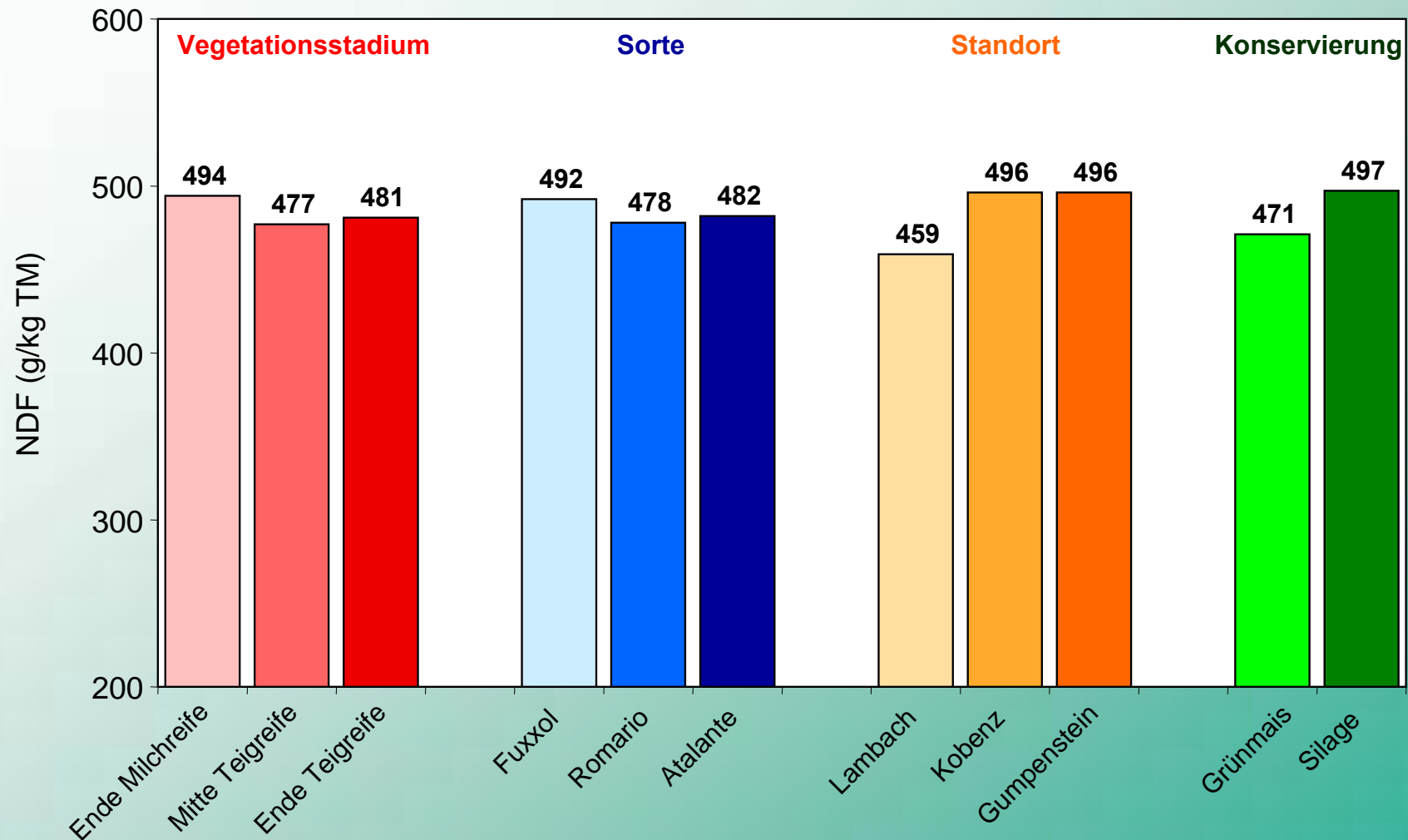
1.b

Silomais

RFA-Gehalt von Silomais in Abh. von Vegetationsstadium, Sorte, Standort und Konservierung



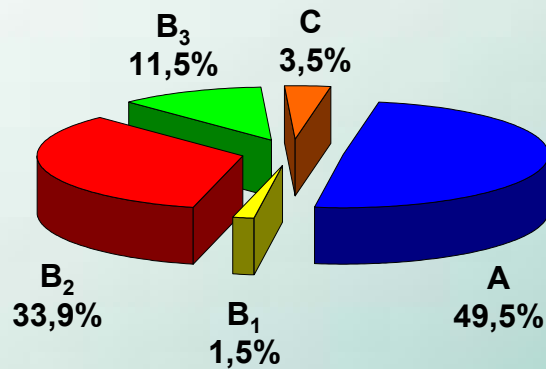
NDF-Gehalt von Silomais in Abh. von Vegetationsstadium, Sorte, Standort und Konservierung



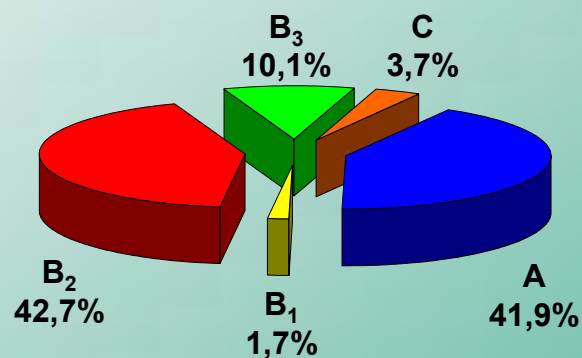
Protein-Fractionen des CNCPS von Silomais in Abhängigkeit vom Vegetationsstadium

(% des RP)

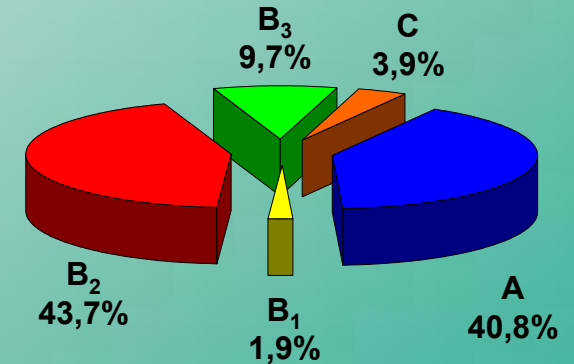
Ende Milchreife



Mitte Teigreife



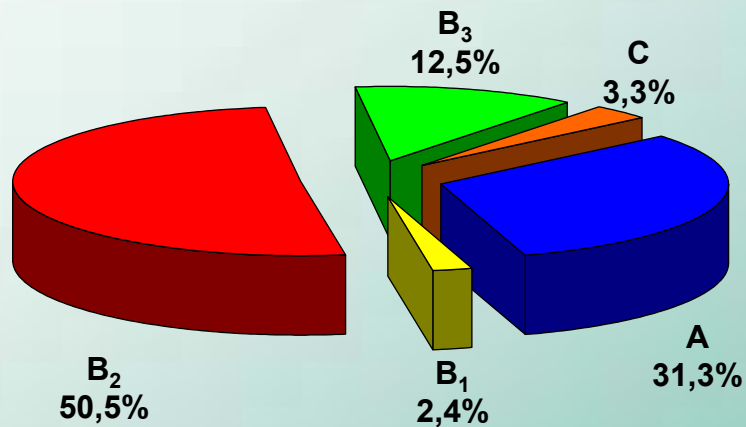
Ende Teigreife



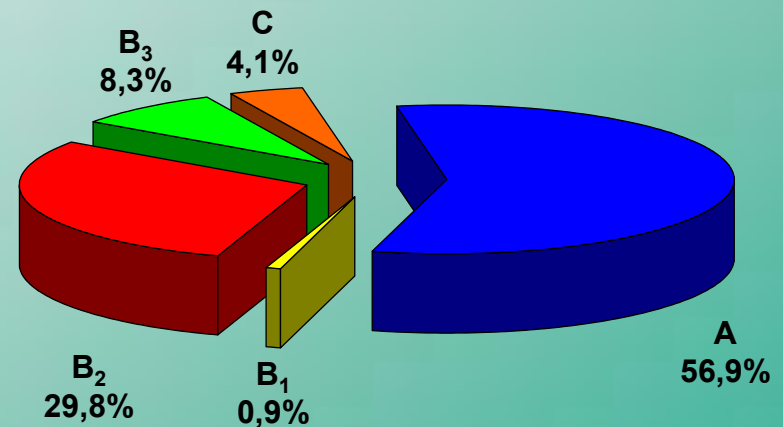
Protein-Fraktionierung des CNCPS von Silomais in Abhängigkeit von der Konservierung

(% des RP)

Grünmais



Silage



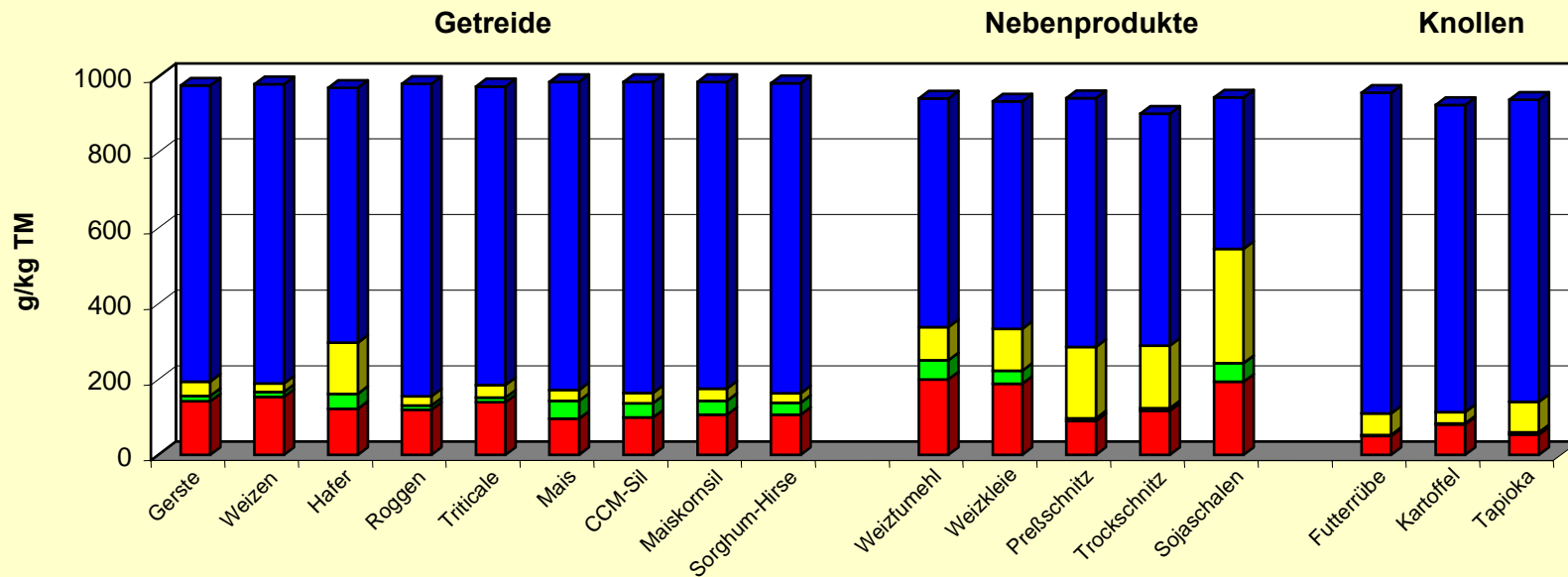


1.c

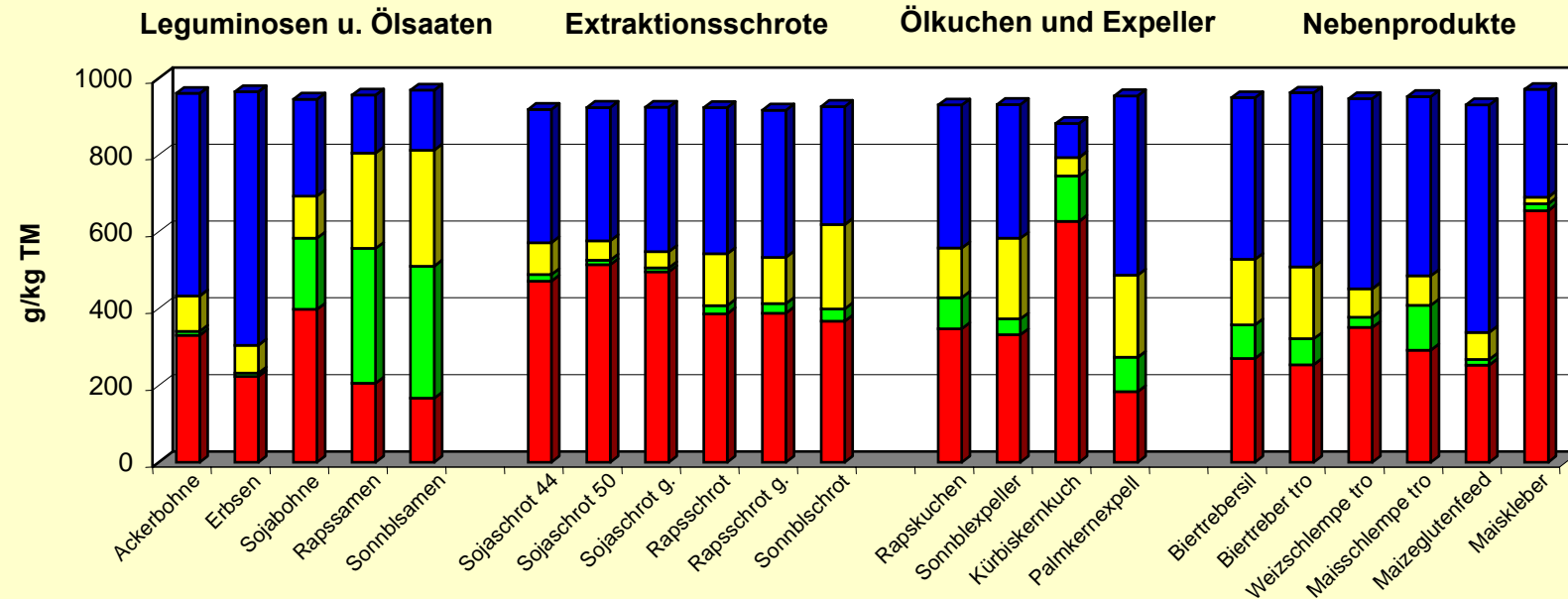
Kraftfutter

Weender Nährstoffe (XP, XL, XF, XX) abs.

Energieträger

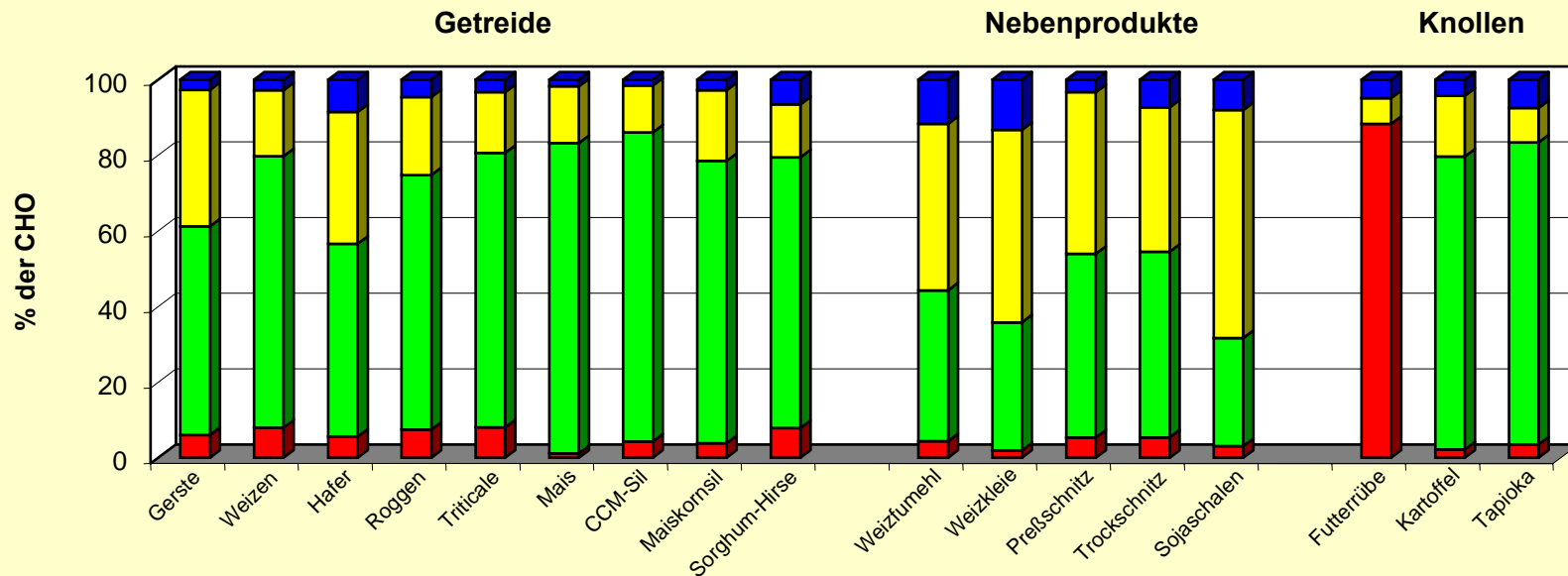


Proteinträger

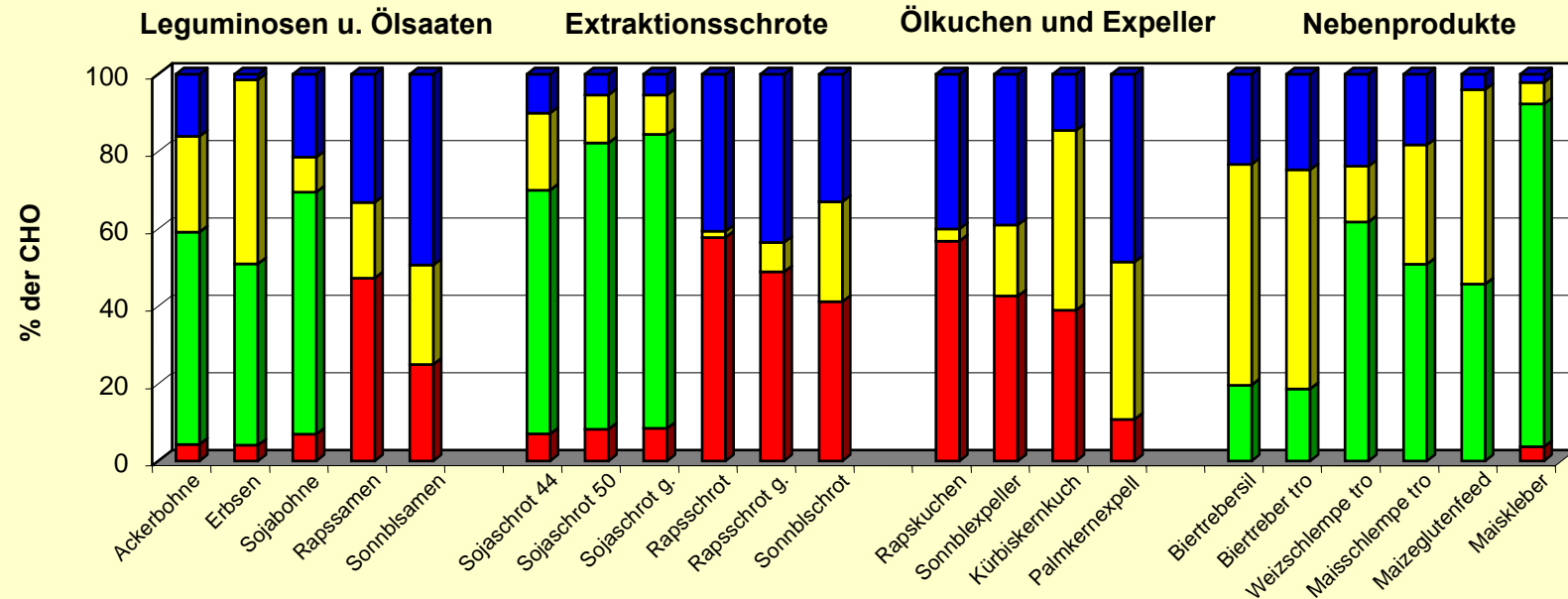


Kohlenhydrat-Fraktionen (A, B₁, B₂, C) rel.

Energieträger

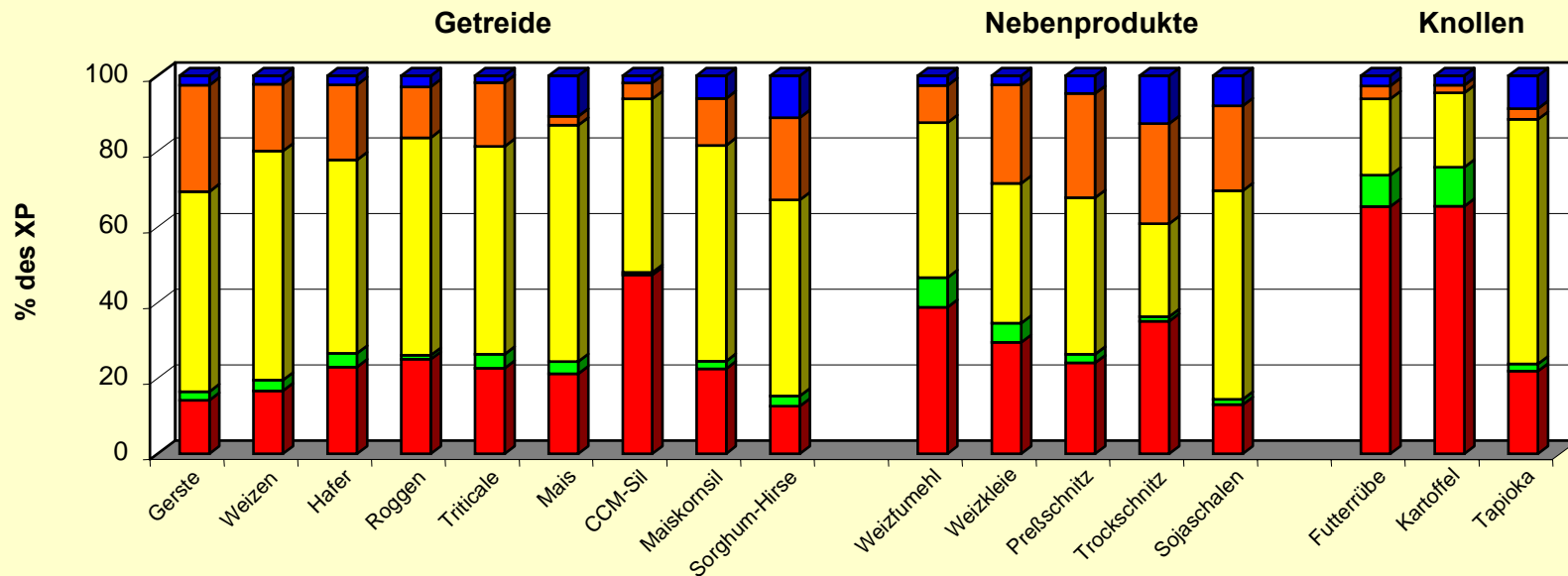


Proteinträger

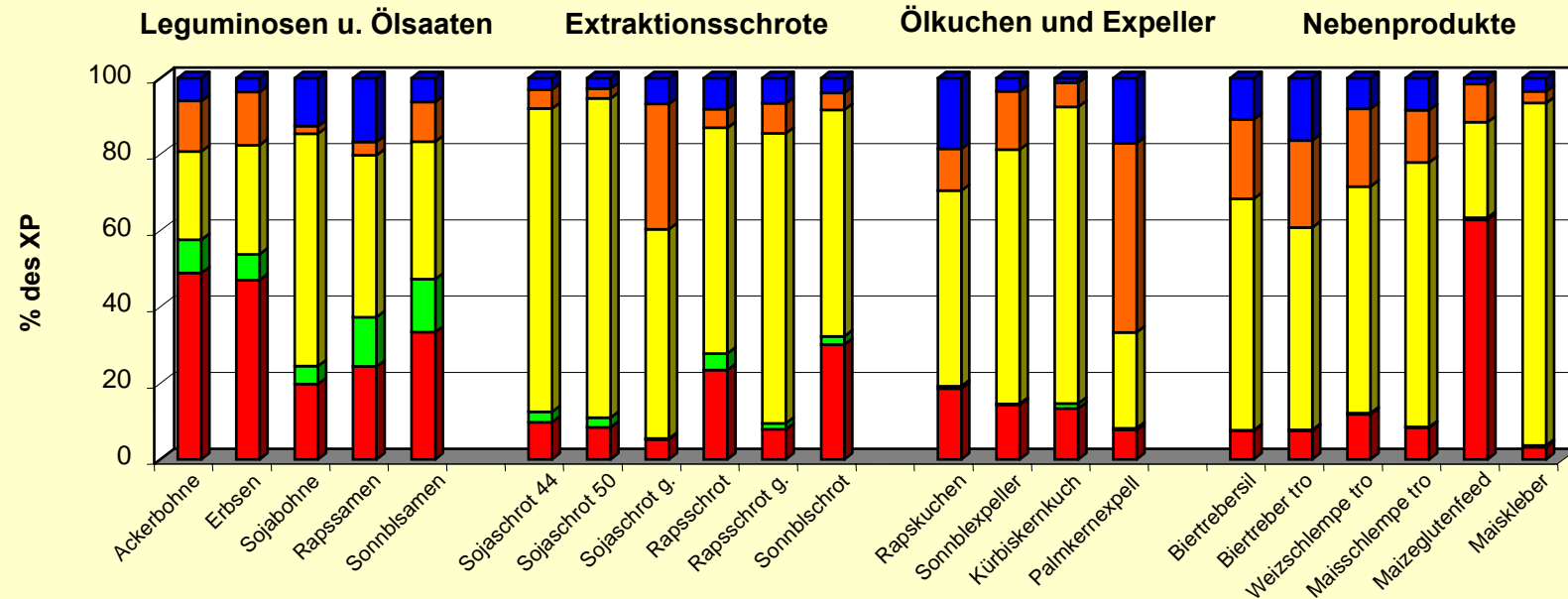


Protein-Fractionen (A, B₁, B₂, B₃, C) rel.

Energieträger



Proteinträger





2.

in situ-Technik

Beschreibung der in situ-Methodik I

Methode:

Orskov et al. 1980, Michalet-Doreau et al. 1987,
Madsen & Hvelplund 1994, Huntington & Givens 1995,
NRC 2001, Südekum 2005

Nylon bags:

Ankom (USA), Maschenweite 53 μ , 20 x 10 cm (für Grobfutter),
6 g Einwaage (15 mg/cm²), 2 mm Sieb

Fistulierte Tiere:

4 Ochsen (1.200 kg LM), Bar Diamond-Fisteln (USA)

Beschreibung der in situ-Methodik II

Ration:

Erhaltungsniveau

75 % GF ($\frac{1}{3}$ Heu, $\frac{1}{3}$ Grassilage, $\frac{1}{3}$ Maissilage)

25 % KF (Getreide, Trockenschnitzel, Sojaschrot, Mineralstoffe)

9 Inkubationszeiten:

0, 3, 6, 10, 14, 24, 34, 72, 168

Auswertung:

Orskov & McDonald (1979):

$$\text{deg} = a + b \times (1 - \exp(-c \times (t - \text{lag})))$$

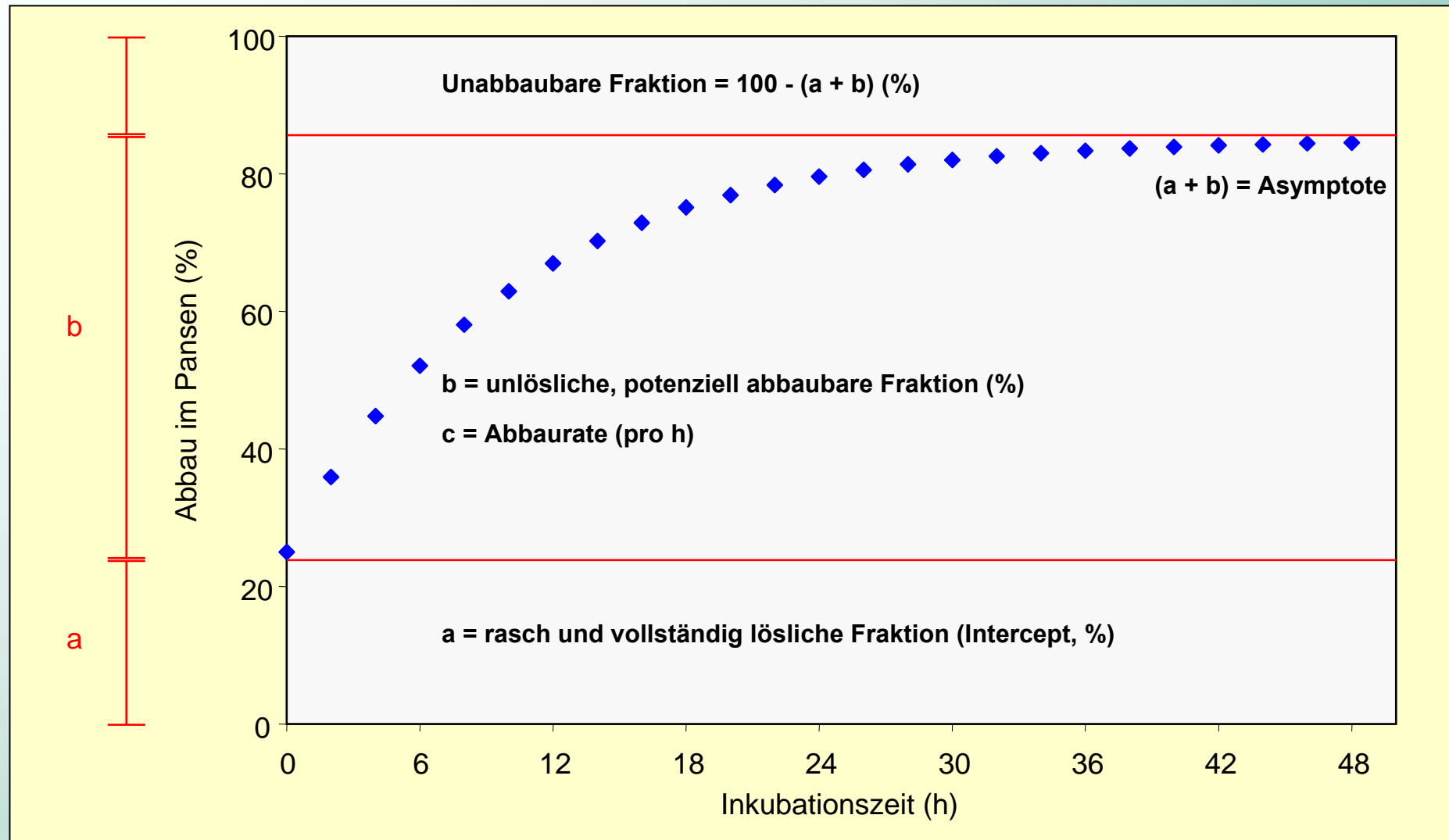
McDonald (1981):

$$\text{ED}_{k_p} = a + ((b \times c) / (k_p + c)) \times \exp(-k_p \times \text{lag})$$

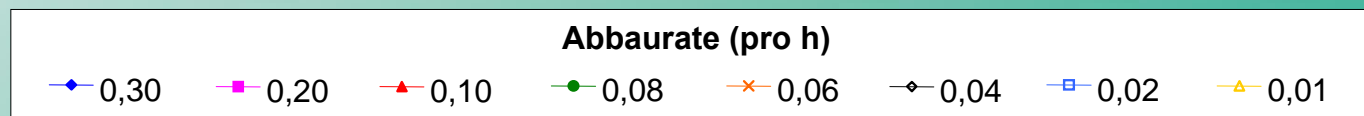
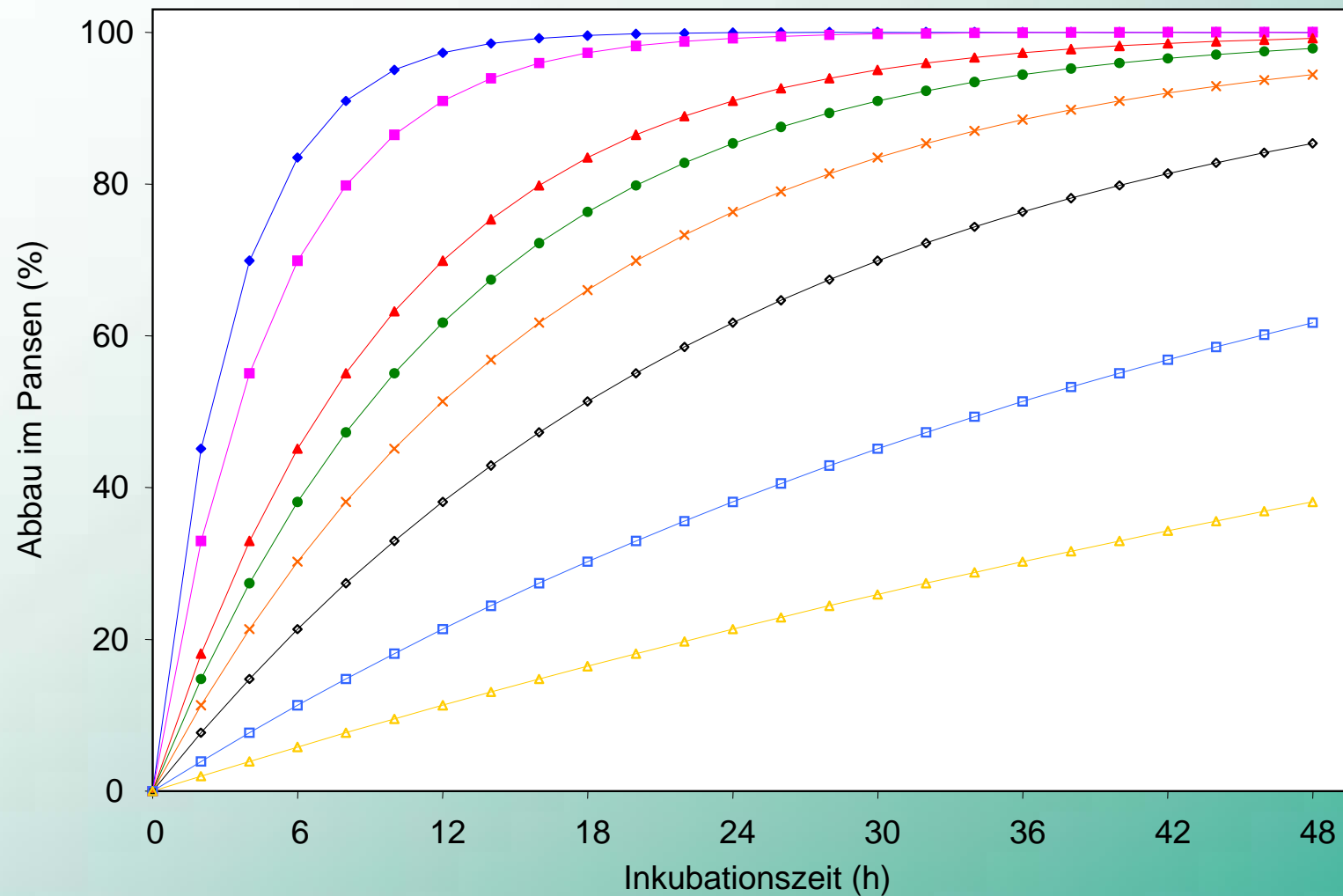
Beschreibung der Abbaubarkeit eines Futtermittels im Pansen

$$\text{deg} = a + b * (1 - \exp(-c * \text{Zeit}))$$

(Orskov & McDonald 1979)



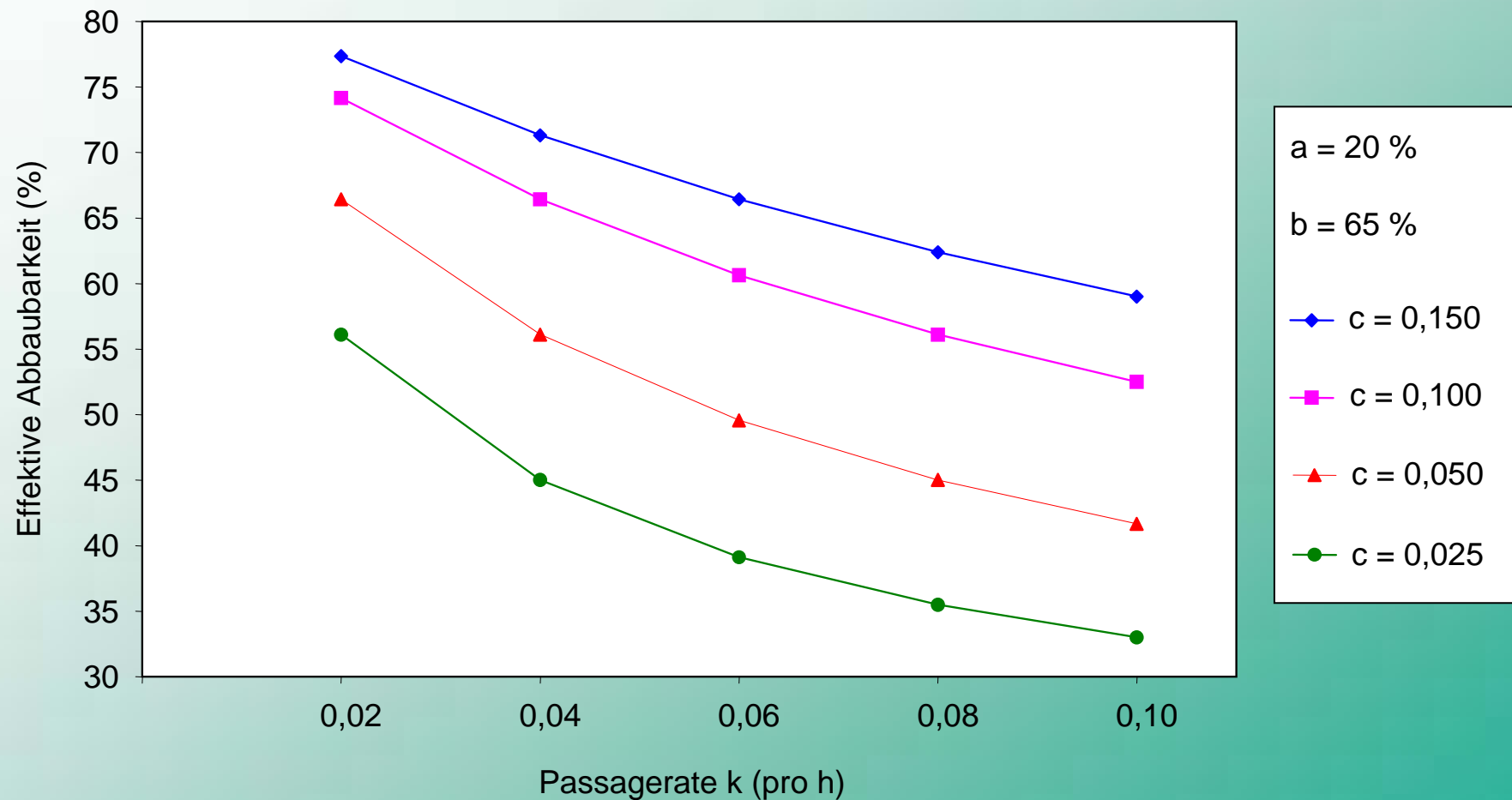
Einfluss der Abbaurate (c) auf den Nährstoffabbau im Pansen



Errechnung der effektiven Abbaubarkeit eines Futtermittels

$$ED = a + \frac{(b * c)}{(c + k)}$$

(Orskov & McDonald 1979)

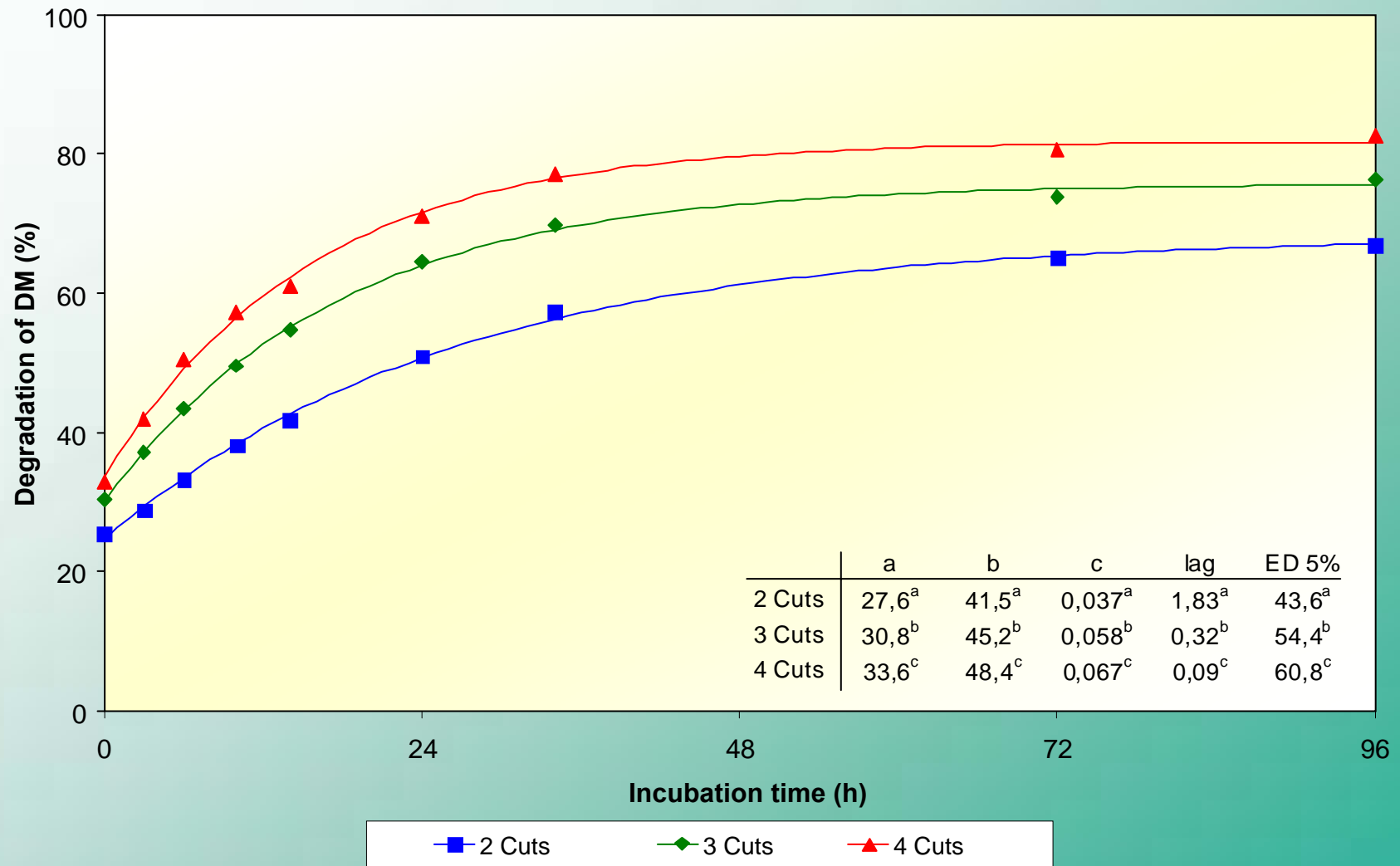




2.a

Wiesenfutter

in situ-Abbau der TM von Wiesenfutter unterschiedlicher Schnitthäufigkeit

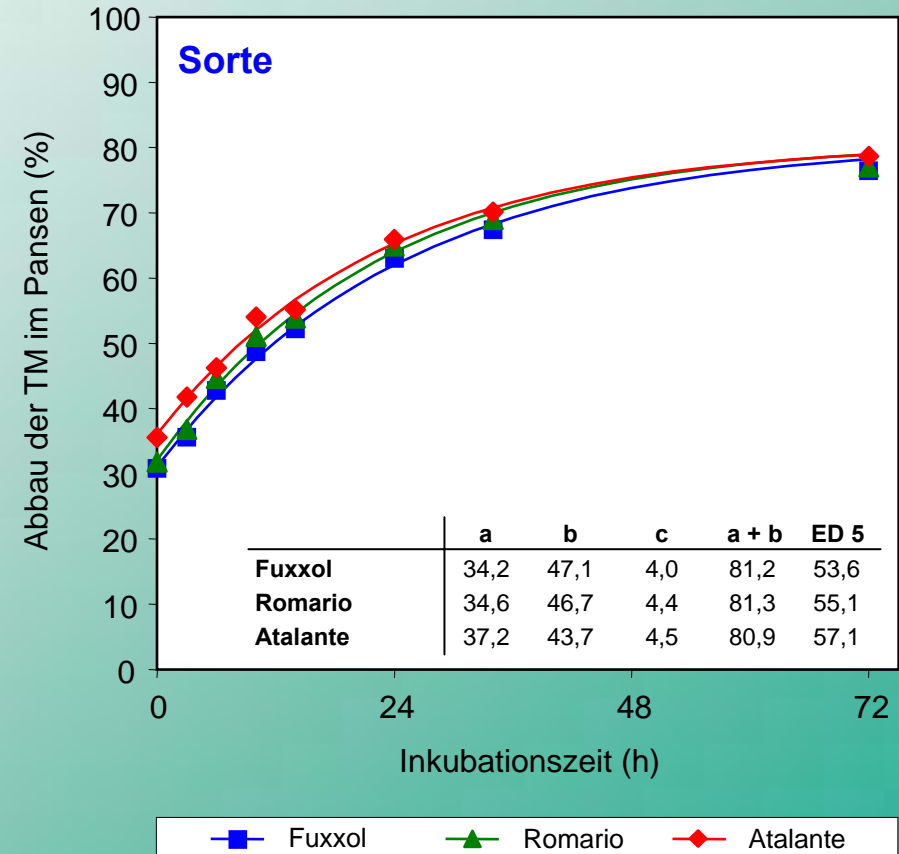
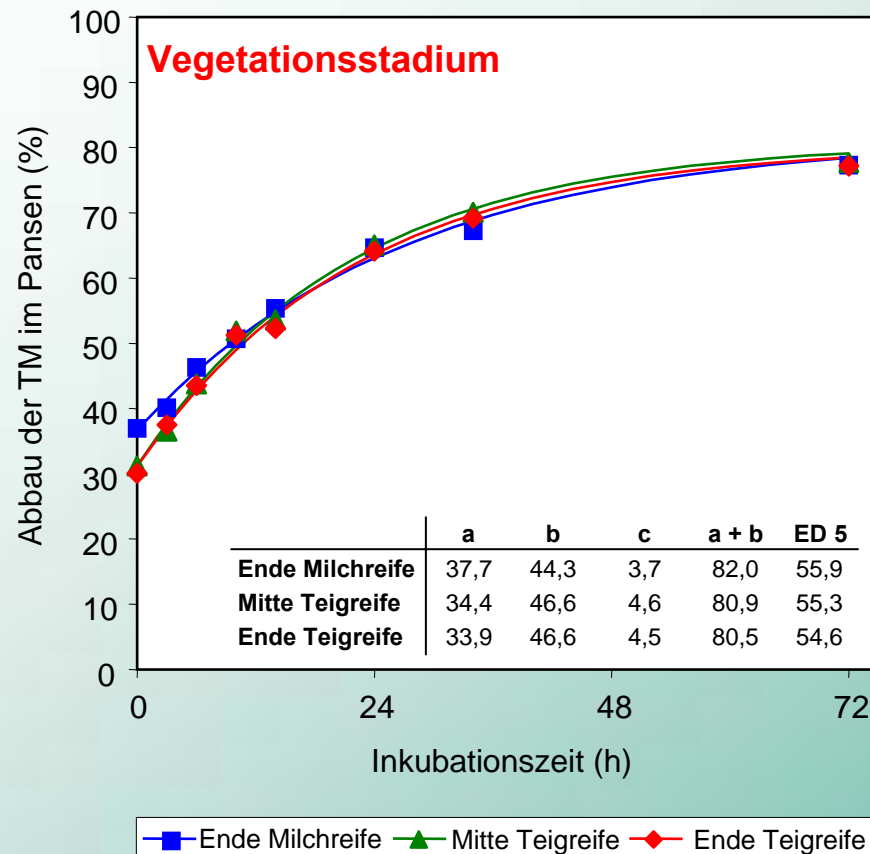




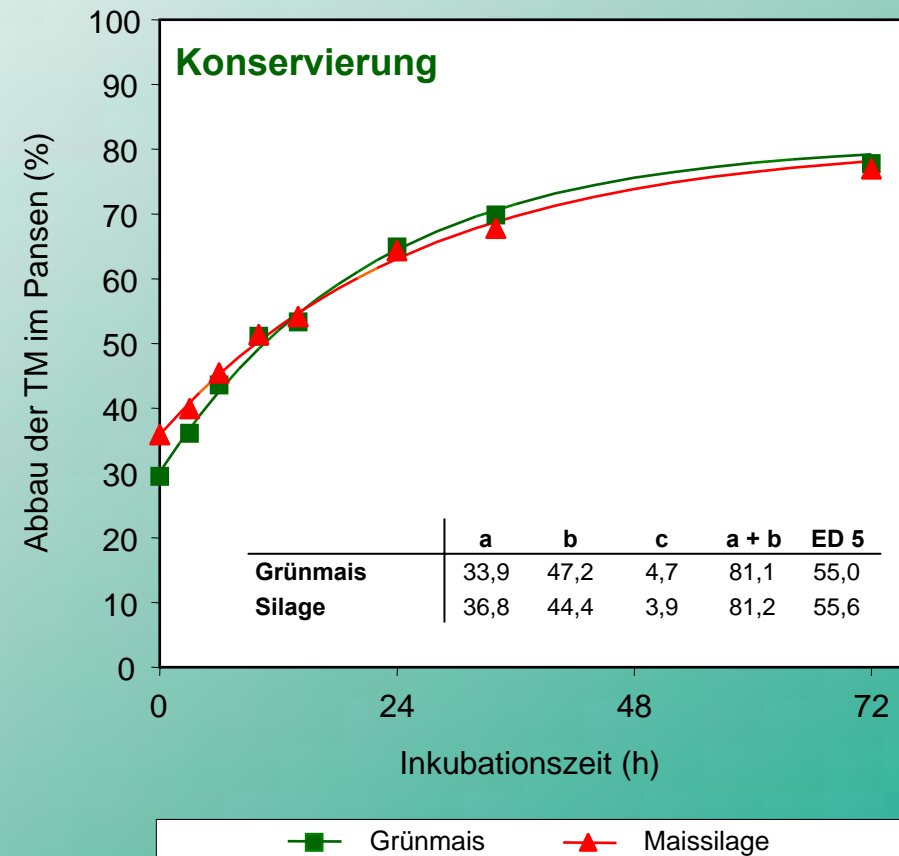
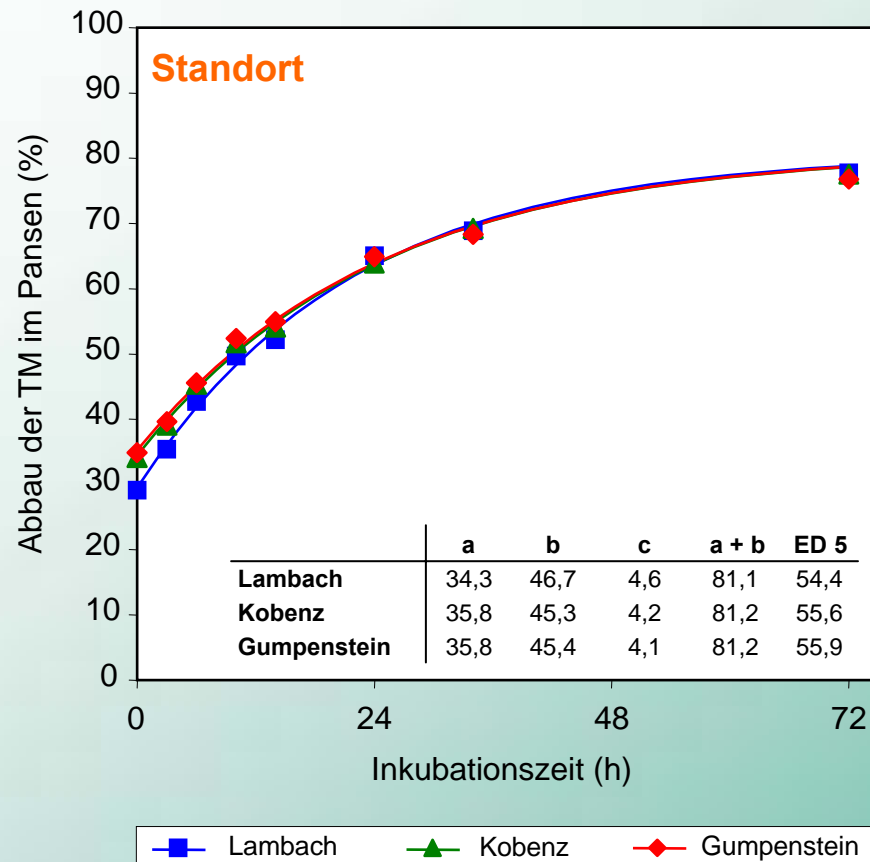
2.b

Silomais

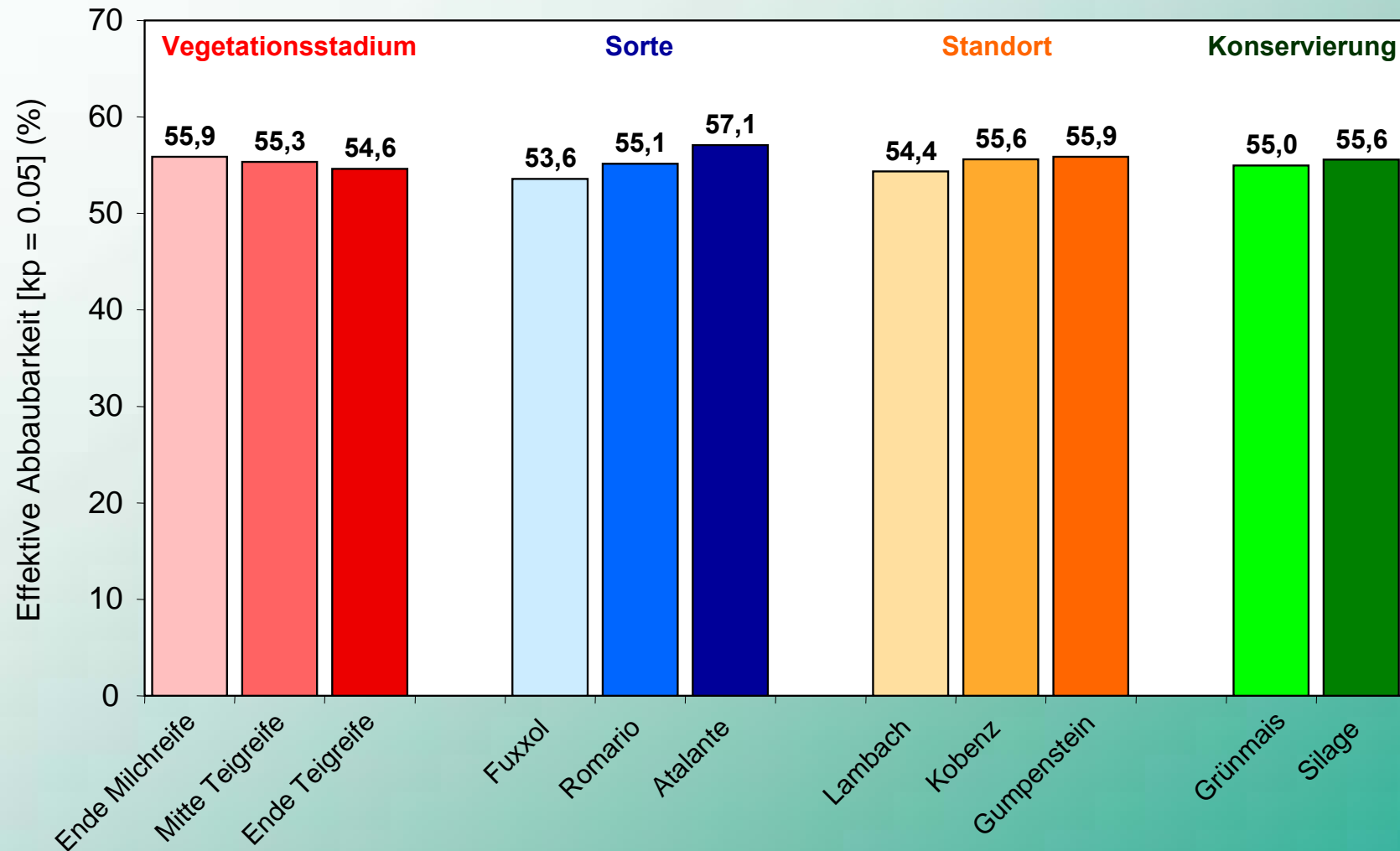
Abbau der TM von Silomais im Pansen in Abhängigkeit von Vegetationsstadium und Sorte



Abbau der TM von Silomais im Pansen in Abhängigkeit von Standort und Konservierung



Effektive Abbaubarkeit „ED p=0.05“ in Abh. von Veg.stadium, Sorte, Standort und Konservierung

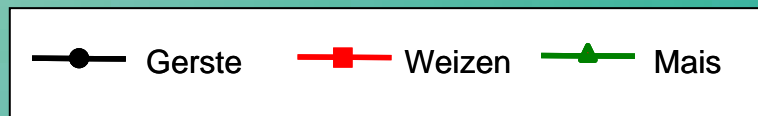
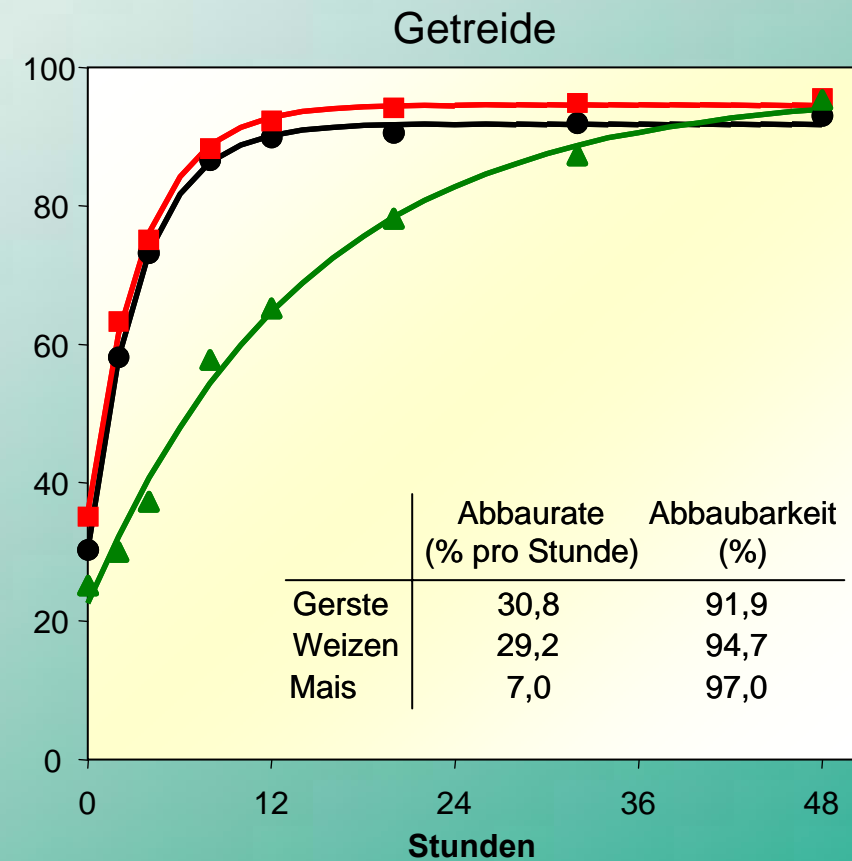
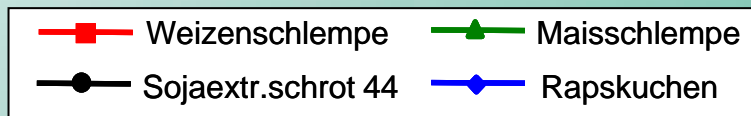
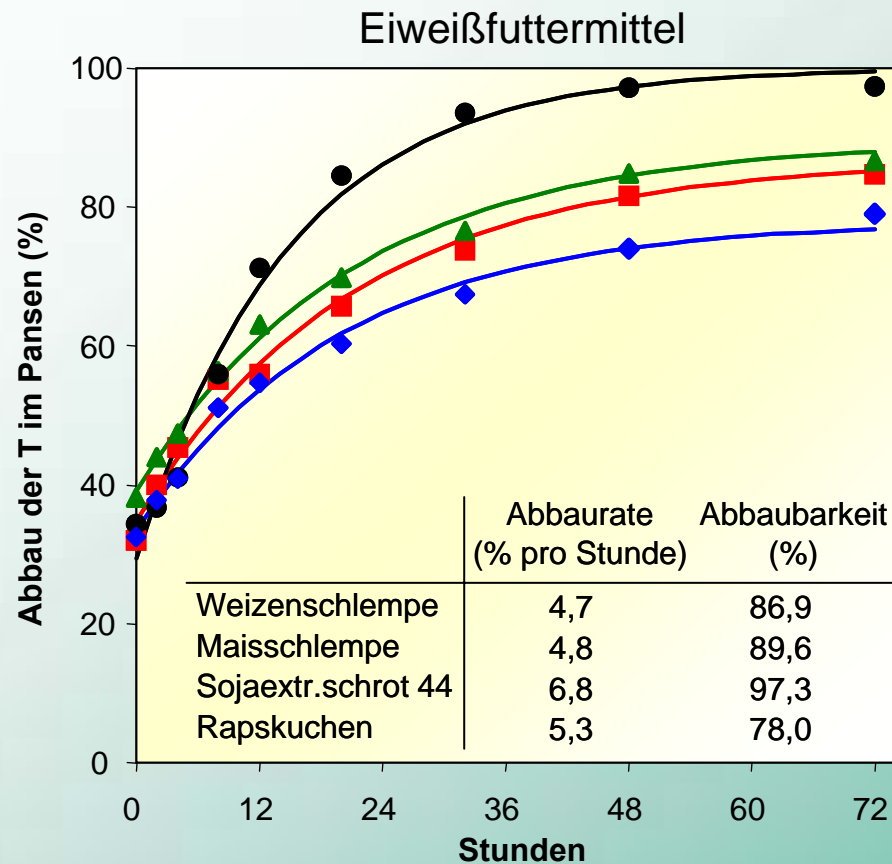




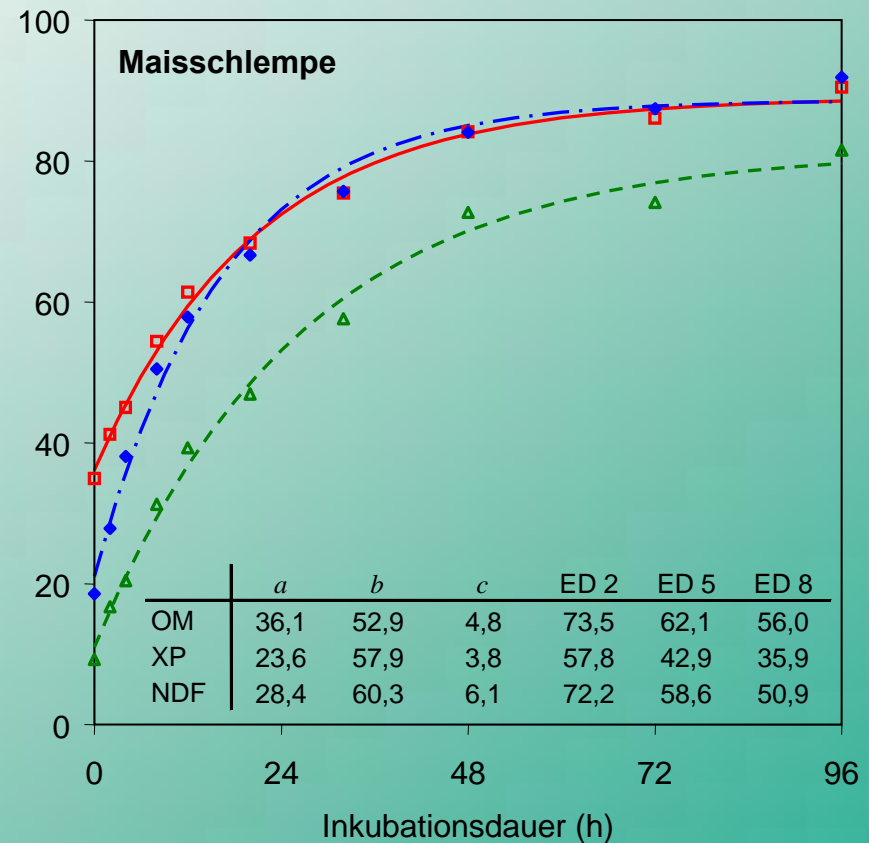
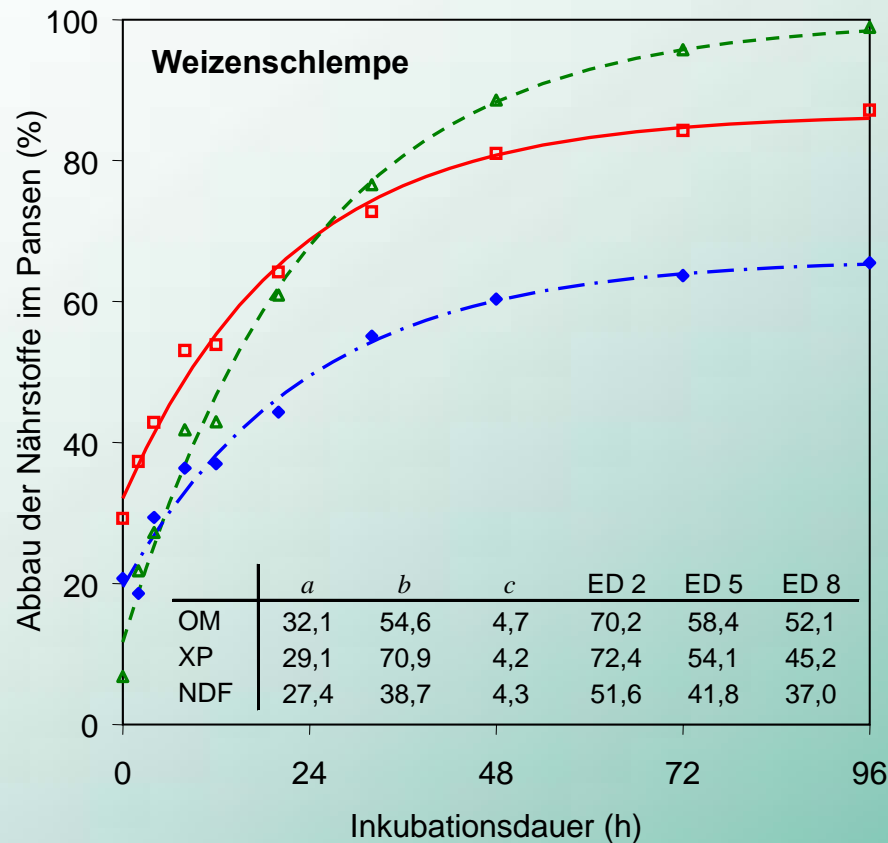
2.c

Kraftfutter

in situ-Abbau der TM von Eiweißfuttermitteln und Getreide



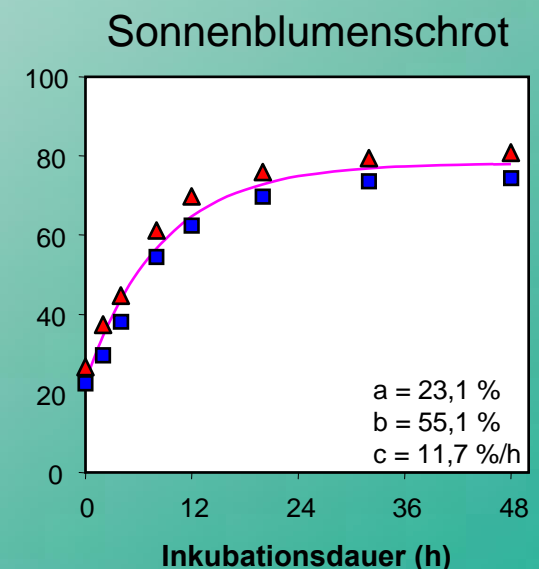
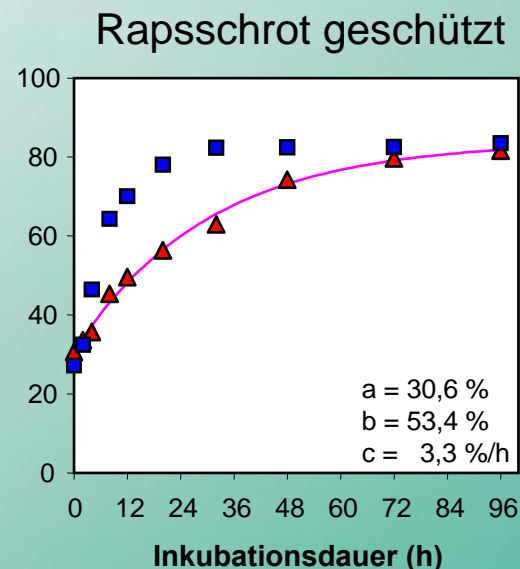
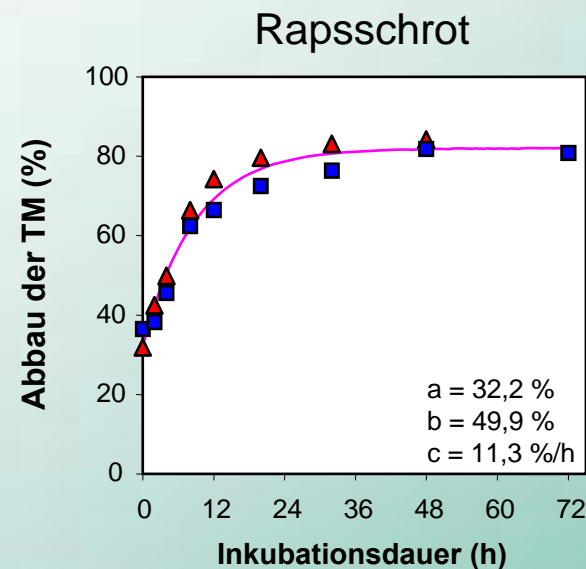
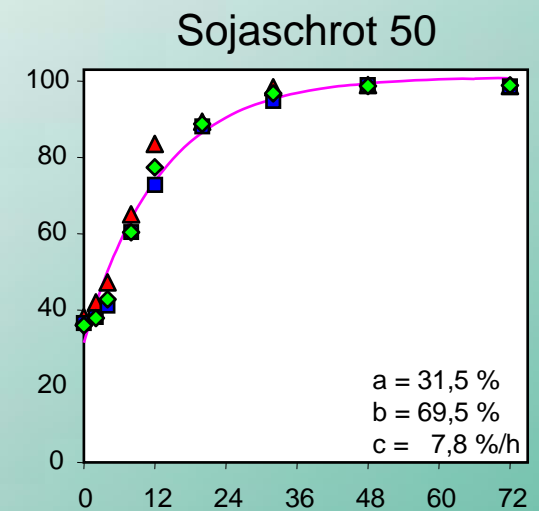
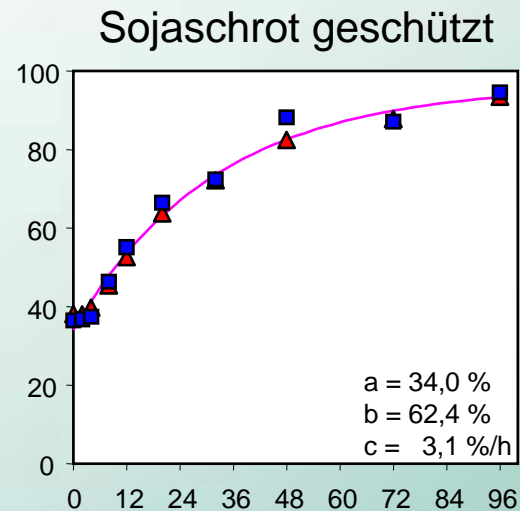
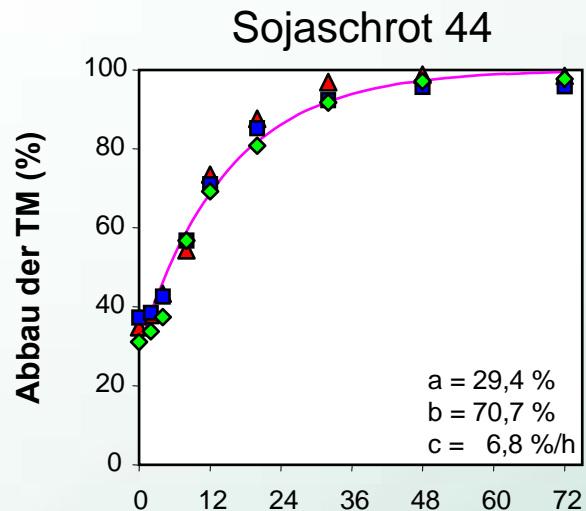
Vergleich des Abbaues verschiedener Nährstoffe



(GRUBER et al. 2006)

—■— OM —▲— XP —◆— NDF

Ruminale Abbaubarkeit verschiedener Kraftfutter



▲ 1 ■ 2 ◆ 3 — Modell

Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

- **Große Unterschiede zwischen Futtermitteln und Futtermittelgruppen**
 - Proteingehalt
 - Fettgehalt
 - Gehalt und Zusammensetzung der Kohlenhydrate
- **Cornell-System erlaubt tieferen Einblick in Verdauungsvorgänge des Pansens**
- **Gute Übereinstimmung zwischen Cornell-System und in situ-Nährstoffabbau**
- **Beide Methoden (in situ, CNCPS) sind wichtige Grundlage für Synchronisation der Nährstoffe im Pansen (XP, CHO)**