

Ruminale Umsetzung von Stärke und Rohprotein

H. Steingäß, N. Seifried, J. Krieg, M. Rodehutschord

Institut für Nutztierwissenschaften



- Ziele im TP 9
- Material & Methoden
 - Probenmaterial
 - Nährstoffabbau *in situ*
 - Hohenheimer Futterwerttest
- Ergebnisse
 - Methodische Aspekte *in situ*
 - Übersicht *in situ*-Abbau
 - Rohprotein
 - Stärke
 - Übersicht HFT *in vitro*
- Fazit und Ausblick

Ermittlung

- des ruminalen Abbaus von Trockenmasse, Rohprotein und Stärke mit der *in situ* Methode
- der Gasbildungskinetik, der Verdaulichkeit der OM und der Gehalte an ME mit dem Hohenheimer Futterwerttest *in vitro*
- des Gehaltes an nXP und UDP *in vitro* und *in situ*
- der Variation zwischen Getreide-Genotypen einer Kulturart und zwischen Arten
- Schätzung der *in situ* Abbaucharakteristik mit einfachen analytischen Verfahren
- Vergleich mit Resultaten aus TP 10

nachfolgender
Vortrag von
N. Seifried

Anzahl der untersuchten Genotypen der verschiedenen Kulturarten

	Gerste	Roggen	Triticale	Weizen	Mais	Hafer ¹
<i>In situ</i> Abbau	20	20	20	20	20	1
HFT						
Gasbildung	20	20	20	20	20	8
nXP-Schätzung	20	20	20	20	20	8

¹ Ergebnisse für Hafer werden nachfolgend nicht dargestellt

Eine Liste mit Bezeichnung der jeweiligen Genotypen steht zu Verfügung

Die Werte für die einzelnen Genotypen sind auf den entsprechenden Postern dargestellt

- Inkubationszeiten (h): 0, 1, 2, 4, 8, 24, 48 und 72 (Mais)
- Drei laktierende Kühe (Jersey) mit Pansenfistel
- Inkubation in Polyesterbeuteln mit ca. 50 µm Porengröße
- 3 bis 5 Wiederholungen pro Zeitpunkt und Kuh
- Verluste an Trockenmasse, Rohprotein und Stärke angepasst an Exponentialfunktion nach ØRSKOV und McDONALD (1981)

$$p = a + b (1 - e^{-ct})$$

- Berechnung
 - lösliche Fraktion (a)
 - potenziell abbaubare Fraktion (b) und Plateau (a+b)
 - Abbaurate (c)
 - Effektiver Abbau für verschiedene Passageraten; hier für 5 und 8 %/h dargestellt

- Keine Korrektur des Abbaus über die Auswaschverluste an kleinen Partikeln
 - Führt bei Abbauraten von bis zu 100 %/h kaum zu Änderungen
 - Abbaukinetik der ausgewaschenen Partikel vermutlich nicht vergleichbar mit der des Beutelinhaltes

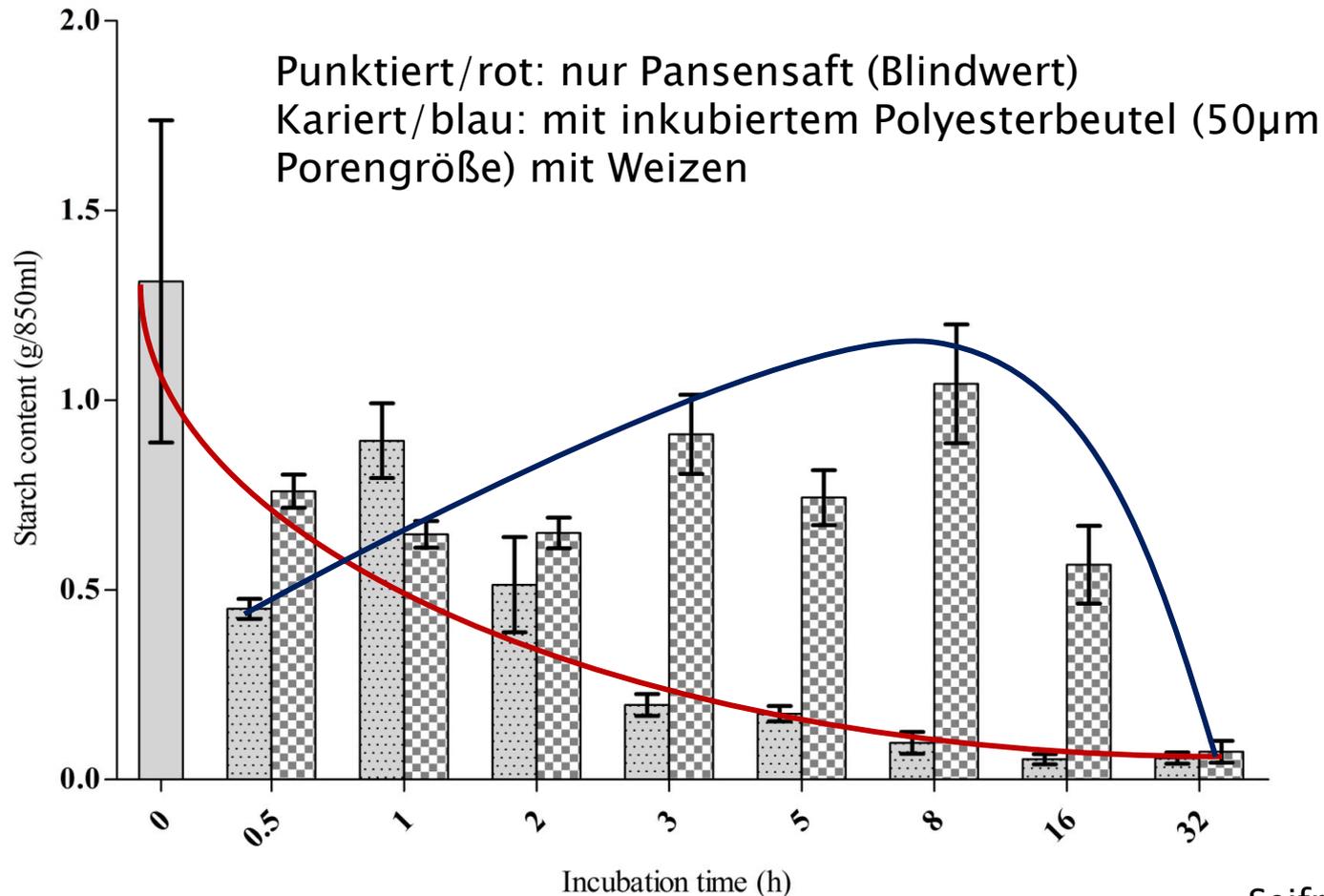
- Enzymatische Stärkebestimmung (Boehringer Mannheim) der Getreide und der Beutelnrückstände

- Erarbeitung robuster und zuverlässiger NIRS–Kalibrationen für Rohprotein und Stärke für Getreide und Beutelnrückstände
 - Berechnung des Rohprotein– und Stärkeabbaus von Gerste, Roggen und Triticale teilweise unter Verwendung NIRS–basierter Analysenwerte

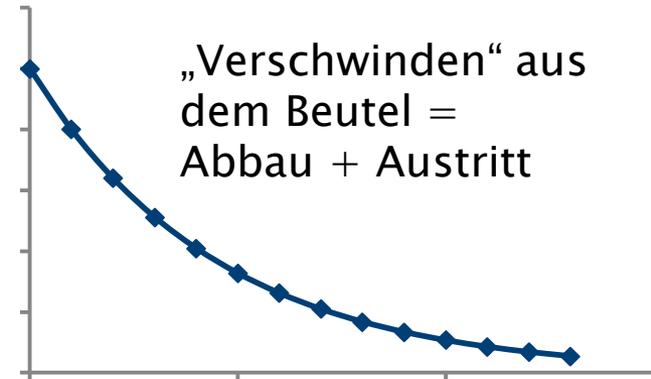
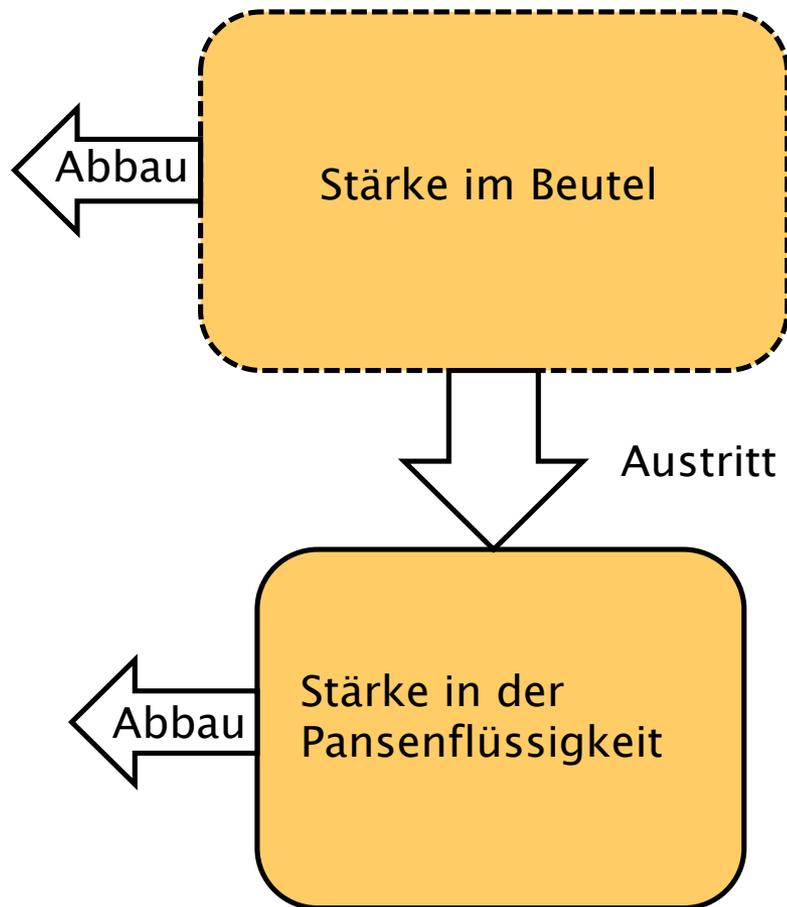
- Inkubationszeiten (h): 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 und 72
- 6 Wiederholungen pro Zeitpunkt
- Gasbildung angepasst an Exponentialfunktion
$$p = b (1 - e^{-ct})$$
- Berechnung
 - Plateau (b)
 - Gasbildungsrate (c)
 - Gasbildung 24h
 - Verdaulichkeit der OM; Gehalte an ME und NEL
- nXP-Schätzung
 - Inkubationszeiten 8 und 24 h (Mais 8, 24 und 48 h)
 - 4 Wiederholungen pro Probe in 2 Durchgängen
 - Nach Inkubationsende: Ammoniakdestillation des Inkubationsrückstandes
 - Berechnung des „effektiven nXP“ für bestimmte Passageraten

- Neben **primären Verlusten** (lösliche Bestandteile und Verlust kleiner Partikel ($<50\mu\text{m}$) beim Waschvorgang zum Zeitpunkt 0 h kommt es bei Getreide im Lauf der Inkubation zu
 - **Sekundären Partikelverlusten** durch Herauslösen von Stärkekörnern nach Abbau der Proteinmatrix im Endosperm und Austritt aus dem Nylonbeutel
 - Die Stärke aus sekundären Verlusten gilt methodisch als abgebaut
 - Dadurch erhöhen sich Ausmaß und Geschwindigkeit des Stärkeabbaus
- ⇒ gibt es Möglichkeiten, dies zu verhindern bzw. zu quantifizieren?

Stärkegehalt in der Fermenterflüssigkeit (RUSITEC) im Zeitverlauf

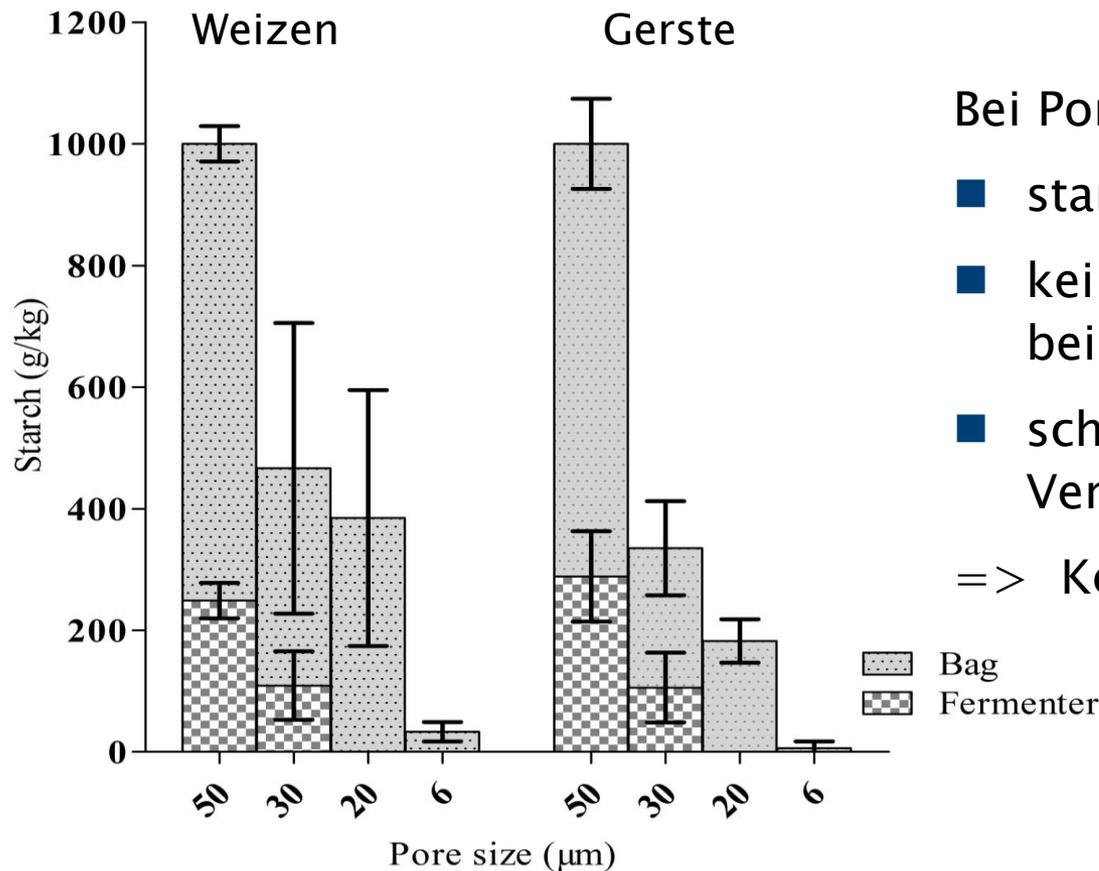


Seifried et al. (2013)



⇒ Die Austrittrate an Stärke aus dem Beutel ist auf jeden Fall größer als die Abbauraten, eine Korrektur ist nicht möglich, da keine der beiden Größen bekannt ist.

Stärkeverluste bei Variation der Porengröße der Beutel
(8h Inkubation; 50 μ m Porengröße = 1000)

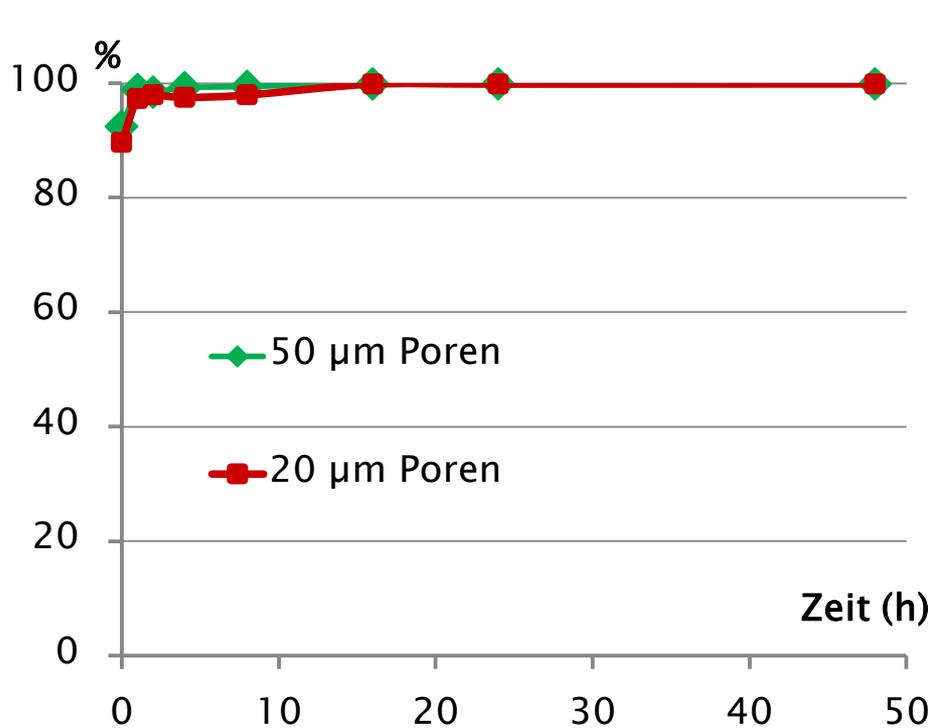


Bei Porengrößen < 50 μ m:

- stark reduzierter Stärkeabbau
- keine sekundären Stärkeverluste bei 20 μ m
- schlechte Wiederholbarkeit durch Verstopfen des Beutelgewebes

=> Keine Alternative

Seifried et al. (2013)



← 100 µm →

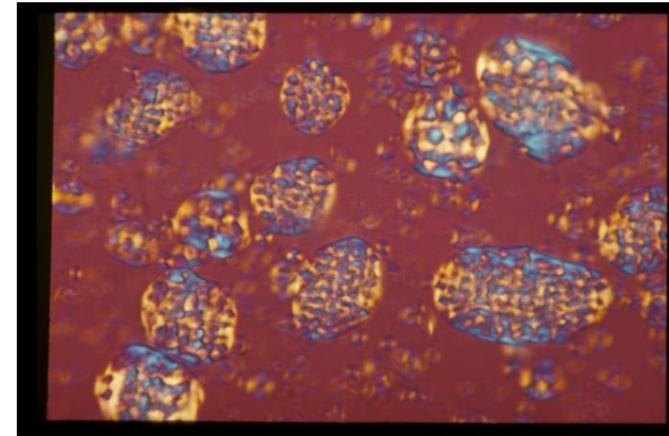
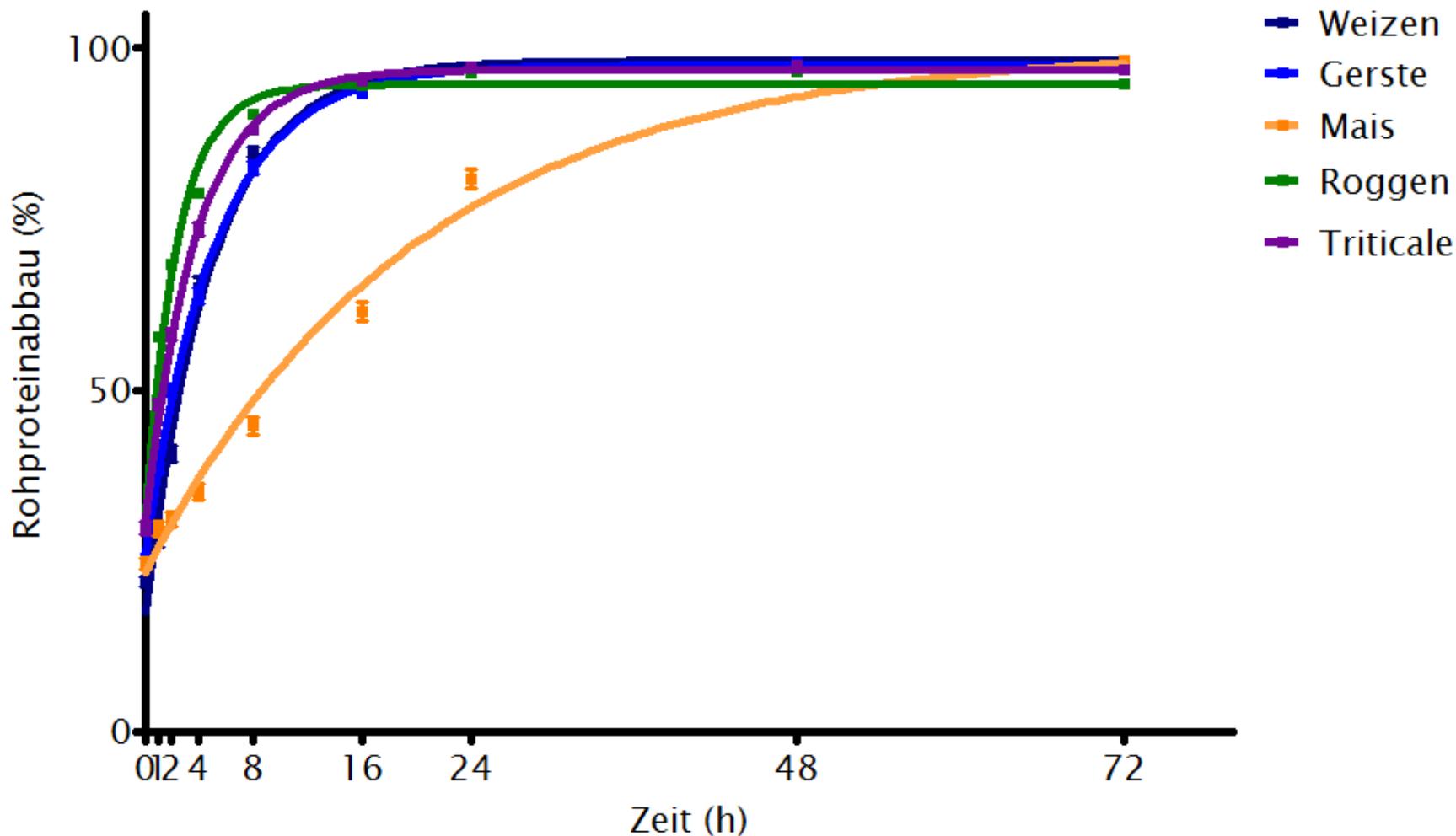


Foto: W. Huss

Die zusammengesetzten Stärkekörner des Hafers zerfallen unmittelbar in kleine Bruchstücke und werden ausgewaschen
=> „primäre“ Partikelverluste

- Hafer sollte wegen der extremen Auswaschverluste mit der *in situ* Methode ***nicht untersucht*** werden.
 - Sekundäre Partikelverluste treten bei allen Weichgetreiden auf, nicht bei Mais und betreffen primär die Stärke und weniger das Rohprotein
 - Eine Korrektur der sekundären Stärkeverluste ist nicht möglich, da weder die „echte“ Abbaurate noch die Austrittsrate durch den Beutel bekannt sind.
 - Eine kleinere Porengröße der Beutel ist keine Alternative.
- ⇒ Die Ergebnisse des Stärkeabbaus werden nachfolgend „wie gemessen“ dargestellt.
- Mit dem Wissen, dass damit eine z.T. erhebliche Überschätzung der Abbaurate der Stärke vorliegt, ***mindestens um den Faktor 2.***

Kumulativer Abbau des Rohproteins *in situ*



Parameter des ruminalen Rohproteinabbaus *in situ*



	Lösliche Fraktion (a; %)		Plateau (b; %)		Abbaurrate (c; %/h)	
	MW	von-bis	MW	von-bis	MW	von-bis
Gerste	26	20–30	98	96–99	20	14–25
Roggen	32	28–35	95	94–96	43	39–50
Triticale	30	22–36	93	91–95	54	39–75
Weizen	17	11–22	98	97–100	21	18–27
Mais	23	17–35	100	100	5,1	4,1–6,5

- Unterschiede zwischen Arten und Genotypen bei lösl. Fraktion
- Potenzieller Abbau (Plateau) ohne Unterschied nahe 100 %
- Hohe Variation der Abbauraten zwischen Genotypen
- große Unterschiede zwischen Weichgetreide und Mais

Effektiver Abbau des Rohproteins *in situ* (%)



	Passagerate 5%/h		Passagerate 8%/h		Literatur	
	MW	von-bis	MW	von-bis	DLG ¹	CVB ²
Gerste	83^b	77–86	77^b	69–80	75	65
Roggen	88^a	87–89	85^a	83–86	85	76
Triticale	88^a	86–89	85^a	82–87	85	77
Weizen	82^b	80–85	76^b	72–80	80	76
Mais	62^c	54–70	53^c	45–62	50	36

a,b verschiedene Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Arten ($p < 0,05$)

- hoher Abbau und nur noch geringe Unterschiede zwischen Genotypen bei Weichgetreide
- niedrige Werte für Mais mit großer genotypischer Variation
- Bestätigung der DLG-Werte

¹ DLG-Information 2/2001

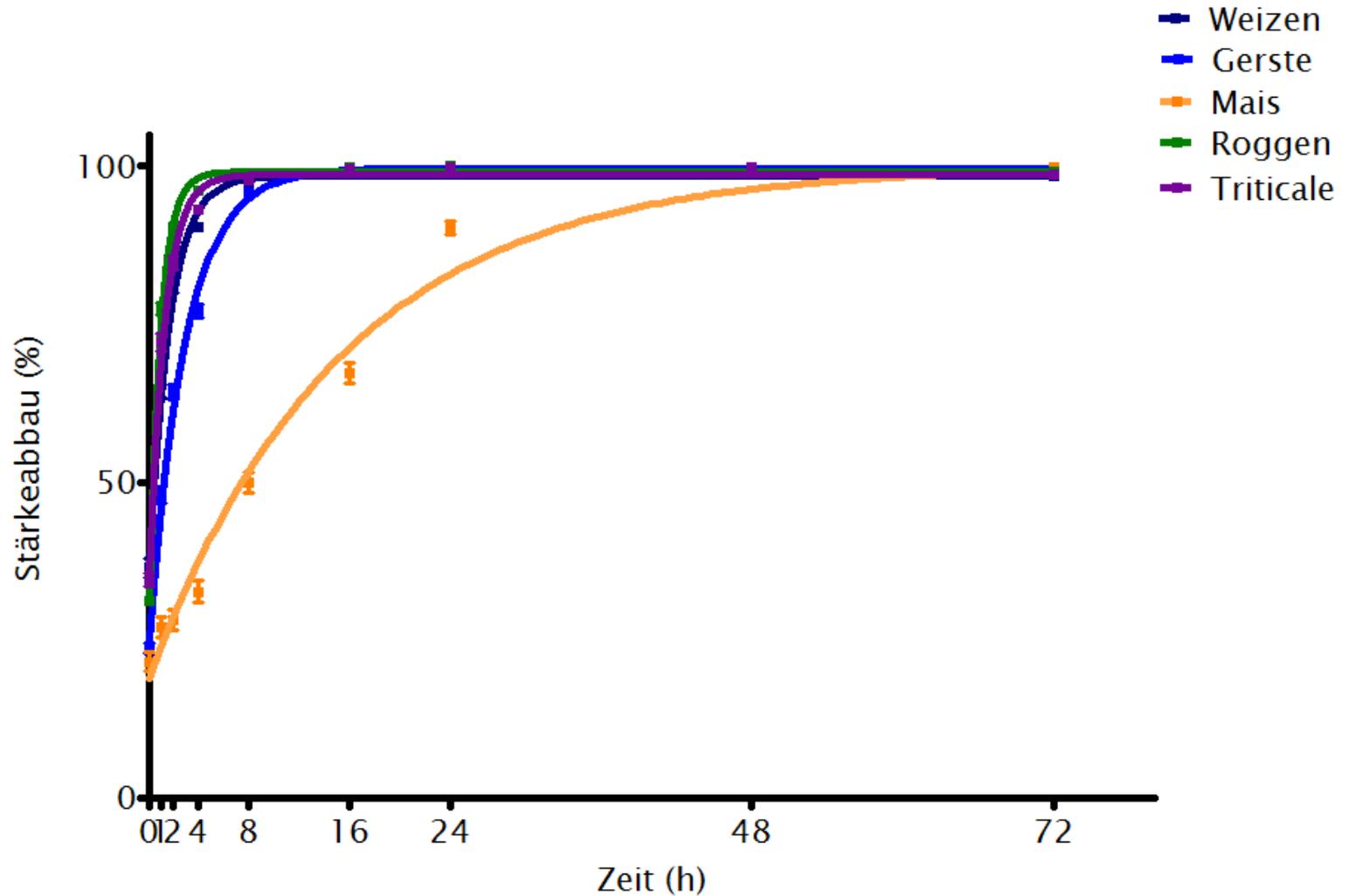
² CVB Feed Table 2011; Passagerate 6%/h

Gehalte an unabgebautem Rohprotein (UDP) (g/kg TM)



	Rohprotein g/kg TM	UDP PR 8 %/h	
		MW	von-bis
Gerste	123	29	21-38
Roggen	117	18	16-19
Triticale	124	19	16-24
Weizen	136	33	26-44
Mais	94	45	31-60

Kumulativer Abbau der Stärke *in situ*



Parameter des ruminalen Stärkeabbaus *in situ*



	Lösliche Fraktion (a; %)		Plateau (b; %)		Abbaurrate (c; %/h)	
	MW	von-bis	MW	von-bis	MW	von-bis
Gerste	24	17-30	100	99-100	36	28-48
Roggen	31	23-35	99	99	116	77-177
Triticale	35	26-42	99	98-100	85	54-137
Weizen	36	25-49	99	98-100	65	38-99
Mais	18	8-32	100	100	6,8	5,3-8,9

- Unterschiede bei der löslichen Fraktion
- Potenzieller Abbau (Plateau) ohne Unterschied nahe 100 %
- Sehr hohe Abbauraten bei den Weichgetreiden
- große Unterschiede zwischen Weichgetreide und Mais

Effektiver Abbau der Stärke *in situ* (%)



	Passagerate 5%/h		Passagerate 8%/h		Literatur	
	MW	von-bis	MW	von-bis	DLG ¹	CVB ²
Gerste	90^c	88–92	85^c	82–88	85	88
Roggen	96^a	95–97	95^a	92–96	85	91
Triticale	95^{ab}	93–96	93^{ab}	90–95	85	91
Weizen	94^b	91–96	91^b	87–94	85	91
Mais	65^d	58–76	55^d	48–68	58	64

a,b verschiedene Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Arten ($p < 0,05$)

- sehr hoher effektiver Abbau bei den Weichgetreiden, nur noch geringe Unterschiede zwischen Genotypen und Arten
- niedrige Werte für Mais mit großer genotypischer Variation
- Bestätigung eher der Werte des CVB

¹ DLG-Information 2/2001

² CVB Feed Table 2011; Passagerate 6%/h

Gasbildung und Gehalte am Umsetzbarer Energie im HFT *in vitro*



	Gasbildung 24 (ml/200 mg TM)		ME ¹ (MJ/kg TM)		ME (MJ/kg TM)
	MW	von-bis	MW	von-bis	DLG ²
Gerste	75	71–78	13,5	12,9–14,0	12,8
Roggen	79	77–82	13,9	13,6–14,3	13,3
Triticale	79	74–82	14,0	13,4–14,4	13,1
Weizen	78	76–80	14,0	13,7–14,3	13,4
Mais	74	63–79	13,8	13,5–14,2	13,3

- relativ geringe Unterschiede zwischen den Arten und Genotypen
- Gehalte an ME bestätigt durch Ergebnisse aus TP 10

$$^1 \text{ ME} = (1,681 + 0,157\text{Gb}24 + 0,0084\text{XP} + 0,022\text{XL} - 0,0081\text{XA})0,9065$$

² DLG-Information 2/2001

Schätzung des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein im modifizierten HFT *in vitro*

	Effektives nXP (g/kg TM)		nXP (g/kg TM)
	MW	von-bis	
Gerste	165	152–177	164
Roggen	169	160–183	167
Triticale	169	149–188	170
Weizen	174	169–182	172
Mais	156	147–166	164

- Mittelwerte der Arten unterscheiden sich kaum
- exakte Bestätigung der DLG-Werte bei Weichgetreide

⇒ Weitere Ausführungen auf dem Poster

² DLG-Information 2/2001

- Die Projektziele wurden vollständig erreicht: Eine umfassende Charakterisierung der Futterwertmerkmale von Getreide für Wiederkäuer liegt vor.
- Die Ergebnisse sind Voraussetzung für eine Weiterentwicklung der Futterbewertung und stehen für die Umsetzung in Fütterungsempfehlungen zur Verfügung.
- Die neuen Ergebnisse machen teilweise Anpassungen der Futterwert-Datenbasen erforderlich, teilweise werden bestehende Angaben bestätigt.
- Eine Schätzung der ruminalen Abbaucharakteristik aus einfachen analytischen Kennzahlen ist möglich (= > nachfolgender Vortrag von N. Seifried).
- Weiteres Ziel ist es, NIRS-Kalibrationen für eine direkte Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus zu entwickeln.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit...



Gefördert durch:



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projekträger Bundesanstalt
für Landwirtschaft und Ernährung