

## Untersuchungen über den Futterwert von Sojaschalen beim Wiederkäuer

### 1. Mitteilung: Verdaulichkeit und intraruminale Umsetzungen

CHOKE MIKLED, KLAUS ROHR und PETER LEBZIEN

Institut für Tierernährung

#### Einleitung

Bei der Gewinnung hochwertiger Sojaprodukte (eiweißreiches Sojaschrot, Sojafinmehl, isoliertes Sojaprotein) fallen als Nebenerzeugnis die Sojaschalen an. Sie werden nach dem Brechen der Bohnen durch Absaugen von den Kotyledonen getrennt. Ihr Anteil an der Trockenmasse der Sojasamen beläuft sich auf ca. 8% (Carter und Hopper, 1942). Ebenso wie die Schalen anderer Körnerleguminosen sind Sojaschalen durch niedrige Rohprotein- und Fettgehalte sowie durch hohe Gehalte an Rohfaser und N-freien Extraktstoffen gekennzeichnet. Die hohe Verdaulichkeit der letztgenannten Fraktionen (DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 1982) und der beachtliche Nettoenergiegehalt (Klopfenstein und Owen, 1981) unterstreichen die Eignung der Sojaschalen als Wiederkäuerfutter. Aus den wenigen und z. T. widersprüchlichen Ergebnissen in der Literatur lassen sich allerdings die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Sojaschalen nicht hinreichend genau abstecken.

In der vorliegenden Arbeit sollten deshalb folgende Teilschritte eine bessere Beschreibung des Futterwertes von Sojaschalen ermöglichen:

1. Die Bestimmung der Rohnährstoffgehalte von Sojaschalen sowie deren Verdaulichkeit bei Schafen und Milchkühen.
2. Die Überprüfung des Einflusses von Sojaschalen auf die pansenphysiologischen Parameter (pH-Wert, Gehalt an flüchtigen Fettsäuren, Wiederkaudauer).
3. Die Quantifizierung der Stoffumsetzungen im Pansen nach Verfütterung unterschiedlicher Rationsanteile an unzerkleinerten bzw. gemahlene Sojaschalen bei fistulierten Milchkühen.

#### 1 Material und Methoden

##### 1.1 Versuchsdurchführung

##### Versuch I

Für den Verdauungsversuch an Schafen standen drei ausgewachsene Hammel der Rasse „Deutsches Schwarzköpfiges Fleischschaf“ zur Verfügung. Die Tiere erhielten je 1 400 g (Frischsubstanz) unbehandelte bzw. getoastete Sojaschalen mit 50 g bzw. 14 g Casein als Proteinergänzung und 30 g Mineralstoffmischung. Die Vorlage des Futters erfolgte jeweils zur Hälfte um 7.00 h und 15.00 h. Wasser stand zur freien Aufnahme zur Verfügung.

##### Versuch II

Von zwei Gruppen mit je 4 laktierenden Milchkühen der Rasse „Deutsche Schwarzbunte“ erhielt die erste (Kontrollgruppe) 5,8 kg Grassilage-Trockenmasse und 9,3 kg Kraftfutter A, die zweite (Versuchsgruppe) 6,1 kg Grassilage-

Trockenmasse, 4,1 kg Kraftfutter B und 5,1 kg Sojaschalen. Zusätzlich erhielten alle Tiere 100 g Mineralfutter.

Die Tiere waren mit einer Pansenfistel und einer T-Kanüle im proximalen Duodenum ausgestattet.

Die Versuchsperiode erstreckte sich über fünf Wochen, wobei die ersten vierzehn Tage der Angewöhnung an das Futter dienten. In der dritten Woche wurde die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe der Gesamtration bestimmt. In den letzten fünf Tagen wurden die Flußmengen an organischer Substanz, Stickstoff und Mikrobenprotein im proximalen Duodenum gemessen.

Während des Verdauungsversuchs wurden innerhalb der ersten fünf Stunden nach der Morgenfütterung zu sechs verschiedenen Zeitpunkten Pansensaftproben zur Ermittlung des pH-Wertes und der NH<sub>3</sub>-Konzentration aus dem ventralen Pansensack entnommen. Pansensaftproben zur Messung der Konzentration an flüchtigen Fettsäuren wurden an drei Tagen jeweils drei Stunden nach der Morgenfütterung entnommen.

##### Versuch III

Sieben fistulierte Milchkühe erhielten jeweils 6,6 kg Grassilage-Trockenmasse, 5,0 kg Sojaschalen und 4,7 bzw. 4,8 kg Kraftfutter. Einer Gruppe (3 Tiere) wurden die Sojaschalen ungemahlen zum Kraftfutter C zugelegt, während bei den übrigen 4 Tieren die Sojaschalen ins Kraftfutter eingemischt und anschließend vermahlen wurden (Kraftfutter D). Wie im Versuch II erhielten alle Tiere zusätzlich 100 g Mineralfutter.

Der Versuchsablauf war wie unter Versuch II beschrieben.

Die Zusammensetzung der Kraftfuttermischungen geht aus Tabelle I hervor.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Kraftfuttermischungen (Mischungsanteile in %)

Futtermittel	Versuch II		Versuch III	
	Mischung A	Mischung B	Mischung C	Mischung D
Trockenschnitzel	35	35	26	6
Gerste	40	28	45	26
Hafer	12	11	10	5
Sojaextraktionsschrot	9	22	15	8
Sojaschalen	-	-	-	51
Sojaöl	2	2	2	2
Mineralfutter	2	2	2	2

## 1.2 Methodik

Die Nährstoffgehalte in den Futtermitteln und im Kot wurden nach dem Weender Verfahren ermittelt. Die Verdauungsversuche an Kühen wurden entsprechend der Anleitung von Farries und Oslage (1963) durchgeführt. Die Entnahme der Chymusproben aus dem Duodenum sowie die Verabreichung und Bestimmung des als Marker für den Chymusfluß dienenden Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> erfolgte nach Rohrer et al. (1979). Die Menge an Mikrobenstickstoff im Duodenalchymus wurde mit Hilfe von <sup>15</sup>N ermittelt (Brandt und Rohrer, 1981). Zur Erfassung des NH<sub>3</sub>-N im Duodenalchymus wurde die modifizierte Conway-Methode (Voigt und Steger, 1967) angewandt. Die Bestimmung des pH-Wertes im Pansensaft erfolgte unmittelbar nach der Entnahme mit einer Einstabmeßkette. Die Konzentration an flüchtigen Fettsäuren wurde gaschromatographisch (HEWLETT PACKARD 5880 A mit FID) bestimmt. Zur Messung der Wiederkauaktivität wurden jeweils über einen Zeitraum von 24 Stunden nach der von Rohrer und Daenicke (1973) beschriebenen Methode die Dreifachkontraktionen der Haube erfaßt.

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Rohnährstoffzusammensetzung

Angaben über die Rohnährstoffzusammensetzung der in den vorliegenden Untersuchungen eingesetzten Sojaschalen finden sich in Tabelle 2.

Der Gehalt an Rohfaser lag sowohl bei unbehandelten als auch bei getoasteten Sojaschalen erwartungsgemäß sehr hoch. Relativ gering war dagegen der Gehalt an N-freien Extraktstoffen. Insgesamt unterschieden sich die unbehandelten und die getoasteten Sojaschalen in der Zusammensetzung nur unwesentlich.

Tabelle 2: Rohnährstoffzusammensetzung der Sojaschalen

g/kg Trockenmasse	Unbehandelte Sojaschalen	Getoastete Sojaschalen
Organische Substanz	949 - 955	948
Rohprotein	103 - 119	115
Rohfett	0 - 20	33
Rohfaser	401 - 444	389
N-freie Extraktstoffe	391 - 416	411

### 2.2 Verdaulichkeit und Energiegehalt

Im Verdauungsversuch mit Hammeln wurde der Rohproteingehalt der Sojaschalen durch die Caseinzulage auf 12,9 % bzw. 12,0 % in der Trockenmasse angehoben.

Die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe sind aus allen drei Versuchen in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Wie erwartet, zeigten die Rohfaser und die N-freien Extraktstoffe im Hammelversuch eine hohe Verdaulichkeit. Das Toasten hatte lediglich eine Erhöhung bei der Verdaulichkeit des Rohfettes zur Folge. Die organische Substanz scheint jedoch insgesamt durch das Toasten in ihrer Verdaulichkeit reduziert worden zu sein.

Bei den Milchkühen in Versuch II führte der Austausch von 55 % des Kraftfutters gegen Sojaschalen zu einer signifikanten Erhöhung der Rohfaserverdaulichkeit. Die N-freien Extraktstoffe sowie in geringerem Umfang auch die organische Substanz wurden jedoch beim Einsatz der Ration mit Sojaschalen schlechter verdaut als bei der Kontrollration.

Das Mahlen der Sojaschalen hatte im Kuhversuch (Versuch III) keinen Einfluß auf die Rohnährstoffverdaulichkeiten der Ration.

Tabelle 3: Mittlere Verdaulichkeit der Rohnährstoffe in den Versuchen I - III

	(Hammel)		(Milchkühe)			
	Versuch I		Versuch II		Versuch III	
	Unbehandelt	Getoastet	Kontrollration	Ration mit Sojaschalen	Ration mit ungemahlene Sojaschalen	Ration mit gemahlene Sojaschalen
	Verdaulichkeit in %					
Organische Substanz	83,0*1) ± 0,8	74,3*1) ± 7,3	75,8*a) ± 1,1	73,9*b) ± 0,5	74,5 (72,9/76,1)	73,2 ± 1,3
Rohprotein	52,4*1) ± 2,9	52,5*1) ± 5,6	62,8 ± 3,3	60,2 ± 1,8	59,7 (57,4/62,1)	62,3 ± 1,4
Rohfett	48,4*b) ± 7,1	79,9*a) ± 6,1	85,3 ± 1,7	84,5 ± 0,6	83,3 (82,9/83,8)	82,1 ± 4,7
Rohfaser	89,3 ± 1,1	74,5 ± 10,5	68,7*b) ± 1,0	72,7*a) ± 1,6	68,8 (66,7/70,9)	66,1 ± 0,8
N-freie Extraktstoffe	84,6 ± 1,4	79,9 ± 5,0	81,4*c) ± 0,7	78,7*d) ± 0,6	81,2 (80,0/82,5)	79,4 ± 2,2
a > b (p ≤ 0,05)    C > D (p ≤ 0,01)						
*1) Für zugesetztes Casein wurde eine Verdaulichkeit von 100 % unterstellt.						

Aus den Verdaulichkeiten im Schafversuch errechnet sich für die unbehandelten Sojaschalen ein Nettoenergiegehalt von 6,9 MJ NEL/kg TM, für die getoasteten Sojaschalen ein solcher von 6,4 MJ NEL/kg TM. Das Toasten führte somit zu einer deutlichen Abnahme des Nettoenergiegehaltes.

Für die Rationen in Versuch II und III ergeben sich Gehalte an Nettoenergie-Laktation (je kg TM) von 6,8 MJ und 6,3 MJ bzw. 6,7 MJ und 6,6 MJ. Hieraus errechnet sich, wenn für die übrigen Rationskomponenten Tabellenwerte angenommen werden, ein Energiegehalt der Sojaschalen von 6,3 MJ NEL.

### 2.3 Wiederkaudauer und pansenphysiologische Parameter

Angaben über die Wiederkaudauer und die pansenphysiologischen Parameter in den Kuhversuchen II und III finden sich in Tabelle 4.

Hinsichtlich der über 24 Stunden gemessenen Wiederkaudauer ergab sich durch den Einsatz der Sojaschalen der Tendenz nach ein Anstieg von 475 auf 541 Minuten. Das Mahlen der Sojaschalen führte dagegen zu einer Verminderung der Wiederkauaktivität.

Der pH-Wert, die Gesamtfettsäurenkonzentration sowie die Anteile an einzelnen Fettsäuren wurden weder durch den Austausch von Kraftfutter gegen Sojaschalen noch durch die Struktur der Sojaschalen beeinflusst.

### 2.4 Stickstoffmengen am Duodenum und N-Verdaulichkeit im Darm

Die ins Duodenum gelangten Mengen an Gesamt-N bzw. Nichtammoniak-N (NAN) sind in Tabelle 5 aufgeführt. In allen Fällen wurde am proximalen Duodenum mehr Stickstoff gefunden, als mit dem Futter verabreicht worden war.

Hinsichtlich der ins Duodenum eintretenden Menge an NAN sowie der Verdaulichkeit des Gesamt-N im Darm ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen. Der NAN-Fluß belief sich im Mittel auf  $36,9 \pm 2,5$  g/kg verdaulicher organischer Substanz (VOS) bzw. auf  $2,3 \pm 0,1$  g/MJ umsetzbarer Energie (ME).

### 2.5 Mikrobielle Proteinsynthese und Futterproteinabbau

Weder der Austausch von Kraftfutter gegen Sojaschalen (Versuch II) noch die unterschiedliche Behandlung der Sojaschalen (Versuch III) hatten einen Einfluß auf den Mikrobenanteil am NAN (Tabelle 6). Läßt man den Wert eines Tieres (Versuch II, Gruppe 2), der als Ausreißer eingestuft werden muß (siehe auch Tabelle 5), unberücksichtigt, so ergibt sich bei den Gruppen mit Sojaschalen ( $n = 6$ ) ein signifikant höherer Wert für den Mikroben-N je kg VOS als für die Gruppen ohne Sojaschalen ( $n = 2$ ) ( $28,5 \pm 0,62$  g/kg VOS bzw.  $26,8 \pm 0,05$  g/kg VOS;  $P < 0,05$ ). Das Vermahlen hatte diesbezüglich keinen Einfluß.

Die Menge an intraruminal nicht abgebautem Futterprotein-N (UDN) am Duodenum wurde durch Differenzbildung ermittelt:  $UDN = NAN - (\text{Mikroben N} + \text{endogener N})$ , wobei endogener N = 3,6 g/kg TM am Duodenum (Brandt et al., 1980).

Der Einsatz von Sojaschalen blieb ohne nennenswerten Einfluß auf den Futterproteinabbau. Insgesamt bewegten sich die neun Einzelwerte für den Futterproteinabbau zwischen 78 % und 88 % mit einem Mittelwert von  $83,0 \pm 3,08\%$ .

### 3 Diskussion

Die im Hammelversuch ermittelten Verdauungskoeffizienten der Rohnährstoffe bei alleiniger Verfütterung von unbehandelten bzw. getoasteten Sojaschalen lagen deutlich höher als bei bisherigen Untersuchungen (Quick et al., 1959, Garrigus et al., 1965). Insbesondere die Verdaulichkeit der Rohfaser erwies sich in den hiesigen Versuchen um durchschnittlich 20 Prozentpunkte höher als in der zi-

Tabelle 4: Wiederkaudauer, pH-Wert, Gesamtfettsäurenkonzentration sowie die molaren Anteile einzelner Fettsäuren im Versuch mit fistulierten Milchkühen (Mittelwerte und Standardabweichungen bzw. Schwankungsbreiten)

	Versuch II		Versuch III	
	Gruppe 1 (Kontrolle)	Gruppe 2 (Sojaschalen)	Gruppe 1 (unzerkleinerte Sojaschalen)	Gruppe 2 (gemahlene Sojaschalen)
Wiederkaudauer (min/d)	475 (441/508)	541 (534/547)	458*a) (463/453)	411*b) $\pm 19$
pH-Wert	$6,29 \pm 0,15$	$6,40 \pm 0,12$	$6,29 \pm 0,12$	$6,27 \pm 0,07$
Konzentration an flüchtigen Fettsäuren (mMol/l)	$111,6 \pm 9,4$	$110,8 \pm 12,7$	$84,4 \pm 5,8$	$86,2 \pm 13,0$
Anteil der einzelnen Fett- säuren (Mol %)				
Essigsäure	$65,5 \pm 1,5$	$66,6 \pm 1,3$	$68,1 \pm 1,3$	$67,3 \pm 1,0$
Propionsäure	$18,6 \pm 1,1$	$18,6 \pm 1,0$	$16,7 \pm 1,3$	$17,2 \pm 0,6$
Buttersäure	$12,7 \pm 0,8$	$11,6 \pm 0,5$	$11,8 \pm 0,5$	$11,8 \pm 0,8$
übrige Fettsäuren*1)	$3,3 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,4$
C <sub>2</sub> :C <sub>3</sub> -Verhältnis	3,5 : 1	3,6 : 1	4,1 : 1	3,9 : 1
a > b ( $p \leq 0,05$ )				
*1) iso-Buttersäure, iso- und n-Valeriansäure.				

Tabelle 5: Angaben über den Fluß an Gesamt-N und Nichtammoniak-N (NAN) am Duodenum sowie über die N-Verdaulichkeit im Darm bei Milchkühen (Mittelwerte und Schwankungsbreiten)

	Versuch II		Versuch III	
	Gruppe 1 (Kontrolle)	Gruppe 2 (Sojaschalen)	Gruppe 1 (ungemahlene Sojaschalen)	Gruppe 2 (gemahlene Sojaschalen)
<b>Gesamt-N am Duodenum:</b>				
g/d	406,9 (400,9/412,8)	373,9 (404,3/343,5)	461,6 (450,6/472,5)	440,2 ± 18,1
in % der Aufnahme	109,5 (107,9/111,1)	101,5 (109,7/93,2)	128,6 (125,6/131,7)	120,6 ± 5,0
<b>Nichtammoniak-N am Duodenum:</b>				
g/d	385,0 (367,4/393,5)	352,8 (383,0/322,5)	443,1 (434,8/451,3)	418,1 ± 17,8
g/kg VOS*1)	36,7 (36,1/37,2)	34,1 (37,1/31,1)	39,1 (39,2/38,9)	37,5 ± 1,4
<b>Verdaulichkeit des Gesamt-N im Darm:</b>				
%	65,3 (63,6/67,0)	61,9 (64,8/59,0)	68,7 (66,1/71,2)	68,7 ± 0,5
*1) VOS = im Gesamttrakt scheinbar verdaute organische Substanz.				

tierten Literatur. Sie war damit vergleichbar mit Werten von H i n z et al. (1964) bei Verfütterung von Sojaschalen plus Heu. Eine mögliche Erklärung ist darin zu sehen, daß in unserem Versuch die Fermentationsprozesse im Pansen aufgrund einer durch Caseineinlage verbesserten Stickstoffversorgung der Mikroorganismen optimiert wurden.

Aufgrund der hohen Abbaubarkeit der Zellwandbestandteile (V a n S o e s t, 1982) von Sojaschalen führte auch der Austausch von Kraftfutter gegen Sojaschalen im Versuch an laktierenden Kühen in Übereinstimmung mit Ergebnissen

von M a c G r e g o r et al. (1976) zu einer besseren Rohfaserverdaulichkeit in der Gesamtration. Eine Zerkleinerung der Sojaschalen hatte keinen Einfluß auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe. Zu einem ähnlichen Ergebnis waren auch G a r r i g u s et al. (1967) in Versuchen mit Ochsen gekommen.

Toasten führte dagegen im Hammelversuch zu einer deutlich reduzierten Kohlenhydratverdauung, was nach v a n S o e s t (1982) auf eine „Maillard-Reaktion“ zurückzuführen ist.

Tabelle 6: Angaben über den Umfang und die Effizienz der mikrobiellen Rohproteinsynthese sowie die Menge an intraruminal nicht abgebautem Futterprotein-N (Mittelwerte und Schwankungsbreiten bzw. Standardabweichungen)

	Versuch II		Versuch III	
	Gruppe 1 (Kontrolle)	Gruppe 2 (Sojaschalen)	Gruppe 1 (ungemahlene Sojaschalen)	Gruppe 2 (gemahlene Sojaschalen)
<b>Mikroben-N am Duodenum:</b>				
% des NAN	73,2 (74,4/72,0)	74,8 (76,0/73,5)	73,7 (72,2/75,1)	75,7 ± 2,7
g/d	281,7 (280,1/283,2)	264,0 (291,0/237,0)	326,4 (314,1/338,7)	316,7 ± 14,0
g/kg VOS	26,8 (26,8/26,8)	25,6 (28,2/22,9)	28,8 (28,3/29,2)	28,4 ± 0,4
<b>Unabgebauter Futterprotein-N:</b>				
g/d	66,0 (58,6/73,3)	55,1 (56,6/53,6)	74,0 (79,4/68,5)	56,8 ± 12,1
in % der Aufnahme	17,8 (15,8/19,7)	15,0 (15,4/14,5)	20,6 (22,1/19,1)	15,6 ± 3,3

Die aus den verdaulichen Rohnährstoffen errechneten Energiegehalte lagen bei den von uns untersuchten Sojaschalen um 0,8 MJ NEL/kg TM (ungetoastete Schalen) bzw. um 0,3 MJ NEL/kg TM (getoastete Schalen) über den von der D L G (1982) angegebenen Werten. Der durch Differenzrechnung ermittelte Energiegehalt der Sojaschalen in den Versuchen mit gemischten Rationen bei Kühen lag um 0,6 MJ unter dem Wert aus dem Schafversuch, aber noch um 0,2 MJ über dem Wert der D L G - T a b e l l e (1982).

Die Erhöhung der Wiederkauaktivität nach dem Austausch von Kraftfutter gegen Sojaschalen bzw. die Reduzierung nach dem Mahlen der Sojaschalen gingen mit einer nur geringen Veränderung im pH-Wert einher und hatten keinen Einfluß auf die Fettsäureproduktion oder das Säuremuster in den Vormägen. Dieser Befund stimmt mit Untersuchungen von M c C u l l o u g h und S i s k (1972) und M a c G r e g o r et al. (1976) überein, die nach dem Austausch von Körnermais gegen Sojaschalenprodukte ebenfalls keinen signifikanten Effekt auf die Vormagenparameter bei Ochsen bzw. Milchkühen beobachteten. Auch das Vermahlen, Pelletieren bzw. Pelletieren und anschließende Vermahlen von Sojaschalen führte in Versuchen an jungen Ochsen (G a r r i g u s et al., 1961, 1967) zu keinen wesentlichen Veränderungen des Fettsäuremusters im Pansensaft.

Der NAN-Fluß am proximalen Duodenum lag im vorliegenden Versuch im gleichen Bereich wie bei einer Vielzahl früherer Untersuchungen am hiesigen Institut (R o h r e t al., 1979, B r a n d t et al., 1981; S c h a f f t, 1983). Auch die Verdaulichkeit des Gesamt-N im Darm stimmte mit den Ergebnissen von B r a n d t et al. (1981), L e b z i e n et al. (1983) und S c h a f f t (1983) überein. Es hatte somit weder der Austausch von Kraftfutter gegen Sojaschalen noch das Mahlen der Sojaschalen einen Einfluß auf den NAN-Fluß am Duodenum oder die N-Verdaulichkeit im Darm. Die beim Einsatz von Sojaschalen signifikant verbesserte Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese (28,5 g MN/kg VOS gegenüber 26,8 g MN/kg VOS) ist dadurch zu erklären, daß ein höherer Anteil der insgesamt verdauten OS in den Vormägen fermentiert wurde. Sowohl die Anteile des Mikrogen-N am NAN als auch die Menge an Mikrogen-N je kg VOS lagen im gleichen Bereich wie in anderen Versuchen mit gemischten Rationen (B r a n d t et al., 1981; L e b z i e n et al., 1983; S c h a f f t, 1983; R o h r et al., 1986).

In den vorliegenden Versuchen blieb der Futterproteinabbau durch den Austausch von Kraftfutter gegen Sojaschalen unbeeinflusst. Da bei diesem Austausch vorwiegend Getreideprotein (Gerste und Hafer) durch Sojaschalenprotein ersetzt wurde, kann gefolgert werden, daß der Umfang des intraruminalen Abbaus beider Proteine vergleichbar ist. Somit ist für Sojaschalenprotein nach der vom A u s s c h u ß für B e d a r f s n o r m e n (1986) vorgenommenen Klassifizierung für den intraruminalen Futterproteinabbau ein Abbauwert von 85 % anzusetzen.

Aufgrund des geringen Rohproteingehaltes und der hohen intraruminalen Abbaubarkeit vermögen Sojaschalen nur einen geringen Beitrag zur Eiweißversorgung des Wirtstieres zu leisten.

Insgesamt gesehen sind Sojaschalen dazu geeignet, etwaige Strukturdefizite von Milchviehrationen auszugleichen. Dies gilt besonders für solche Fälle, wo eine Erhöhung des Grundfutteranteils zu einer unvermeidbaren Erniedrigung des Energiegehaltes führen würde.

## Zusammenfassung

Die vorliegenden Untersuchungen dienten der Überprüfung des Futterwertes von Sojaschalen. Als Versuchstiere standen ausgewachsene Hammel und laktierende Milchkühe mit Pansenfisteln und Duodenalkanülen zur Verfügung.

Die verwendeten Sojaschalen wiesen eine relativ konstante Rohnährstoffzusammensetzung auf. In Verdauungsversuchen an Hammeln wurde der ungenügende Gehalt der Sojaschalen an pansenverfügbarem Stickstoff durch geringe Zulagen an Casein ausgeglichen. Die Ergebnisse lassen deutliche Unterschiede zwischen getoasteten und ungetoasteten Sojaschalen erkennen: die Verdaulichkeit der organischen Substanz betrug 74,3 bzw. 83,0 %, die der Rohfaser 74,5 bzw. 89,3 % und diejenige der N-freien Extraktstoffe 79,9 bzw. 84,6 %. Aus dem Gehalt an verdaulichen Rohnährstoffen läßt sich ein Nettoenergiegehalt von 6,44 MJ NEL/kg TM für die getoasteten und von 6,92 MJ NEL/kg für die ungetoasteten Schalen errechnen.

Bei den Kühen, die eine Ration aus 40 % Grassilage und 60 % Konzentraten (auf Trockenmassebasis) erhielten, wurden 55 % des Kraftfutters durch Sojaschalen ersetzt. Dieser Austausch erhöhte die Verdaulichkeit der Rohfaser in der Gesamtration um 4 Prozentpunkte, die Verdaulichkeit der organischen Substanz sowie der N-freien Extraktstoffe nahm geringfügig ab. Der Einsatz der Sojaschalen hatte keinen Einfluß auf das Fermentationsmuster im Pansen, auf den intraruminalen Futterproteinabbau, auf den NAN-Fluß am Duodenum und die N-Verdaulichkeit im Darm. Die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese wurde dagegen durch Sojaschalen signifikant (von 26,8 auf 28,5 g Mikrogen-N/kg VOS) erhöht. Dies ist darauf zurückzuführen, daß ein höherer Anteil der insgesamt verdaulichen organischen Substanz in den Vormägen fermentiert wurde. Die Wirkung der Sojaschalen auf die Verdaulichkeit und die Stoffumsetzungen im Pansen wurde durch eine unterschiedliche physikalische Form (ganz bzw. vermahlen) nicht verändert.

## Feeding value of soybean hulls in ruminants

### 1. Studies on the digestibility and the effect of soybean hulls on rumen metabolism

The objective of this study was to examine the nutritive value of soybean hulls. Experiments were carried out with adult sheep and with lactating cows equipped with rumen fistulae and duodenal cannulae.

The utilized soybean hulls had a rather constant chemical composition. In digestion trials with sheep, a lack in rumen-degradable nitrogen was compensated by a small addition of casein. Results on digestibility showed differences between toasted and untoasted hulls: the values being 74.3 vs. 83.0 % for organic matter, 74.5 vs. 89.3 % for crude fibre and 79.9 vs. 84.6 % for N-free extract. From the digestible nutrients a net energy content of 6.44 MJ NEL/kg DM for toasted soybean hulls and of 6.92 MJ NEL/kg DM for untreated hulls could be calculated.

With dairy cows on a grass silage/concentrate ration (40:60 on a DM basis), 55 % of the concentrates were replaced by soybean hulls. This caused an increase in total crude fibre digestibility by 4 percentage units and a small decrease in

organic matter and N-free extract digestibility. Replacement of concentrates by soybean hulls had no effect on rumen fermentation pattern, on protein degradability, on NAN flow to the duodenum and on N-digestibility in the intestine. However, the efficiency of microbial protein synthesis was increased from 26.8 to 28.5 g microbial-N/kg DOM. This was due to a higher proportion of digestible organic matter being fermented in the rumen. Ground soybean hulls did not differ from whole hulls with regard to digestibility and rumen metabolism.

## Literatur

Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere: Proteinbedarf und Proteinversorgung. — In: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 3, Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt, 1986, S. 30-51.

Brandt, M. und Rohr, K.: Beiträge zur Quantifizierung der N-Umsetzungen in den Vormägen von Milchkühen. — In: 1. Mitteilung: Bestimmung des Mikrobenstickstoffs im Duodenalchymus mit Hilfe von  $^{15}\text{N}$ . — Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. 46 (1981), S. 39-48.

Brandt, M.; Rohr, K. und Lebzien, P.: Bestimmung des endogenen Protein-N im Duodenalchymus von Milchkühen mit Hilfe von  $^{15}\text{N}$ . — In: Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. 44 (1980), S. 26.

Brandt, M.; Rohr, K. und Lebzien, P.: Beiträge zur Quantifizierung der N-Umsetzungen in den Vormägen von Milchkühen. — In: 2. Mitteilung: Einfluß eines teilweisen Ersatzes von Futterprotein durch Harnstoff sowie einer erhöhten Fütterungsfrequenz auf die mikrobielle Proteinsynthese. — Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. 46 (1981), S. 49-59.

Cartter, J. L. und Hopper, T. H.: Influence of variety, environment, and fertility level on the chemical composition of soybean seed. — In: USDA Techn. Bull. 787 (1942).

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. 5. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt/Main (1982).

Farries, F. E. und Oslage, H. J.: Beiträge zum Stoffwechsel von Kühen im Ablauf von Trächtigkeit und Laktation. — In: 1. Mitteilung: Zur Technik langfristiger Stoffwechselversuche. — Landbauforschung Völkenrode 13 (1963), S. 29-34.

Garrigus, R. R.; Neuman, A. L. und Mitchell, Jr., G. E.: Digestibility of ground and flaked soybean hulls by beef steers. — In: J. Anim. Sci. 19 (1960), S. 1261 (Abstr.).

Garrigus, R. R.; Bradley, N. W.; Little, C. O. und Mitchell, G. E.: Evaluation of soybean hulls for beef steers. — In: J. Anim. Sci. 20 (1961), S. 932 (Abstr.).

Garrigus, R. R.; Little, C. O. und Bradley, N. W.: Soybean hulls fed in different physical forms as wintering rations for steers. — In: J. Anim. Sci. 26 (1967), S. 836-838.

Hintz, H. F.; Mathias, M. M.; Ley, Jr. H. F. und Loosli, J. K.: Effects of processing and of feeding hay on the digestibility of soybean hulls. — In: J. Anim. Sci. 23 (1964), S. 43-46.

Johnson, R. R.; Klostermann, E. W. und Scott, H. W.: Studies on the feeding value of soybean flakes for ruminants. — In: J. Anim. Sci. 21 (1962), S. 406-411.

Klopfenstein, T. und Owen, F. G.: Value and potential use of crop residues and by-products in dairy rations. — In: J. Dairy Sci. 64 (1981), S. 1250-1268.

Lebzien, P.; Rohr, K. und Schafft, H.: Vergleichende Untersuchungen über die N-Umsetzungen im Verdauungstrakt von Milchkühen bei Verfütterung von Weizen bzw. Körnermais. — In: Landbauforschung Völkenrode 33 (1983), S. 57-64.

MacGregor, C. A.; Owen, F. G. und McGill, L. D.: Effect of increasing ration fiber with soybean mill run on digestibility and lactation performance. — In: J. Dairy Sci. 59 (1976), S. 682-689.

McCullough, M. E. und Sisk, L. R.: Crude fiber, form of ration, type of silage and digestibility of optimum rations. — In: J. Dairy Sci. 55 (1972), S. 484-488.

Quicke, G. V.; Bentley, O. G.; Scott, H. W.; Johnson, R. R. und Moxon, A. L.: Digestibility of soybean hulls and flakes and the in vitro digestibility of the cellulose in various milling by-products. — In: J. Dairy Sci. 42 (1959), S. 185-186.

Rohr, K. und Daenicke, R.: Untersuchungen über den Einfluß der Fütterungsfrequenz auf die Pansenvorgänge, den Milchfettgehalt und die Futteraufnahme bei Milchkühen. — In: Landbauforschung Völkenrode 23 (1973), S. 133-139.

Rohr, K. und Kaufmann, W.: Probleme der Energieversorgung hochleistender Milchkühe. — In: Sdrh. Ber. Ldw. 191 (1975), S. 245-256.

Rohr, K.; Brandt, M.; Castrillo, O.; Lebzien, P. und Assmus, G.: Der Einfluß eines teilweisen Ersatzes von Futterprotein durch Harnstoff auf den Stickstoff- und Aminosäurenfluß am Duodenum. — In: Landbauforschung Völkenrode 29 (1979), S. 32-40.

Rohr, K.; Lebzien, P.; Schafft, H. und Honig, H.: Zum Einfluß einer intensiven Nachzerkleinerung von Maissilage auf die Stoffumsetzungen in den Vormägen der Milchkühe. — In: J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 55 (1986), S. 121-128.

Schafft, H.: Untersuchungen zur Quantifizierung des Abbaus von Futterrohprotein in den Vormägen von Milchkühen. — In: Dissertation Agrarwissenschaftlicher Fachbereich, Universität Göttingen, 1983.

Van Soest, P. J.: Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books, Inc., Corvallis, Oregon, 1982.

Voigt, J. und Steger, H.: Zur quantitativen Bestimmung von Ammoniak, Harnstoff und Ketokörpern in biologischem Material mit Hilfe eines modifizierten Mikrodiffusionsgefäßes. — In: Arch. Tierernähr. 17 (1967), S. 289-293.

Wagner, D. G.; Loosli, J. K.; Hintz, H. F. und Warner, R. G.: Value of soybean flakes for milk production. — In: J. Dairy Sci. 48 (1965), S. 553-555.

Wöhlbier, W. und Fangauf, K. W.: Glycine, Sojabohne. — In: Kling, M. und Wöhlbier, W. (Hrsg.):

Handelsfuttermittel, Bd. 2, Teil B. — Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1983, S. 667-715.

Verfasser: Mikled, Choke, Dr. agr., Rohr, Klaus, Prof. Dr. agr. Dr. habil., Lebzien, Peter, Dr. sc. agr., Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Institutsleiter: Prof. Dr. agr. H. J. Oslage.