

Nutztiere

Rohproteinabbaubarkeit in Futtermischungen – Methodenvergleich

Frigga Dohme und Adriana F. Spara, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux
Auskünfte: Frigga Dohme, E-Mail: frigga.dohme@rap.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 72 27

Zusammenfassung

Die ruminale Rohproteinabbaubarkeit (aRP) ist ein wichtiger Basiswert, um den Gehalt von absorbierbarem Protein am Darm (APD) in Futtermitteln berechnen zu können. Da die herkömmliche *in sacco* Methode zur Bestimmung der Abbaubarkeit sehr aufwendig ist, wäre es wünschenswert, für Routineuntersuchungen eine *in vitro* Methode einsetzen zu können. In einem Versuch mit 17 kommerziell in der Milchviehfütterung eingesetzten Futtermischungen wurde die ruminale Rohproteinabbaubarkeit mit der an der RAP angewendeten enzymatischen *in vitro* Methode bestimmt und mit den Resultaten aus der *in sacco* Methode verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass es zu einer recht guten Übereinstimmung der beiden Methoden kam ($R^2 = 0.86$), was sich nachfolgend auch bei der Berechnung der APD-Werte zeigte. Will man die *in sacco* Methode jedoch durch die enzymatische *in vitro* Methode ersetzen, braucht es trotz der vorliegenden Resultate noch weitere Untersuchungen, um den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Genauigkeit der Methode abzuklären.

Für die Proteinversorgung des Wiederkäuers ist vor allem die Menge und Zusammensetzung des aus dem Darm absorbierbaren Proteins (APD) entscheidend. Während der grösste Teil des aufgenommenen Rohproteins durch den Abbau zu Aminosäuren und Ammoniak zur Synthese des biologisch hochwertigen Mikrobenproteins verwendet wird, passiert der kleinere Teil den Pansen ungebaut und gelangt über den Labmagen direkt in den Darm. Um Rohprotein hinsichtlich der Qualität und der Nutzbarkeit durch den Wiederkäuer beurtei-

len zu können, sind neben dem Gehalt im Futter besonders Kenntnisse über dessen Abbaubarkeit im Pansen von grosser Bedeutung.

Bestimmung der ruminalen Rohproteinabbaubarkeit

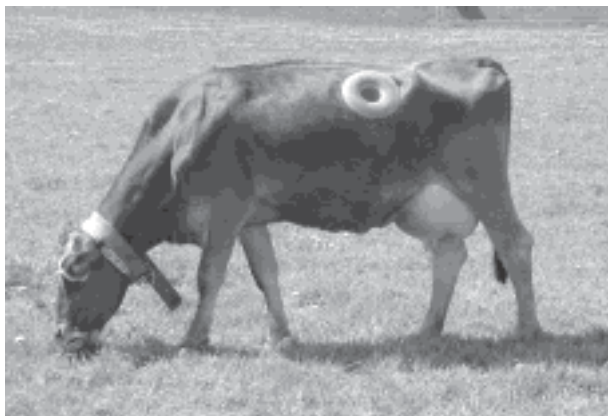
Die Bestimmung der Rohproteinabbaubarkeit *in sacco* beruht auf einer Technik von Ørskov und McDonald aus dem Jahre 1979 und wurde in zahlreichen Ländern teils in modifizierter Form als Instrument zur Rohproteinbewertung übernommen (Madsen und Hvelplund 1994). Da die Methode jedoch pansensaftabhängig ist und bedingt, dass die zu untersuchenden Futterproben abgefüllt in Nylonbags direkt in den Pansen von fistulierten Tieren (Abb. 1) platziert werden, ist sie sehr arbeitsaufwändig. Bei der Auswertung eines Ringtests an dem 23 Institute aus 17 Ländern beteiligt waren, stellten Madsen und Hvelplund (1994) zudem fest, dass es aufgrund von Abweichungen in der Durchführungsweise zu erheblichen Unterschieden zwischen den einzel-

nen Laboratorien kam. Um einerseits den Arbeitsaufwand zu reduzieren und andererseits standardisierte Bedingungen zu schaffen, werden verstärkt Bestrebungen angestellt, einfachere Labormethoden zur Bestimmung der ruminalen Rohproteinabbaubarkeit und damit zur Schätzung des absorbierbaren Proteins am Darm zu finden. Von Zhao und Lebzién (2000) und Steingass *et al.* (2001) wurden pansensaftabhängige *in vitro* Methoden, die sich auf das Verfahren nach Tilley und Terry beziehungsweise den Hohenheimer Futterwerttest abstützen, weiterentwickelt. Da Pansensaft jedoch sehr inhomogen ist und pansensaftabhängige Methoden somit Schwächen in der Wiederholbarkeit aufweisen, kommen zudem zwei Verfahren zur Anwendung, die die Inkubation mit diesem Medium umgehen. Shannak *et al.* (2000) erarbeiteten eine chemische Methode zur Fraktionierung des Rohproteins, welche auf dem Cornell Net Carbohydrat System basiert. Andere Forscher wie z.B. Aufrère und Cartailier (1988) oder Licitra *et al.* (1998) wenden Enzyme an, um die ruminale Abbaubarkeit zu bestimmen. Diese Methode wird auch an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztiere, Posieux (RAP) eingesetzt.

Anwendung der *in sacco* und einer *in vitro* Methode an der RAP

Um die an der RAP angewendete *in vitro* Methode zur Bestimmung der Rohproteinabbaubarkeit hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit der *in sacco* Me-

Abb. 1. Für die Anwendung der *in sacco* Methode müssen am Pansen fistulierte Tiere zur Verfügung stehen.



thode zu prüfen, wurde ein Versuch mit 17 der wichtigsten in der Schweiz eingesetzten Milchviehfuttermischungen durchgeführt (Tab. 1), die gemäss ihres Rohproteingehaltes in vier Gruppen (<25 %; 40-45 %; 45-50 %; >50 %) unterteilt wurden. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, lagen die Mischungen hauptsächlich in pelletierter Form vor, vereinzelt aber auch als Krümel oder Mehl und waren bisweilen expandiert. Aus den vorliegenden Rezepturen wurde deutlich, dass die häufigsten Rohproteinträger in den Futtermischungen Maiskleber, Rapsschrot und -kuchen sowie Sojaschrot und -kuchen waren (Tab. 2).

Die Durchführung der *in sacco* Untersuchungen erfolgte in Anlehnung an Michalet-Doreau *et al.* (1987) und Madsen und Hvelplund (1994), wobei jedoch nicht die Wasserlöslichkeit des Rohproteins bestimmt wurde. Für den Versuch standen zwei nicht-laktierende pansenfistulierte Kühe zur Verfügung, die während der Adaptationsperiode (21 Tage) und den Versuchsperioden (4 x 5 Tage) mit 5.2 kg Heu (RF: 370 g/kg TS; RP: 62 g/kg TS) und 2.6 kg Kraftfutter (RP: 213 g/kg TS), welches je 15 % Maiskleber und Sojaextraktionsschrot sowie 8 % Rapsextraktionsschrot enthielt, gefüttert wurden. Die Ration wurde

zweimal täglich (7.30; 16.30 Uhr) verabreicht. Die Nylon-säckchen, hatten eine Abmessung von 7.5 cm x 14.0 cm und eine Porengrösse von 40 µm. Das verwendete Probenmaterial wurde mit einer Messermühle auf 1.5 mm gemahlen. In jedes Säckchen wurde 3.0 g Probenmaterial eingewogen, was etwa 19 mg Substanz pro cm² freier Säckchenoberfläche entsprach (Abb. 2). Die Inkubation der Futterproben dauerte 2, 4, 8, 16, 24, und 48 Stunden. Das Einlegen der Säckchen in den Pansen erfolgte stets unmittelbar vor der Morgenfütterung ausser für die 16-stündige Inkubation, bei der aus versuchs-technischen Gründen erst

Tab. 1. Chemische Zusammensetzung der Futtermischungen

Futtermischung (Struktur)	TS (g/kg)	RA (g/kg TS)	RP (g/kg TS)	RL (g/kg TS)	ZU (g/kg TS)	ST (g/kg TS)	RF (g/kg TS)	NDF (g/kg TS)	ADF (g/kg TS)
Rohproteingehalt < 25 %									
1 (Pellets)	880	76	203	83	70	298	63	240	94
2 (Pellets)	886	67	207	62	61	386	47	209	78
3 (Pellets)	899	61	244	95	69	352	41	150	60
Mittelwert	888	68	218	80	67	345	50	200	77
Standardabweichung	9,7	7,5	22,6	16,7	4,9	44,4	11,4	45,7	17,0
Rohproteingehalt 40 - 45 %									
4 (Pellets)	912	94	403	56	76	190	33	107	79
5 (Pellets)	896	89	419	57	76	127	50	180	89
6 (Pellets)	909	91	424	57	81	123	65	162	107
7 (Pellets)	903	147	433	54	93	72	43	112	82
8 (Mehl)	901	84	436	37	88	133	57	169	96
9 (Krümel, expandiert)	924	73	438	80	81	133	48	142	88
10 (Pellets)	900	99	444	44	105	81	68	156	125
Mittelwert	906	97	428	55	86	122	52	147	95
Standardabweichung	9,5	23,7	13,9	13,4	10,5	38,9	12,3	28,1	16,1
Rohproteingehalt 45 - 50 %									
11 (Pellets)	894	100	462	46	110	86	52	152	93
12 (Pellets)	889	82	476	41	87	101	48	154	99
13 (Pellets)	907	108	485	36	61	135	38	134	66
14 (Pellets, expandiert)	916	98	488	40	86	111	35	93	77
15 (Pellets)	912	103	499	40	67	134	24	73	51
Mittelwert	904	98	482	41	82	113	39	121	77
Standardabweichung	11,6	9,8	13,9	3,6	19,3	21,2	11,1	36,4	19,6
Rohproteingehalt > 55 %									
16 (Pellets)	920	111	561	69	82	86	37	96	74
17 (Pellets)	906	80	579	50	87	113	58	148	105
Mittelwert	913	96	570	60	85	99	48	122	90
Standardabweichung	9,9	21,9	12,7	13,4	3,5	19,1	14,8	36,8	21,9

TS: Trockensubstanz; RA: Rohasche; RP: Rohprotein; RL: Rohlipide; ZU: Zucker; ST: Stärke; RF: Rohfaser; NDF: Neutral Detergent Fiber; ADF: Acid Detergent Fiber.

Tab. 2. Hauptrohproteinträger (g/kg) in den Futtermischungen

Futtermischung	Harnstoff	Kartoffelprotein	Maiskleber	Rapsamen	Rapsschrot u. -kuchen	Sojabohnen	Sojaschrot u. -kuchen	Sonnenblumen-kuchen
Rohproteingehalt < 25 %								
1	-	-	-	40	70	-	111	-
2	-	25	40	-	50	-	100	-
3	-	-	60	40	40	-	227	-
Rohproteingehalt 40 - 45 %								
4	-	-	225	-	-	-	500	-
5	-	50	200	-	150	-	325	-
6	-	-	400	-	150	80	105	-
7	-	20	200	-	150	-	463	30
8	-	-	348	-	150	-	200	-
9	-	-	345	-	200	-	199	-
10	-	-	100	-	312	-	509	38
Rohproteingehalt 45 - 50 %								
11	-	-	54	-	247	-	525	-
12	-	50	201	-	151	-	427	-
13	-	184	350	-	20	-	171	-
14	-	-	390	-	77	-	360	-
15	-	-	507	-	-	-	283	-
Rohproteingehalt > 55 %								
16	45	-	252	-	100	-	402	-
17	55	-	300	-	150	-	260	-

Abb. 2. Pro Futtermittel werden Nylon-säckchen für sechs Inkubationszeitpunkte benötigt. Die Inkubationen müssen mindestens viermal wiederholt werden.



vor der Abendfütterung begonnen werden konnte. Die Säckchen zur Bestimmung der Auswaschverluste wurden nicht inkubiert, jedoch ansonsten wie alle anderen Proben behandelt. Je Tier wurden zwei Inkubationsserien pro Futtermittel durchgeführt, so dass letztendlich vier Beobachtungen pro Inkubationszeitpunkt und Futtermischung vorlagen. Diese wurden nach Beendigung des Versuches gepoolt und mit einer Pulverisette gemah-

len. Anschliessend wurde in dem Material der Anteil an Rohprotein bestimmt. Die Bestimmung des Abbauperlaufes erfolgte mit Hilfe der Gehalte des Ausgangsmaterials und denjenigen der Inkubationsrückstände an den jeweiligen Inkubationszeitpunkten. Die Abbaubarkeit unter Berücksichtigung eines Abflusses von Futterpartikeln von 6 % pro Stunde wurde nach der Formel von Kristensen *et al.* (1982) berechnet.

Ein Problem der Abbaubarkeitsbestimmung mit Hilfe dieser *in sacco* Methode besteht darin, dass die Säckchen für die 16-stündige Inkubation nicht exakt gleich wie alle anderen Säckchen behandelt werden können. Dadurch kommt es in dieser Inkubationszeit oft zu nicht eindeutig einzuordnenden Beobachtungen. Falls die Abbaubarkeit unter der des vorhergehenden Inkubationszeitpunktes (8 h) liegt, schlagen Madsen und

Hvelplund (1994) daher eine Korrektur des Wertes durch den nachfolgenden Wert (24 h) vor.

Die Abbaubarkeit *in vitro* wurde in Anlehnung an die enzymatische Methode von Aufrère und Cartailleur (1988) durchgeführt. Im Gegensatz zu dieser Methode wurde jedoch zusätzlich zur Protease eine Cellulase eingesetzt. Bei dem Verfahren, das an der RAP angewendet wird, stammen die Enzyme von Schimmelpilzen der Gattung *Aspergillus*. Aufrère und Cartailleur (1988) verwendeten ein bakterielles Enzym gewonnen aus *Streptomyces griseus*.

Resultate aus der *in sacco* und der *in vitro* Untersuchung

In den meisten Futtermischungen lag die *in sacco* bestimmte Abbaubarkeit höher als diejenige *in vitro*, wobei die deutlichsten Abweichungen zwischen 7 und 10 % bei den Futtermischungen 4, 6, 13 vorkamen (Tab. 3). Bei drei Futtermischungen (3, 8, 10) lieferte die *in vitro* Methode um bis zu 6 % höhere Werte. Die Differenzen liessen sich nicht durch die Zusammensetzung oder die Aufbereitung der Futtermischungen erklären. Es deutete lediglich daraufhin, dass bei den Mischungen mit einem Rohproteingehalt über 45 % geringere Abweichungen auftraten. Das bei der Ermittlung der Beziehung der Methoden zueinander berechnete Bestimmtheitsmass lag bei $R^2 = 0.86$ (Abb. 3).

Die *in vitro* Methode der RAP im Vergleich zu anderen enzymatischen Methoden

Cone *et al.* (1996) stellten ebenfalls einen Vergleich zwischen der *in sacco* und einer enzymatischen *in vitro* Methode an, in dem sie den nicht im Pansen abgebauten Rohproteinanteil in Einzel- und Mischfuttermitteln sowie Silagen bestimmten. Die Übereinstimmung ihrer beiden Methoden lag bei $R^2 = 0.76$.

Eine Verbesserung des Bestimmtheitsmasses auf 0.80 konnten sie erzielen, indem sie bei der *in vitro* Methode statt drei Inkubationszeitpunkten (1, 6, 24 Stunden) nur den letzten Zeitpunkt berücksichtigten. In der Methode an der RAP sind die Inkubationszeiten an den Rohproteingehalt der Probe gebunden. Bei Proben mit Gehalten von mehr als 300 g/kg werden die Abbaubarkeiten aufgrund von Inkubationszeiten über 1 und 24 Stunden, bei weniger als 300 g RP/kg nur aufgrund einer Inkubation über 24 Stunden berechnet. Der Rohproteingehalt scheint aber nicht nur für die Dauer der Inkubationszeit von Bedeutung zu sein, sondern auch für die Menge des eingesetzten Enzyms (Licitra *et al.* 1998). Dieses Verhältnis wird jedoch in der Methode der RAP nicht berücksichtigt.

In der Ausgangsmethode von Aufrère und Cartailier (1988) wird lediglich Protease als Enzym verwendet. In nachfolgenden Studien wurde versucht, durch Verwendung zusätzlicher Enzyme die Schätzgenauigkeit zu verbessern. Die Resultate waren diesbezüglich jedoch nicht einheitlich. Vorbehandlungen der Proben mit Amylase und Carbohydrasen führten auf der einen Seite zu Verschlechterungen (Cone *et al.* 1996), auf der anderen Seite besonders bei stärkereichen Futtermitteln allerdings auch zu genaueren Übereinstimmungen mit der *in sacco* Methode (Assoumani *et al.* 1992). An der RAP findet unabhängig von der Zusammensetzung der Futtermittel ein Enzymgemisch aus Cellulase und Protease Anwendung.

Auswirkungen auf die Berechnung der APDE- und APDN-Gehalte

Die Kenntnis über die ruminale Rohproteinabbaubarkeit eines Futtermittels ist ein Basiswert,

um dessen Gehalt an absorbierbarem Protein am Darm festzustellen. Mit den Werten aus der *in sacco* sowie der *in vitro* Untersuchung und der Abbaubarkeit, kalkuliert aus den Angaben für die Einzelkomponenten, die in den Nährwerttabellen für Wiederkäuer (RAP 1999) aufgeführt sind, wurden die APDE- und APDN-Gehalte der 17 Futtermischungen gemäss den nachfolgenden Gleichungen berechnet:

Mit zunehmendem Rohproteingehalt nimmt der APDN-Gehalt erwartungsgemäss zu. Die Differenz zwischen APDE und APDN wird zusehends grösser (Tab. 4). Im Einklang mit den zum grössten Teil niedrigeren Rohproteinabbaubarkeiten *in vi-*

$$APDE = 0.093 * FOS + RP * (1.11 * [1 - aRP / 100]) * vASF / 100$$

$$APDN = RP * (aRP / 100 - 0.10) * 0.64 + RP * (1.11 * [1 - aRP / 100]) * vASF / 100$$

APDE = Absorbierbares Protein im Darm, das aufgrund der verfügbaren Energiemenge aufgebaut werden kann
 FOS = Fermentierbare Organische Substanz
 RP = Rohprotein
 aRP = Abbaubarkeit des Rohproteins
 vASF = Verdaulichkeit der aus dem Futter stammenden Aminosäuren
 APDN = Absorbierbares Protein im Darm, das aufgrund des abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann

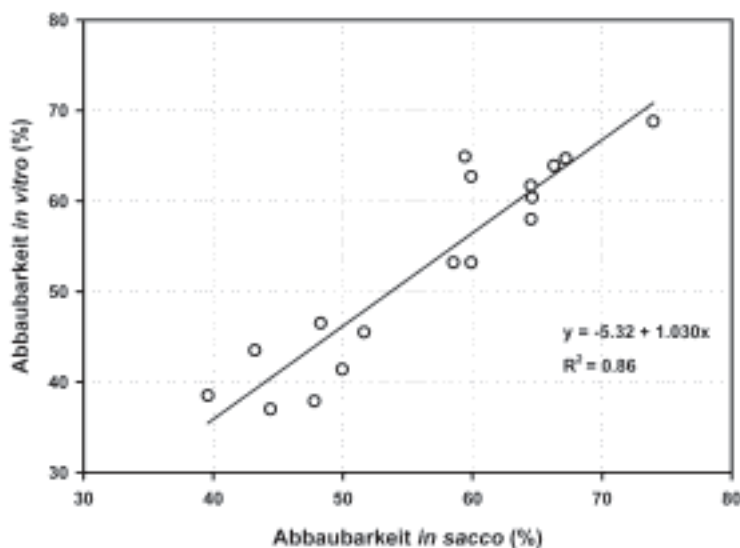
tro liegen die APDE- und APDN-Werte höher, was hier an den positiven Abweichungen im Vergleich zur *in sacco* Methode (Referenz) ersichtlich ist. Ähnliches ist auch bei den Werten, die auf Basis der berechneten Abbaubarkeit kalkuliert worden sind, zu beobachten. In der Tendenz waren zwischen dem Referenzverfahren und den beiden

Tab. 3. Bestimmung der ruminalen Abbaubarkeit des Rohproteins

Futtermischung	<i>in sacco</i> Abbau (%) nach							<i>in sacco</i> Abbau- barkeit (%)	<i>in vitro</i> Abbau- barkeit (%)
	0 h	2 h	4 h	8 h	16 h	24 h	48 h		
Rohproteingehalt < 25 %									
1	35,1	51,7	61,5	68,7	80,5	91,6	95,5	74,0	68,8
2	30,9	48,8	54,4	60,4	61,3	79,8	90,9	64,5	61,7
3	26,9	38,8	45,7	51,3	61,9	75,8	89,2	59,4	64,9
Mittelwert	31,0	46,4	53,9	60,1	67,9	82,4	91,9	66,0	65,1
Rohproteingehalt 40 - 45 %									
4	23,2	33,4	36,2	38,2	44,5	62,4	79,9	47,8	37,9
5	23,8	37,7	40,4	57,4	68,3*	68,3	90,9	59,9	53,2
6	22,4	33,1	36,4	39,6	52,9	61,2	83,3	50,0	41,4
7	28,4	41,0	42,7	58,1	77,1*	77,1	94,0	64,5	58,0
8	18,4	21,4	28,7	33,2	45,0	52,5	83,2	43,2	43,5
9	25,0	34,8	37,5	38,9	52,0	64,8	89,6	51,6	45,5
10	25,5	34,3	42,8	52,7	58,5	81,8	94,7	59,9	62,7
Mittelwert	23,8	33,7	37,8	45,5	56,9	66,8	87,9	53,9	48,9
Rohproteingehalt 45 - 50 %									
11	36,1	43,4	47,8	63,9	68,7	86,1	95,7	67,2	64,7
12	25,9	37,8	41,2	54,8	64,7*	64,7	92,2	58,5	53,2
13	22,9	25,5	29,8	35,8	46,8*	46,8	85,9	44,4	37,0
14	27,3	34,3	35,5	38,2	44,8	60,0	83,7	48,3	46,5
15	20,3	23,5	25,9	31,8	33,8	47,8	80,4	39,6	38,5
Mittelwert	26,5	32,9	36,0	44,9	51,8	61,1	87,6	51,6	48,0
Rohproteingehalt > 55 %									
16	42,2	51,2	59,3	59,3*	65,8	74,6	94,1	66,3	63,9
17	45,2	50,6	54,2	60,3	61,3	74,2	91,4	64,6	60,4
Mittelwert	43,7	50,9	56,7	59,8	63,5	74,4	92,7	65,4	62,2

* Korrigiert gemäss Madsen und Hvelplund (1994).

Abb. 3. Beziehung zwischen den Methoden zur Bestimmung der Rohproteinabbaubarkeit.



Tab. 4. Berechnung des APDE- und APDN-Gehaltes

Futtermischung	<i>in sacco</i> ¹ (Referenz)		<i>in vitro</i> ² (% Abweichung von der Referenz)		berechnet ³ (% Abweichung von der Referenz)	
	APDE (g/kg)	APDN (g/kg)	APDE	APDN	APDE	APDN
Rohproteingehalt < 25 %						
1	88	110	7	2	2	1
2	110	121	4	1	6	2
3	127	146	-7	-2	2	0
Mittelwert	108	126	1	0	3	1
Rohproteingehalt 40 - 45 %						
4	210	257	14	4	8	2
5	181	257	11	2	12	3
6	212	269	12	3	6	1
7	166	202	11	30	19	32
8	237	281	0	0	-5	9
9	213	280	9	2	7	1
10	197	280	-5	-1	-1	0
Mittelwert	202	261	7	6	7	7
Rohproteingehalt 45 - 50 %						
11	174	278	5	1	1	0
12	211	298	9	2	10	2
13	250	306	10	2	2	1
14	236	303	3	1	4	1
15	264	312	2	0	-1	0
Mittelwert	227	299	6	1	3	1
Rohproteingehalt > 55 %						
16	177	323	5	1	7	1
17	189	333	8	1	3	1
Mittelwert	183	328	7	1	5	1

¹ Berechnet aus den analysierten Rohnährstoffen der Futtermischungen; aRP: *in sacco* Bestimmung; vOS, vASF: Einzelkomponenten der Nährwerttabellen (RAP 1999).

² Berechnet aus den analysierten Rohnährstoffen der Futtermischungen; aRP: *in vitro* Bestimmung; vOS, vASF: Einzelkomponenten der Nährwerttabellen (RAP 1999).

³ Berechnet aus den analysierten Rohnährstoffen der Futtermischungen; aRP, vOS, vASF: kalkuliert aus den Angaben für die Einzelkomponenten der Nährwerttabellen (RAP 1999).

anderen Verfahren grössere Unterschiede beim APDE- als beim APDN-Gehalt festzustellen.

Wie bei Nibbe *et al.* (2001), die das nutzbare Protein am Darm (nXP, Deutsches Proteinbewertungssystem) in Raps- und Sojaschroten mit verschiedenen *in vitro* Verfahren für die Bestimmung der Abbaubarkeit schätzten, konnte auch in der vorliegenden Studie beobachtet werden, dass mit der enzymatischen *in vitro* Methode gute Übereinstimmungen mit der *in sacco* Methode hinsichtlich der Berechnung des APDE- und APDN-Gehaltes erzielt werden können. Anders als jedoch bei den von Nibbe *et al.* (2001) verwendeten Raps- und Sojaschroten konnten zudem auch mit Hilfe der berechneten Abbaubarkeiten für die Futtermischungen auf Basis der Nährwerttabellen für Wiederkäuer (RAP 1999) recht zufriedenstellende APDE- und APDN-Gehalte ermittelt werden.

Fazit

Die *in vitro* Methode, die an der RAP zur Bestimmung der ruminalen Rohproteinabbaubarkeit angewendet wird, zeigte bei 17 Futtermischungen mit grösstenteils hohen Proteingehalten gute Übereinstimmungen bei der Abbaubarkeit und den daraus berechneten APDE- und APDN-Gehalten verglichen mit der *in sacco* Methode. Es wäre aber verfrüht, nun davon auszugehen, dass diese Methode als Standardmethode zur Bestimmung der ruminalen Rohproteinabbaubarkeit eingesetzt werden kann. Besonders die Rolle des Rohproteingehaltes aber auch anderer Nährstoffe in den Futtermitteln muss hinsichtlich der Verlässlichkeit der Methode weiter abgeklärt werden. Ausserdem ist zu untersuchen, ob Unterschiede bei der Bestimmung für Mischfutter oder Einzelkomponenten auftreten und wie Raufutter bewertet werden können.

Literatur

- Assoumani, M. B., Vedeau, F., Jacquot, L. and Sniffen, C. J., 1992. Refinement of an enzymatic method for estimating the theoretical degradability of proteins in feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* **39**, 357-368.
- Aufrère, J. and Cartiailler, D., 1988. Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. *Ann. Zootech.* **37**, 271-284.
- Cone, J. W., van Gelder, A. H., Steg, A. and Van Vuuren, A. M., 1996. Prediction of in situ rumen escape protein from in vitro incubation with protease from *Streptomyces griseus*. *J. Sci. Food Agr.* **72**, 120-126.
- Kristensen, E. S., Møller, P. D. and Hvelplund, T., 1982. Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. *Acta Agric. Scand.* **32**, 123-127.
- Licitra, G., Lauria, F., Carpino, S., Schadt, I., Sniffen, C. J. and Van Soest, P. J., 1998. Improvement of the *Streptomyces griseus* method for degradable protein in ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* **72**, 1-10.
- Madsen, J. and Hvelplund, T., 1994. Prediction of in situ protein degradability in the rumen - Results of a European ringtest. *Livest. Prod. Sci.* **39**, 201-212.
- Michalet-Doreau, B., Verité, R. et Chapoutot, P., 1987. Méthodologie de mesure de la dégradabilité in sacco de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull. Tech.: C.R.Z.V. Theix, J.N.R.A.* **69**, 5-7.
- Nibbe, D., Lebzien, P., Spiekens, H., Steingass, H. and Südekum, K.-H., 2001. Vergleich verschiedener *in vitro*- und *in situ*-Verfahren zur Beurteilung des Proteinwertes von Raps- und Sojaextraktionsschrot. 113. VDLUFA-Kongress, Berlin, Kurzfassungen der Vorträge, 115.
- Ørskov, E. R. and McDonald, I., 1979. Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* **92**, 499-503.
- RAP, 1999. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen.
- Shannak, S., Südekum, K. H. and Susenbeth, A., 2000. Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures. *Anim. Feed Sci. Technol.* **85**, 195-214.
- Steingass, H., Nibbe, D., Südekum, K.-H., Lebzien, P. and Spiekens, H., 2001. Schätzung des nXP-Gehaltes mit Hilfe des modifizierten Hohenheimer Futterwerttests und dessen Anwendung zur Bewertung von Raps- und Sojaextraktionsschrot. 113. VDLUFA-Kongress, Berlin, Kurzfassungen der Vorträge, 115.
- Zhao, G. Y. and Lebzien, P., 2000. Development of an in vitro incubation technique for the estimation of the utilizable crude protein (uCP) in feeds for cattle. *Arch. Anim. Nutr.* **53**, 293-302.

RÉSUMÉ

Dégradabilité de la matière azotée des aliments concentrés – comparaison de méthodes

La dégradabilité de la matière azotée (deMA) des aliments dans la panse est un paramètre important pour calculer leur teneur en protéines absorbables dans l'intestin (PAI). La méthode de base pour déterminer la dégradabilité est la méthode *in sacco*, exigeant l'incubation de sachets dans la panse. Cette méthode est lourde à mettre en œuvre, ce qui a poussé à développer des méthodes de laboratoire pour faire de grandes séries d'analyses. La justesse de leurs résultats est parfois problématique. Dans un essai, la deMA de 17 échantillons d'aliments concentrés pour vache laitière a été analysée avec une méthode enzymatique et comparée à celle obtenue avec la méthode *in sacco*. Les résultats montrent une bonne concordance entre les 2 méthodes ($R^2=0.86$). Il en découle de faibles différences entre les teneurs en PAI calculées sur la base de ces 2 méthodes. Mais pour que cette méthode enzymatique puisse être fiable, il faut encore mieux contrôler l'influence de certaines matières premières et de certains traitements technologiques.

SUMMARY

Ruminal degradation of crude protein in feedstuff – comparison of two methods

The rate of ruminal degradation of crude protein of feedstuff is important in order to estimate the amount of absorbable protein available in the intestine. In many countries the *in sacco* method is well accepted as a reference. However, this method is time-consuming and requires ruminal fistulated animals. Therefore, great efforts are undertaken to establish simpler *in vitro* methods which could facilitate the estimation of the protein value in feeds for ruminants. In the present study 17 commercial dairy compound feeds were used to investigate their ruminal crude protein degradation both by the *in sacco* and an *in vitro* method using two enzymes (cellulase and protease). Among the two methods only small differences in the calculated amount of absorbable protein occurred resulting from a good relationship between the *in sacco* and *in vitro* method ($R^2=0.86$). However, before the enzymatic method developed by the RAP can be recommended for routine analyses further research is needed to clarify the effect of various factors such as the content of protein and other nutrients of the feedstuff on its accuracy.

Key words: protein degradation, absorbable protein, *in sacco*, enzyme