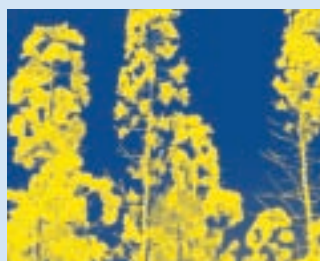
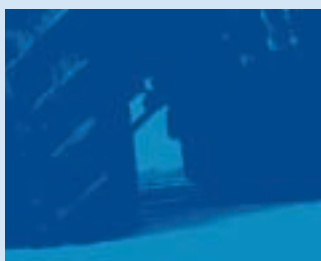


Heimische Körnerleguminosen

mit geschütztem Protein in der
Milchviehfütterung



Copyright © UFOP 2007
Union zur Förderung
von Oel- und Proteinpflanzen e. V.
Claire-Waldoff-Straße 7 • 10117 Berlin

ISSN 1430-0362
ISBN 978-3-938886-05-6

Schutzgebühr 5,- Euro

Heimische Körnerleguminosen

mit geschütztem Protein in der
Milchviehfütterung

Ergänzender Bericht:

Bewertung von thermisch behandelten
Lupinen als Rationskomponente für
Hochleistungskühe

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einleitung	1
2 Verfahren zur Reduzierung des Proteinabbaus im Pansen M. Freitag, E. Ludwig, K.-H. Südekum	2
3 Effekte des Proteinschutzes auf Futteraufnahme und Milchleistung	15
3.1 Übersicht zum Stand der Forschung in Deutschland M. Freitag	15
3.2 Untersuchungen an Milchkühen zur Erhöhung der nXP-Versorgung bei Einsatz von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen C. Bissinger, K. Schneider, H. Steingaß	21
3.3 Einsatz thermisch behandelter Erbsen in der Milchviehfütterung Th. Jilg	28
3.4 Zum Einsatz hydrothermisch behandelter Erbsen in der Milchviehfütterung W. Preißinger, A. Obermaier, H. Spiekers	35
3.5 Effekte einer hydrothermischen Behandlung von Lupinen auf die Eiweißversorgung der Milchkuh M. Pries, A. Hauswald, A. Schöneborn, H. Spiekers, M. Freitag	44
3.6 Druckhydrothermisch behandelte Lupinen und Rapsextraktionsschrot in Rationen für Hochleistungskühe – ein möglicher Ersatz für Sojaextraktionsschrot R. Pieper, M. Gabel, E.M. Ott, B. Pieper, H. Riesenstock, W.B. Souffrant, D. Gruis	50
4 Fazit	62
Ergänzender Bericht	
Bewertung von thermisch behandelten Lupinen als Rationskomponente für Hochleistungskühe Holger Kluth, Jeannette Boguhn, Thomas Engelhard, Michael Bulang und Markus Rodehutschord	63

Vorwort

Heimische Ackerbohnen, Futtererbsen und Süßlupinen sind wertvolle Futtermittel und können die Futterbasis ökologisch und konventionell wirtschaftender Betriebe erweitern.

Darüber hinaus hat der Anbau von Körnerleguminosen in der Fruchtfolge unbestreitbare Vorteile wie

- Selbstversorgung mit N aus der Luft durch die Symbiose mit Knöllchenbakterien, wobei ein Teil dieses Stickstoff auch der Nachfrucht zur Verfügung steht;
- Unterbrechung getreidereicher Fruchtfolgen und damit von Infektionsketten – dadurch Vermeidung von Resistenzbildung bei Krankheiten und Ungräsern;
- Verbesserung der Bodenstruktur, Aufbrechen von Verdichtungen insbesondere durch Ackerbohnen und Süßlupinen;
- Sichere Gestaltung von Verfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung durch Mulch- und/oder Direktsaat;
- Aufschluss von im Boden festgelegtem Phosphat (Lupinenarten);
- Verbesserte Möglichkeiten der sicheren Unkrautregulierung innerhalb und zwischen den Kulturen durch den Wechsel von Sommerung und Winterung sowie von Blatt- und Halmfrüchten;
- Entzerrung von Arbeitsspitzen, Einsparung von Arbeitsstunden, effizientere Nutzung der Mechanisierung und
- Nicht zuletzt: Produktion von einheimischen eiweißreichen Rohstoffen.

Eine besondere Herausforderung beim Einsatz heimischer Körnerleguminosen in der Milchviehfütterung ist die hohe Abbaubarkeit der Nährstoffe im Pansen. Hieraus resultieren geringere nXP-Gehalte und UDP-Anteile sowie hohe RNB-Werte, die bei höheren Milchleistungen einsatzbeschränkend wirken können. Vor diesem Hintergrund werden zunehmend chemische und physikalische Behandlungsverfahren diskutiert, die zu einer Verringerung der nominalen Abbaurate und somit zu einem Anstieg des nXP-Gehaltes führen. Entsprechende Verfahren sind demnach auf ihr Potenzial, die Vorzüglichkeit von Ackerbohnen, Futtererbsen und Süßlupinen in der Fütterung von Hochleistungsherden zu verbessern, grundlegend zu prüfen.

Diese Ausgabe der UFOP-Schriften stellt vor dem Hintergrund der oben aufgeworfenen Fragestellung die gängigen Behandlungsverfahren und deren Einfluss auf den Gehalt an pansenstabilem Protein vor, fasst aktuelle Untersuchungsergebnisse verschiedener Arbeitsgruppen über den Einsatz unterschiedlich behandelter Körnerleguminosen in der Milchviehfütterung zusammen sowie leitet Empfehlungen zum Einsatz ab.

Die Vorlage dieser UFOP-Schrift möchte ich mit dem Dank für die geleistete Arbeit verbinden sowie mit der Erwartung einer verstärkten Verwendung heimischer Ackerbohnen, Futtererbsen und Süßlupinen in Ackerbau und Nutztierfütterung.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Klaus Kliem'. The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

Dr. Klaus Kliem, Vorsitzender der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V.
Juni 2007

Heimische Körnerleguminosen mit geschütztem Protein in der Milchviehfütterung

1 Einleitung

Aufgrund der andauernden Diskussion über den Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen ist das Interesse an heimischen Eiweißfuttermitteln neu geweckt worden. Die Körnerleguminosen Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen finden dabei als potenzieller Ersatz für Soja- und Rapsextraktionsschrot zunehmend Beachtung. Außerdem sind sie im Ackerbau aufgrund ihres Vorfruchtwertes und phytosanitärer Effekte wichtige Glieder einer ausgewogenen Fruchtfolge.

Körnerleguminosen weisen jedoch eine hohe Abbaubarkeit der Nährstoffe im Pansen und somit relativ geringe nXP-Gehalte und UDP-Anteile sowie hohe RNB-Werte auf, die bei höheren Milchleistungen einsatzbeschränkend wirken können. Daher werden chemische und physikalische Behandlungsverfahren, die zu einer Verringerung der ruminalen Abbaurate und somit zu einem Anstieg des nXP-Gehaltes führen, zunehmend diskutiert.

In dieser UFOP-Schrift sollen neben den gängigen Behandlungsverfahren und deren Einfluss auf den Gehalt an pansenstabilem Protein aktuelle Untersuchungsergebnisse über den Einsatz unterschiedlich behandelter Körnerleguminosen in der Milchviehfütterung dargestellt und Empfehlungen zum Einsatz abgeleitet werden.

2 Verfahren zur Reduzierung des Proteinabbaus im Pansen

Mechthild Freitag, Elisabeth Ludwig, Fachbereich Agrarwirtschaft, Fachhochschule Südwestfalen, Soest

Karl-Heinz Südekum, Institut für Tierwissenschaften / Abteilung Tierernährung, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

Um Geschwindigkeit und Ausmaß des Proteinabbaus der Futtermittel im Pansen zu vermindern, können verschiedene chemische und physikalische Behandlungsverfahren eingesetzt werden. Bei den chemischen Behandlungsverfahren werden die Futtermittel mit Verbindungen wie Formaldehyd oder Xylose in Ligninsulfonat behandelt. Physikalische Verfahren wirken in erster Linie über Druck, Hitze und gegebenenfalls Feuchtigkeit auf die Futtermittel ein.

Das erfolgreichste physikalische Behandlungsverfahren ist die Hitzebehandlung, wobei die Auswirkung auf den Proteinschutz stark von Temperatur und Dauer der Behandlung abhängt (LIN und KUNG 1999). Die Hitzebehandlungen können in Kurzzeit- und Langzeitbehandlungen unterteilt werden. Bei der Kurzzeitbehandlung werden die Futtermittel für kurze Zeit sehr hohen Temperaturen ausgesetzt, z.B. 130-170°C für 10-180 Sekunden. Die Langzeitbehandlung erfolgt bei niedrigeren Temperaturen, z.B. bei 105°C für 15-30 Minuten.

Die am häufigsten eingesetzten physikalischen und chemischen Behandlungsverfahren sollen im Folgenden kurz mit ihrer Funktionsweise und ihrem Einfluss auf das Protein des Futtermittels erläutert werden.

2.1 Physikalische Behandlungsverfahren

2.1.1 Toasten

Das Toasten kann sowohl unter atmosphärischem Druck als auch in bestimmten Druckbehältern (Autoklav) durchgeführt werden. Es handelt sich hierbei nicht um einen Röstprozess, sondern um eine Behandlung des Futters mittels Wasserdampf und Temperatur bei erhöhtem atmosphärischem Druck. Dabei werden Temperaturen bis 140°C erreicht (GOELEMA 1999a). Die Behandlungsdauer kann variieren, wobei

die genaue Einhaltung von sehr kurzen Zeitspannen und exakten Temperaturen unter Druck schwierig ist, da der Druck erst in dem geschlossenen Behälter aufgebaut wird. Beim Autoklavieren wird neben der Reduzierung von Ausmaß und Rate des ruminalen Proteinabbaus auch Stärke aufgeschlossen und der Gehalt an hitzelablen antinutritiven Substanzen in den Futtermitteln gesenkt (GOELEMA 1999a).

Proteineffekte

Das Toasten von Futtermitteln vermindert aufgrund einer Denaturierung des Proteins den mikrobiellen Abbau des Rohproteins im Pansen. Die Effekte einer entsprechenden Behandlung auf die Proteinverfügbarkeit von Körnerleguminosen wurden von mehreren Arbeitsgruppen untersucht. Dabei wurden zur Erreichung eines effektiven Proteinschutzes folgende Temperaturen und Behandlungsdauern eingesetzt: 120°C für 35 Minuten (MOSS et al. 2000); 127°C für 30 Minuten (MUSTAFA et al. 1998); 132°C für 3 Minuten (GOELEMA 1999b) und 136°C für 15 Minuten (YU et al. 1999).

Die ruminale und intestinale Verdaulichkeit des Gesamtproteins wurde bei Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen kaum beeinträchtigt (MUSTAFA et al. 1998; GOELEMA 1999b). Der Anteil an leicht verfügbarem Protein konnte jedoch durch das Toasten deutlich verringert werden, und zwar bei Ackerbohnen von 67 auf 26 %, bei Erbsen von 56 auf 23 % und bei Lupinen von 44 auf 28 % (GOELEMA 1999b). In den Untersuchungen von MUSTAFA et al. (1998) wurde bei Erbsen die Proteinlöslichkeit in Pufferlösung von 79 auf 19 % gesenkt. Mit der Reduzierung der Löslichkeit erhöhte sich der UDP-Anteil an im Pansen unabgebautem Rohprotein (undegradable protein, UDP) bei Ackerbohnen von 20 auf 48 %, bei Erbsen von 25 auf 44 % und bei Lupinen von 22 auf 47 % (GOELEMA 1999b). Die geringere ruminale Verfügbarkeit ging zwar mit einer Reduzierung der mikrobiellen Proteinsynthese einher, der Gesamtrohproteingehalt im Dünndarm war jedoch um 66 % erhöht. Mit der Reduzierung des ruminalen Rohproteinabbaus wurde gleichzeitig die Stickstoffbilanz im Pansen verbessert (YU et al. 1999).

2.1.2 Rösten

Beim Rösten handelt es sich um eine trockene Wärmebehandlung mittels Strahlung oder direkter Erwärmung. Die benötigte Wärme wird entweder von Gasbrennern oder elektrischen Heizungen geliefert. Die Dauer der Behandlung ist nicht limitiert und kann mehrere Stunden bei bis zu 200°C andauern. Teilweise wird das behandelte Material nach dem Erhitzen in isolierten Gefäßen aufbewahrt, um die Einwirkzeit der Wärme zu verlängern. In diesem Fall wird in der Regel eine geringere Temperatur

angewandt, um eine Schädigung des Futtermittels durch Verbräunen oder gar Verkohlen zu vermeiden (GOELEMA 1999a).

Beim Rösten können mehrere Verfahren unterschieden werden, wobei der Hauptunterschied zwischen den Verfahren in der Applikation der Hitze (feucht oder trocken) und der anschließenden Ausdehnung des Futtermittels besteht.

Rösttrommel (Rotating Drum)

Bei diesem Verfahren wirkt trockene Hitze oder Dampf auf die Futtermittel ein. Die Behandlung erfolgt in einer liegenden Trommel. Die Futtermittel bleiben für 2 - 5 Minuten in der Kammer und erreichen eine Austrittstemperatur von 110-130°C. Die Hitze wird durch eine Gasflamme produziert, sodass neben der Temperaturerhöhung gleichzeitig der Feuchtegehalt reduziert wird.

Flachbettröster (Fluidized Bed Roaster)

Der Flachbettröster ist derzeit die modernste Rösttechnologie. Im Unterschied zur Trommelröstung kommt die hitzeerzeugende Flamme nicht mit dem Röstgut in Berührung. Es wird von einem Heißluftstrom bewegt und gewendet, wobei das Röstgut von der heißen Luft durchströmt und gleichmäßig geröstet wird (MEIER 1996). Neben Luftbetten, Salzen oder anderen Substanzen, die in der Lage sind, die Hitze auf das Röstgut zu übertragen, benötigt dieses Röstsysteem einen Flammenbrenner, der die Luft auf die gewünschte Temperatur aufheizt. Die überhitzte Luft steigt auf und erwärmt mit der normalen Luftfeuchtigkeit das auf einem Förderband liegende Röstgut. Die notwendigen Behandlungstemperaturen variieren je nach Tierart von 110 bis 145°C, wobei für Wiederkäuer die höheren Temperaturen erforderlich sind.

Proteineffekte

Effekte des Röstens auf Ackerbohnen wurden von YU et al. (1999) mit Temperaturen von 110 bis 150°C untersucht. Die Verweildauer des Rohproteins im Pansen war reduziert, der Rohproteinfluss zum Dünndarm wurde gleichzeitig erhöht, und zwar nach der intensivsten Behandlung bei Ackerbohnen von 3 auf 23 % und bei Lupinen von 20 auf 47 %. Gleichzeitig wurde die Dünndarmverfügbarkeit des Gesamtproteins von 87 bzw. 88 % um jeweils fünf Prozentpunkte gesteigert. Offensichtlich war durch die Behandlung eine Verschiebung der Proteinverdauung vom Pansen zum Dünndarm erfolgt, ohne die Gesamtverdaulichkeit des Proteins zu beeinträchtigen (Yu et al. 1999).

Sojabohnen wurden bei Temperaturen von 113 bis 150°C für 3,0 und 9,5 Minuten trocken geröstet. Die KOH-Löslichkeit des Rohproteins wurde bei einer Rösttemperatur von 135°C von 94 auf 79 %, bei 150°C auf 69 % reduziert (nach MATEOS et al. 2002). Der Anteil des UDP erhöht sich in Abhängigkeit von der Temperatur von 30 % auf 37, 50 bzw. 72 % bei einer einstündigen Behandlung mit 100, 140 bzw. 160°C (LIN und KUNG 1999). Die Gesamtverdaulichkeit des Rohproteins wurde durch eine Röstbehandlung gesteigert. Ausgehend von diesen Versuchen wird von MATEOS et al. eine Behandlung bei 130°C für 6,5 Minuten für Sojabohnen empfohlen.

Jet Sploder

Das Jet Sploder Verfahren ist eine trockene Wärmebehandlung, bei der die Futtermittel durch einen Strom vorgeheizter Luft mit Temperaturen von ca. 140 bis 315°C geleitet werden. Dabei heizt sich das Korn von innen heraus auf und erreicht Temperaturen von 90 bis 95°C. Die Körner schwellen auf und platzen. Die Behandlungsdauer hängt von der Behandlungstemperatur ab und variiert zwischen 26 Sekunden bei einer Lufttemperatur von 316 °C und 60 - 80 Sekunden bei niedrigeren Temperaturen. Wenn das Futter die Maschine verlässt hat es eine Temperatur von 150 - 165°C erreicht. Für gewöhnlich wird das Futter nach dem Erhitzen in eine Walzmühle geleitet, um den Prozess zu beenden und die Freigabe des intrazellulären Fettes zu fördern (MATEOS et al. 2002).

Proteineffekte

Obwohl das Jet Sploding zu den Röstverfahren zählt, können Unterschiede in der Wirkung auf den Proteinschutz im Vergleich zur Trommel- und Flachbettröstung festgestellt werden. FALDET et al. (1992) verglichen die Einflüsse von Rösten, Extrudieren und Jet Sploding auf den Proteinschutz von Sojabohnen mit 24 % UDP. Sie stellten fest, dass alle drei Verfahren den UDP-Anteil im Pansen erhöhten, wobei das Rösten den besten Proteinschutz erreichte (64 % UDP), gefolgt vom Extrudieren (57 % UDP) und der Jet Sploder Behandlung.

Beim Jet Sploder Verfahren hängt nach REBOLLAR und DE BLAS (2002) der Proteinschutz wesentlich von der eingesetzten Temperatur ab. Untersuchungen mit Sojabohnen ergaben nach einer Behandlung mit 117°C eine Erhöhung des UDP-Anteils auf 44 % und bei 126 °C auf 47 % des Rohproteins. Erst ab einer Behandlungstemperatur von 154 °C konnte mit einem UDP-Gehalt von 61 % eine annähernd gleiche Wirkung wie bei den Röstverfahren erzielt werden.

2.1.3 Mikronisieren

Auch beim Mikronisieren handelt es sich um eine trockene Wärmebehandlung, bei der strahlende Wärme als Energieträger genutzt wird. Die grundlegenden Bauelemente des Verfahrens sind Aufquell- und Vorratsbehälter, Gasbrenneranlage mit Belüftungsschacht und Keramikplatten, unter der eine Transporteinheit und Rillenwalzen zum Quetschen der Futtermittel angebracht sind, sowie ein Kühler (MATEOS et al. 2002).

Vor der Hitzebehandlung werden die Futtermittel für 24 bis 36 Stunden in Wasser zum Quellen eingeweicht. Bei der anschließenden Behandlung im Keramikofen wird eine Oberflächentemperatur von mehr als 140 °C erreicht. Anschließend gelangen die Futtermittel von den Vorratssilos in einen Zylinder, wo sie für ca. 50 bis 90 Sekunden in drehenden Bewegungen ungeschützt der Infrarothitze ausgesetzt werden. Die Intensität dieses Prozesses kann durch Bauhöhe der Infrarotgeneratoren, Menge und Geschwindigkeit der Futtermittel beim Eintritt in die Maschine, Gaskonsumgehalt sowie Neigungsgrad des Förderbandes variiert werden. Nach der Hitzebehandlung gelangen die Futtermittel für 10 bis 30 Minuten in einen Reifetank, um den Trockenvorgang anhand der verbliebenen Wärme zu vervollständigen. Danach werden sie zwischen zwei verschiedenen Metallzylindern mit gerillten Außenseiten gequetscht und abschließend auf einem Kühlband abgekühlt (MATEOS et al. 2002).

Proteineffekte

Bei Erbsen bewirkte das Mikronisieren bei 115°C einen Anstieg der mittleren Proteinverfügbarkeit (B2-Fraktion der Rohproteinfraktionierung nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System; Shannak et al. 2000) von 23 auf 73 %, während gleichzeitig die Fraktion des schnell verfügbaren Rohproteins (B1-Fraktion) von 68 auf 10 % reduziert wurde. Höhere Behandlungstemperaturen führten zu einer Schädigung des Proteins (CHRISTENSEN et al. 1998).

Bei rohen Sojabohnen wurde die Löslichkeit des Rohroteins ebenfalls reduziert und zwar von 91 auf 42 % bei einer Behandlungsdauer von 60 Sekunden mit 124°C bzw. auf 30 % bei einer Temperatur von 133°C für 80 Sekunden. Durch eine anschließende Lagerung für 25 Minuten im Reifetank wurde die Rohproteinlöslichkeit weiter auf 18 bzw. 15 % reduziert. Die Lysinverfügbarkeit war weitgehend unbeeinträchtigt; bei einer Behandlungstemperatur von 133°C und anschließender 25-minütiger Nachreifung wurde sie allerdings von 2,3 % auf 1,9 % reduziert (Kouzeh-Kanani et al. 1981).

2.1.4 Extrudieren

Das Extrudieren von Futtermitteln erfolgt in einem sogenannten Extruder. Er besteht aus einem zylinderförmigen Gehäuse mit ein oder zwei rotierenden Schnecken. Die Schnecken werden zum Ausgang hin immer kleiner und arbeiten auf eine Matrize oder einen Ringspalt zu, wodurch sich die Verdichtung des Materials bei gleichzeitiger Erwärmung immer weiter erhöht. Die Stärke der Verdichtung kann durch verschiedene Einstellungen, z. B. durch den Einsatz von unterschiedlichen Schneckenrößen oder Druckringen verändert werden. Das Futter erfährt also neben der thermischen auch eine mechanische Behandlung. Obwohl die mechanische Reibung für gewöhnlich ausreicht, um das Futter auf die gewünschte Temperatur zu erwärmen, kann der Behälter zusätzlich durch heißen Dampf oder elektrischen Strom aufgeheizt werden (GOELEMA 1999a).

Je nach Betriebsbedingungen wird die zunächst körnig vorliegende Masse während der Extrusion in einen plastisch formbaren Zustand gebracht. Durch die Verdichtung des Futters baut sich ein Druck auf, der kurz vor der Austrittsöffnung des Extruders seinen höchsten Wert erreicht und es entstehen für kurze Zeit Temperaturen von 140 bis 150°C (AHMED 2001). Nach dem Austritt des Futters entspannt sich das Material schlagartig aufgrund des plötzlichen Wechsels vom sehr hohen Druck im Extruder in den atmosphärischen Druck. Dies führt zu der eigentlichen Veränderung der Futterstruktur, die nun eine höhere Porosität und somit ein höheres Volumen aufweist.

Die Behandlungszeit im Extruder variiert zwischen 30 und 150 Sekunden bei Temperaturen zwischen 80 und 200°C (GOELEMA 1999a). Um die notwendige Materialfeuchte von mehr als 17 % zu gewährleisten, sollte das Futter vor dem Extrudieren in einem Durchlaufmischer unter Zugabe von Satttdampf vorkonditioniert werden (KERSTEN et al. 2003).

Proteineffekte

Durch die während der Extrusion auftretenden Scherkräfte wird die Struktur des Proteins und damit der enzymatische Abbau der Nährstoffe verändert. Bei einem zu hohen Energieeinsatz besteht jedoch die Gefahr, dass eine unerwünschte Maillardreaktion auftritt, welche den Futterwert deutlich vermindert.

Bei Lupinen wurde durch eine Extruderbehandlung der Anteil des im Pansen abgebauten Rohproteins von 95 % bei unbehandelten Lupinen auf 48 % vermindert. Der Anteil des im Dünndarm verdauten Rohproteins aus dem Futter erhöhte sich damit von 3 % auf 50 % (BENCHAAR et al. 1994a).

Ähnliche Effekte konnten mit extrudierten Ackerbohnen erzielt werden. Bei einer Behandlungstemperatur von 120°C reduzierte sich der mikrobielle Abbau im Pansen von 89 auf 70 %. Der Anteil des im Duodenum verdauten Rohprotein stieg von 3 auf 25 %. Offensichtlich wurde der Anteil des im Duodenum verfügbaren Futterproteins durch die Behandlung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle erhöht (CROS et al. 1991).

Eine entsprechende Behandlung von Erbsen bei 140°C reduzierte den ruminalen Proteinabbau von 83 auf 66%, ohne die intestinale Verdaulichkeit zu beeinträchtigen. Höhere Temperaturen konnten den Proteinschutz nicht verstärken (WALHAIN et al. 1992). Untersuchungen von FOCANT et al. (1990) wiesen bei Extruderbehandlung von Erbsen eine erhöhte Anflutung des Futterstickstoffs im Dünndarm (von 68 auf 81 g pro Tag) nach. Gleichzeitig war die ruminale Ammoniakkonzentration erhöht, ebenso wie die bakterielle Rohproteinsynthese (von 68 auf 104 g pro Tag), sodass die Gesamtanflutung von Aminosäuren im Duodenum erhöht war.

2.1.5 Expandieren

Die Expandertechnologie zählt ebenso wie das Extrudieren zu den HTST (High Temperature Short Time)-Verfahren. Heutzutage werden meist Ringspaltexpander mit einem Durchsatz von 1 bis 70 t/h in der Futtermittelindustrie eingesetzt (HARMS 2003). Diese Expander weisen im Aufbau eine sehr große Ähnlichkeit mit den Einschneckenextrudern auf. Vor dem Expandieren wird das Futter in einem Mischkonditionierer unter Zugabe von Dampf, Wasser und/oder anderen Flüssigkeiten für 0,5 bis 2 Minuten vorkonditioniert. Im Anschluss an diese Vorkonditionierung gelangt das Futter in den Expander, wo es mittels einer Schneckenwelle weiter gefördert wird. Dabei kommt es zu einer starken Scherbeanspruchung und daraus resultierender Erwärmung des Futters sowie einer starken Druckerhöhung im Gehäuse. Durch die entlang der Schnecke angebrachten Stoppbolzen wird eine Rotation des zu behandelnden Futters verhindert (HARMS 2003). Beim Austritt des Futters durch die Ringspaltdüse des Expanders kommt es, ähnlich wie beim Extrudieren, durch die plötzliche Druckabsenkung zu einer Volumenvergrößerung des Materials. Gleichzeitig erfolgt die sogenannte Flash-Verdampfung von 2 bis 3 % Feuchtigkeit, die mit einer deutlichen Temperaturabsenkung des zu behandelnden Futtermittels einhergeht (HARMS 2003; KERSTEN et al. 2003).

Die Durchlaufzeit beträgt im Mittel 5 bis 7 Sekunden bei einem Druck am Auslauf von 10 bis 40 bar. Die Temperaturen liegen zwischen 90 und 140°C. Zuletzt erfolgt

eine Kühlung mit einem Bandkühler (HARMS 2003). Da sich das Produkt nach dem Expandieren nicht mehr entmischt, kann es nach dem Kühlen und Granulieren auf den Markt gebracht werden. In den meisten Fällen wird jedoch eine Pelletpresse nachgeschaltet (KERSTEN et al. 2003).

Proteineffekte

Die Expander-Behandlung des Futters bewirkt ebenfalls eine Erhöhung des Anteils an pansenstabilem und damit an nutzbarem Rohprotein (LUCHT 2002). Die Verdaulichkeit des Rohproteins ändert sich nicht. Vielmehr wird die Lokalisation des Abbaus und der Verdauung vom Pansen in den Dünndarm verschoben (HARMS 2003, Übersicht). Der Anteil an pansenstabilem Protein (UDP) steigt an und die Dünndarmverdaulichkeit des Proteins kann ebenfalls erhöht werden.

Versuche von GOELEMA (1999c) mit einer Expanderbehandlung von fünf Sekunden bei 115 °C ergaben bei einer Mischung aus Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen eine Verringerung des Eiweißlöslichkeitsindex (PDI, protein dispersibility index) von 63 auf 48 %.

Eine Behandlung von Erbsen mit Temperaturen von 100 bis 150°C reduzierte den ruminalen Proteinabbau, wobei der höchste Proteinschutz mit einer Behandlung mit 150 °C über 30 Minuten zu verzeichnen war. Die Effektivität des Abbauschlutzes variierte zwischen Aminosäuren und war für Cystein am höchsten. Offensichtlich können Geschwindigkeit und Umfang des ruminalen Abbaus des Rohproteins von der einzelner Aminosäuren abweichen. Daher gibt es keine sicheren Aussagen zur Darmverfügbarkeit einzelner Aminosäuren (LJOKJEL et al. 2003).

Bei Sojabohnen wurde durch das Expandieren der UDP- Gehalt von 10 - 15 auf 30 - 35 %, bei Rapsextraktionsschrot von 35 auf 56 - 65 % erhöht (LUCHT 2002).

2.2 Chemische Behandlungsverfahren

2.2.1 Xylose in Ligninsulfonat

Ligninsulfonat ist die Bezeichnung für alle Produkte, die sich aus einer Sulfitablaue ableiten, die während des Sulfitaufschlusses von Holz entsteht und einen gewissen Prozentsatz an Ligninsulfonsäure oder deren Salzen sowie Hemizellulosen und Zucker enthält (LIN und KUNG 1999).

Calcium-Ligninsulfonat wird über den Aufschluss von Hartholz durch saure Salze gewonnen und enthält verschiedene Holzzucker. Für den Proteinschutz ist

überwiegend die Wärmebehandlung zusammen mit den Holzzuckern, hauptsächlich Xylose, von Bedeutung (LIN und KUNG 1999).

Ein Beispiel für ein solches industriell produziertes Sojaschrot ist beispielsweise SoyPass[®], ein Produkt der norwegischen Firma Borregard (MALCHER 2000).

Proteineffekte

Zur Untersuchung der Effekte einer Ligninsulfonatbehandlung auf den ruminalen Proteinabbau wurden Untersuchungen mit Sojaprodukten durchgeführt. Die Behandlung von Sojaextraktionsschrot mit Ligninsulfonat ermöglicht den Proteinschutz im Pansen der Wiederkäuer, ohne die Gesamtproteinverdauung zu beeinflussen (LIN und KUNG 1999).

WINDSCHITL und STERN (1988) untersuchten, ob der proteinschützende Effekt auf das Calcium-Ligninsulfonat, den Holzzucker (Xylose) oder einzig auf die Wärmebehandlung zurückzuführen ist. Hierfür wurde Sojaschrot mit 5 % Calcium-Ligninsulfonat bzw. 1 % Xylose, mit jeweils 10 % Wasser verdünnt, behandelt, für 3 Minuten auf 95 - 100°C erhitzt und dann für 45 Minuten auf 90 - 95°C gehalten. Eine Variante wurde nur mit Wasser behandelt. Sowohl durch die Calcium-Ligninsulfonat- als auch durch die Xylose-Behandlung wurde der Rohproteinabbau im Pansen von 71 auf 41 % reduziert und die Anflutung von Futterprotein im Duodenum erhöht. Die nur mit Wasser und Wärme behandelte Gruppe wies hingegen einen ruminalen Rohproteinabbau von 68 % auf, eine Reduzierung des ruminalen Rohproteinabbaus war nicht zu verzeichnen.

MALCHER (2000) verglich das intestinale Verhalten von SoyPass[®] mit unbehandeltem Sojaschrot. Er stellte fest, dass der Anteil des im Pansen nicht abgebauten Rohproteins von 35 auf 65% gesteigert wurde. Die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) reduzierte sich von 24 auf 10 g/kg. Dadurch erhöhte sich der Gehalt an nutzbarem Rohprotein am Duodenum von 271 auf 385 g/kg.

2.2.2 Formaldehyd

Zur Reduzierung der Proteinlöslichkeit werden die gemahlene Futtermittel zunächst durch ein 1mm Sieb geleitet und anschließend mit einer Formaldehydlösung behandelt. Dabei sollten 50 % des gesamten Feuchtegehaltes von der Formaldehydlösung abgedeckt werden. Anschließend wird das mit Formaldehyd behandelte Futter in Nylonsäcke verpackt, abgedichtet und 24 Stunden bei Raumtemperatur gelagert und anschließend über Nacht bei 60°C im Ofen getrocknet. Die Konzentration der Formaldehydlösung kann 10 bis 40 g Formaldehyd je kg

Rohprotein betragen, wobei sich eine Aufwandmenge von 10 bis 20 g Formaldehyd als optimal bewährt hat (ANTONIEWICZ et al. 1992). Neue Verfahren ermöglichen einen effektiven Proteinschutz mit geringeren Formaldehydgehalten (z.B. Byoprofin STM; Restformaldehydgehalt: 0,11 - 0,15 %).

Proteineffekte

Untersuchungen von ANTONIEWICZ et al. (1992) zeigten, dass die Verfügbarkeit von Protein im Pansen durch eine Behandlung des Futtermittels mit Formaldehyd vermindert werden kann. Das Ausmaß des Proteinschutzes ist zum einen von dem Futtermittel und zum anderen von der Konzentration der Formaldehydlösung abhängig. In entsprechenden Versuchen stellte sich heraus, dass ab einer Dosis von 20 g Formaldehyd keine deutliche Steigerung des UDP-Gehaltes mehr erzielt werden kann. Durch Formaldehydbehandlung von Erbsen wurde der UDP-Anteil von 21,6 auf 33,3 % des Rohproteins erhöht (VOIGT et al. 1990). Die Gesamtverdaulichkeit des Rohproteins wurde bei Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen aufgrund einer erhöhten Dünndarmverdaulichkeit kaum beeinträchtigt (ANTONIEWICZ et al. 1992).

2.3 Literatur

- AHMED N.O. (2001): Behandlungsverfahren für die Ausschaltung antinutritiver Faktoren. Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung unterschiedlich behandelter Sojabohnen in der Broilerernährung. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität, Göttingen, 22-32
- ANTONIEWICZ A.M., VAN VUUREN A.M., VAN DER KOELEN C.J., KOSMALA I. (1992): Intestinal digestibility of rumen undegraded protein of formaldehyde-treated feedstuffs measured by mobile bag and in vitro technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 39, 111-124
- BENCHAAR C., MONCOULON R., BAYOURTHE C., VERNAY M. (1994a): Effects of a supply of raw or extruded white lupin seeds on protein digestion and amino acid absorption in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 72, 492-501
- BENCHAAR C., VERNAY M., BAYOURTHE C., MONCOULON R., (1994b): Effects of extrusion of whole horse beans on protein digestion and amino acid absorption in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1360-1371

- CHRISTENSEN D.A., MUSTAFA A.F., MCKINNON J.J. (1998): Carbohydrate and protein characteristics of peas and canola meal for ruminants. Proceedings of the 19th Western Nutritional Conference, Saskatoon, Saskatchewan, 14-27
- CROS P., VERNAY M., MONCOULON R. (1991): In situ evaluation of the ruminal and intestinal degradability of extruded whole horsebeans. *Reproduction, - Nutrition,-Development* 31 (3), 249-255
- DEACON M.A., BOER G. DE., KENNELLY J.J. (1988): Influence of jet-sploding and extrusion on ruminal and intestinal disappearance of canola and soybeans. *J. Dairy Sci* 71, 745-753.
- FALDET M.A., SON Y.S., SATTER L.D. (1992): Chemical, in vitro and in vivo evaluation of soybeans heat-treated by various processing methods. *J. Dairy Sci.* 75, 789-795
- FOCANT M., HOECKE A. VAN, VANBELLE M. (1990): The effect of two treatments (steam flaking and extrusion) on the digestion of *Pisum sativum* in the stomachs of heifers. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 28 (3-4), 303-313
- GOELEMA J.O. (1999): Processing of legume seeds: effects on digestive behaviour in dairy cows. PhD-thesis, Wageningen Agricultural University
- a: General Introduction. Feed processing as a means to improve feed utilization by ruminants. 8-11
- b: Effects of pressure toasting on the rumen degradability and intestinal digestibility of whole and broken peas, lupins and faba beans and a mixture of these feedstuffs. 39-40
- c: Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. 61-67
- HARMS A.E. (2003): Untersuchungen zum Futterwert von expandierten Trockenschnitzeln sowie von Vinasse beim Rind. Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover, 22-33
- KERSTEN J., RHODE H.R., NEF E. (2003): Der Einsatz von Expander und Extruder. Mischfutterherstellung, Agrimedia GmbH Bergen/Dumme, 244-249
- KOUZEH-KANANI M., VAN ZUILICHEM D.J., ROOZEN J.P., PILNIK W. (1981): A modified procedure for low temperature infrared radiation of soybeans. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 14, 242-244

- LIN CH., KUNG L. (1999): Heat Treated Soybeans and Soybean Meal in Ruminant Nutrition. American Soybean Association, Rue du Luxembourg 16b, 1000 Brussels, Belgium
American Soybean Association, PR/FE 137.
<http://www.asaim-europe.org/pdf/processsb.pdf> , 05.05.2007
- LJOKJEL K., HARSTAD O.M., PRESTLOKKEN E., SKREDE A. (2003): In situ digestibility of protein in barley grain (*Hordeum vulgare*) and peas (*Pisum sativum* L.) in dairy cows: influence of heat treatment and glucose addition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 107 (1-4), 87-104
- LUCHT H-W. (2002): Expandiertes Leistungsfutter für Milchkühe. *Kraftfutter* 6, 233-238
- MALCHER M. (2000): Milchviehmischfutter mit geschütztem Protein. *Kraftfutter* 2, 28
- MATEOS G.G., LATORRE M.A., LAZARO R. (2002): Processing Soybeans. American Soybean Association, Rue du Luxembourg 16 b, 1000 Brüssel, Belgien
American Soybean Association, PR/FE 137.
<http://www.asaim-europe.org/pdf/processsb.pdf> , 05.05.2007
- MOSS, ALLISON R., COLLINS C (2000): Evaluation of heat-treated lupins, beans and rapeseed meal as protein sources for dairy cows. HGCA Projekt Report Nr. OS45
- MEIER R. (1996): Ökonomisch und vielseitig: der Flachbett-Röster. *Zucker- und Süßwarenwirtschaft*, 49 (8), 365
- MUSTAFA A.F., CHRISTENSEN D.A., MCKINNON J.J. (1998) Effects of moist heat treatment on crude protein composition and degradability of field peas. *Can. J. Anim. Sci* 78, 453-456
- REBOLLAR P.G., DE BLAS C. (2002): The digestion of whole soybeans in ruminants. American Soybean Association, Rue du Luxembourg 16b, 1000 Brussels, Belgium
American Soybean Association, FE 139.
<http://www.asaim-europe.org/pdf/sbrumin.pdf>, 05.05.2007
- SHANNAK, S., K.-H. SÜDEKUM UND A. SUSENBETH, 2000: Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures *Anim. Feed Sci. Technol.* 85, 195–214

- VOIGT J., PIATKOWKI B., SCHONHUSEN U, KREINBRING F., KRAWIELITZKI R., NAGEL S. (1990): Studies on the evaluation of feed protein for ruminants. 1. Passage of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows fed different protein and carbohydrate sources. *Arch. Anim. Nutr.* 40(3), 245-257
- WALHAIN P., FOUCCART M., THEWIS A. (1992): Influence of extrusion on ruminal and intestinal disappearance in sacco of pea (*Pisum sativum*) proteins and starch. *Anim. Feed Sci. Technol.* 38 (1), 43-55
- WINDSCHITL P.M., STERN M.D. (1988): Evaluation of calcium lignosulfonate-treated soybean meal as a source of rumen protected protein for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71 (12), 3310-3322.
- YU P., EGAN AR, LEURY BJ (1999): Influence of dry roasting of whole faba beans (*Vicia faba*) and whole lupin seeds (*Lupinus albus*) on rumen disappearance and estimated intestinal digestion of CP using the optimal Three-Step in vitro technique in dairy cows. *Asian Australasian J. Anim. Sci.* 12, 1054-1062

3 Effekte des Proteinschutzes auf Futteraufnahme und Milchleistung

3.1 Übersicht zum Stand der Forschung in Deutschland

Mechthild Freitag, Fachbereich Agrarwirtschaft, Fachhochschule Südwestfalen, Soest

In Deutschland haben sich acht Arbeitsgruppen mit Untersuchungen zu den Effekten von behandelten heimischen Körnerleguminosen auf die ruminale Abbaurate sowie auf Futteraufnahme und Milchleistung beschäftigt (Tab. 1).

Tab. 1: Arbeitsgruppen und Projekte zur Untersuchung des Proteinschutzes bei heimischen Körnerleguminosen

Arbeitsgruppe	Leguminose	Proteinschutzverfahren
Universität Bonn <i>K.-H. Südekum et al.</i>		in vitro Untersuchungen zur chemischen Proteinfractionierung
Universität Hohenheim <i>H. Steingäß, C. Bissinger, K. Schneider</i>	Ackerbohnen Erbsen	Expansion * Sorteneffekte (Tanningehalt) mechanische und thermische # Behandlungsverfahren
Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft Aulendorf <i>Th. Jilg</i>	Erbsen	thermische Behandlung #
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Poing-Grub <i>H. Spiekers, W. Preißinger</i>	Erbsen	Expansion **
Universität Weihenstephan <i>F. Schwarz, S. Trinkel</i>	Erbsen / Lupinen	thermische Behandlung ### Vergleich zu geschütztem Sojaextraktionsschrot
Universität Rostock <i>M. Gabel, R. Pieper</i>	Lupinen	Expansion**
Landwirtschaftskammer NRW <i>M. Pries, H. Spiekers</i> Fachhochschule Südwestfalen <i>M. Freitag, A. Schöneborn</i> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Poing-Grub <i>H. Spiekers</i>	Lupinen	thermische Behandlung ###
Universität Halle-Wittenberg <i>M. Rodehutsord, H. Kluth</i> Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt <i>Th. Engelhard, L. Helm</i>	Lupinen	thermische Behandlung ### Vergleich zu Raps- und Sojaextraktionsschrot

* A. Kahl, Hamburg ** Opticon®-Verfahren (Deuka, Düsseldorf)

Jet Sploder Verfahren ### Toasten (Lupitherm®, Bördekraft, Magdeburg)

Die ausführlichen Versuchsberichte der Arbeitsgruppen aus Hohenheim, Aulendorf, Poing-Grub, Rostock und Landwirtschaftskammer NRW / Fachhochschule Südwestfalen sind in den weiteren Abschnitten dieses Kapitels aufgeführt. Der Versuchsbereich der Arbeitsgruppe aus Halle-Wittenberg / Iden bildet einen weiteren Teil dieser UFOP-Schrift.

Ackerbohnen: Expansions- bzw. Sorteneffekte auf UDP-Anteil und nXP-Gehalt

In den Untersuchungen zu Proteinschutzeffekten auf Ackerbohnen erfolgte die Proteindifferenzierung nach STEINGAB et al. (2001). Durch die Expansion wurde der UDP-Anteil der Ackerbohnen nur geringfügig gesteigert. In der tanninreichen Sorte Samba war der UDP-Anteil jedoch um ca. sechs Prozentpunkte im Vergleich zur tanninärmeren Sorte Valeria erhöht. Der nXP-Gehalt war in beiden Versuchsgruppen insgesamt um 16 bzw. 26 g/kg T erhöht (Tab. 2).

Tab. 2: Effekte einer Expansion bzw. von erhöhtem Tanningehalt auf UDP-Anteil und nXP-Gehalt von Ackerbohnen

Expansion (A. Kahl, Hamburg)

	UDP (% von XP)	nXP (g/kg)
unbehandelt	20,9	205
behandelt	21,8	221

Sorte

	UDP (% von XP)	nXP (g/kg)
Valeria (tanninarm)	18,0	181
Samba (tanninhaltig)	23,9	207

a,b; p<0,05

Bissinger et al. (Kap. 3.3)

In beiden Versuchen waren deutliche Effekte auf Futteraufnahme bzw. Milchleistung nicht erkennbar (Tab. 3). Die Expanderbehandlung hatte keinen Einfluss auf Milchmengen- und Milcheiweißgehalt. Die Reduzierung des Milchfettgehalts war auf

eine geringere ruminale Essigsäureproduktion zurück zu führen. Durch den höheren Tanningehalt der Sorte Samba wurde die Futteraufnahme nicht beeinträchtigt. Die Gesamtverdaulichkeit der Nährstoffe und die ruminale Abbaurate waren bei Verfütterung dieser Sorte reduziert, die Milchleistung jedoch nicht beeinträchtigt. Der höhere Milcheiweißgehalt ist möglicherweise auf das stabilere Pansenmilieu zurück zu führen. Die Ergebnisse des Versuchs zeigen, dass die im Ackerbau ertragreicheren tanninhaltigen Sorten ohne Bedenken in der Milchviehfütterung eingesetzt werden können.

Tab. 3: Fütterung von expandierten Ackerbohnen bzw. einer Sorte mit erhöhtem Tanningehalt: Futteraufnahme und Milchleistung

	Expander		Valeria	Samba
	Kontrolle	Versuch	tanninarm	tanninreich
Ration	TMR: Maissilage, Grassilage, Heu; 30 % Ackerbohnen			
Futteraufnahme (kgT/Tag)	19,3	19,5	21,5	21,3
FECM (kg/Tag)	26,8	26,6	29,4	29,5
Milch (kg/Tag)	26,6	26,8	27,6	27,6
Milchfett (%)	3,88 ^a	3,78 ^b	4,33	4,30
Milcheiweiß (%)	3,57	3,59	3,75 ^a	3,64 ^b

a,b: p<0,05

BISSINGER et al. (Kap. 3.2)

Erbsen: Effekte physikalischer Behandlungen auf Proteinkennwerte, Futteraufnahme und Milchleistung

Um die Geschwindigkeit des Nährstoffabbaus im Pansen zu reduzieren, wurden Erbsen gequetscht, im Jet-Sploder Verfahren geröstet und expandiert (Opticon[®]-Verfahren). Durch das Quetschen wurde im Vergleich zur Vermahlung die ruminale Abbaurate reduziert und der pH-Wert stabilisiert. Die Milchleistung wurde durch das Verfahren nicht beeinflusst, allerdings wurde bei freier Wahl beider Rationen die größere Erbsenstruktur bevorzugt.

Sowohl das Röst- als auch das Expansionsverfahren führte zu einer Erhöhung des UDP-Anteils im Protein und zu einer Steigerung der nXP-Gehalte, wobei das

Ausmaß des Proteinschutzes zwischen Versuchen schwankte (Tab. 4). Bei Verfütterung von Jet-Sploder behandelten Erbsen wurde die Milchleistung bei gleicher Futteraufnahme zum Teil signifikant erhöht, von Opticon® behandelten Erbsen jedoch nur tendenziell bei gleichzeitig erhöhter Futteraufnahme (Tab. 5).

Tab. 4: Effekte physikalischer Behandlungsverfahren auf UDP-Anteil und nXP-Gehalt von Erbsen

	UDP (% von XP)		nXP (g/kg)	
	nativ	behandelt	nativ	behandelt
Rösten (Jet-Sploder) ¹	3,4	10	160	173
Rösten (Jet-Sploder) ²	15	29	177	195
Expandieren (Opticon®) ³			155	271
			182	271

¹BISSINGER et al. (Kap. 3.2) ²JILG (Kap. 3.3) ³PREIBINGER et al. (Kap. 3.4)
(Proteindifferenzierung: ^{1,2}nach STEINGAB et al., 2001, ³nach SHANNAK et al., 2000)

Tab. 5: Fütterung von Erbsen nach mechanischer bzw. druck-thermischer Behandlung: Futteraufnahme und Milchleistung

	Quetschen ¹		Jet-Sploder ¹		Jet-Sploder ²		Opticon® ³	
	K	V	K	V	K	V	K	V
Grobfutter (in d. TM)	38 % Grassilage 28 % Maissilage 34 % Heu		51 % Grassilage 35 % Maissilage 14 % Heu		46 % Grassilage 38 % Maissilage 14 % Heu / Stroh		53 % Grassilage 38 % Maissilage 9 % Heu / Stroh	
Erbsen (kg/Kuh/d)	8,1	8,1	9,5	9,5	2,3	2,4	4,4	4,4
Futteraufnahme (kg/Tag)	21,1	20,5	21,4	21,4	18,7	18,9	17,2	18,8
Milch (kg)	30,3	30,1	30,6 ^a	32,5 ^b	26,0	26,9	23,3	24,3
Fett (%)	3,76	3,81	3,96	3,95	4,15	4,09	4,23	4,23
Eiweiß (%)	3,28	3,26	3,35	3,32	3,57	3,53	3,45	3,46
ECM (kg)	29,5*	29,5*	30,5	31,8	25,5	26,2	23,8	24,8

a,b: p<0,05 *FECEM

¹BISSINGER et al (Kap. 3.2) ²JILG (Kap. 3.3) ³PREIBINGER et al. (Kap. 3.4)

Nach Verfütterung von behandelten Erbsen war nur in einer Untersuchung eine signifikante Steigerung der Milchleistung durch die Behandlung nachzuweisen, die aufgrund der Verschiebung des Gärsäuremusters im Pansen wahrscheinlich eher auf einer besseren Energie- als verbesserten Proteinversorgung beruhte.

Lupinen: Effekte physikalischer Behandlung auf Proteinkennwerte, Futteraufnahme und Milchleistung

Lupinen wurden druckthermisch nach dem Opticon[®]-Verfahren bzw. durch Toasten (Lupitherm[®]) behandelt (Tab. 6).

Tab. 6: Effekte physikalischer Behandlungsverfahren auf UDP-Anteil und nXP-Gehalt von Erbsen

	UDP (% von XP)		nXP (g/kg)	
	nativ	behandelt	nativ	behandelt
Expandieren (Opticon [®]) ¹	11,4	23,6	175	206
Toasten ²	8,8	31,0	197	243

¹PIEPER et al. (Kap. 3.6) ²PRIES et al. (Kap. 3.5)
 Proteinfractionierung nach SHANNAK et al., 2000

In beiden Behandlungen wurden UDP-Anteile und nXP-Gehalte erhöht und erreichten zum Teil Werte von Sojaextraktionsschrot. In den entsprechenden Fütterungsversuchen wurde durch die hydrothermische Behandlung bei unveränderter Futteraufnahme eine signifikante Steigerung der Milchleistung über den gesamten Verlauf der Laktation nachgewiesen (Tab. 7).

Lupinen reagierten am effektivsten auf eine hydrothermische Behandlung. nXP-Gehalte von mehr als 230 g pro kg Frischmasse gewährleisteten auch bei hohen Milchleistungen eine ausreichende Proteinversorgung.

Tab. 7: Fütterung von Lupinen nach druck-thermischer Behandlung: Futteraufnahme und Milchleistung

	Expanderbehandlung ¹ (Opticon®)		Hydrothermische Behandlung ² (Lupitherm®)	
	75 % Maissilage 25 % Grassilage		75 % Kleegrassilage 25 % Maissilage	
	K	V	K	V
Grobfutter (in d. TM)				
Lupinen (kg/Kuh/d)	2,8	2,8	3,5	3,8
Futteraufnahme (kg/Tag)			18,8	19,5
Milch (kg)	32,6 ^a	35,2 ^b	25,6 ^a	27,5 ^b
Fett (%)	3,65	3,49	4,32	4,34
Eiweiß (%)	2,95	2,94	3,34 ^a	3,27 ^b
ECM (kg)	30,7*	32,4*	26,1 ^a	28,1 ^b

a, b: p<0,05 *FEFCM

¹PIEPER et al. (Kap. 3.6) ²PRIES et al. (Kap. 3.5)

Literatur

- SHANNAK, S., K.-H. SÜDEKUM, A. SUSENBETH (2000): Estimating ruminal protein degradation with *in situ* and chemical fractionation procedures. Anim. Feed Sci. Technol. 85: 195-214
- STEINGASS, H., D. NIBBE, K.-H. SÜDEKUM, P. LEBZIEN UND H. SPIEKERS (2001): Schätzung des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein *in vitro* mit dem Hohenheimer Futterwerttest und dessen Anwendung zur Bewertung von Raps- und Sojaextraktionsschroten. 113. VDLUFA Kongress, Berlin, Kurzfassungen der Vorträge, 114

3.2 Untersuchungen an Milchkühen zur Erhöhung der nXP-Versorgung bei Einsatz von Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen

Corinna Bissinger, Kerstin Schneider, H. Steingäß, Universität Hohenheim, Stuttgart

3.2.1 Einleitung

Um auch bei hohen Milchleistungen eine adäquate Versorgung an nutzbarem Rohprotein im Duodenum (nXP) der Kühe zu gewährleisten, sollte durch Einsatz verschiedener Behandlungen der an sich niedrige Gehalt an pansenstabilem Protein (UDP) in Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen erhöht werden.

Es wurden rohe und expandierte Ackerbohnen sowie rohe und Jet Sploder behandelte Erbsen verglichen. Die Expanderbehandlung erfolgte bei 116°C, einem Druck von 5 bar und der elektromechanische Energieeinsatz lag bei 28,7 kWh/t. Beim Jet Sploder betrug die Solllufttemperatur 250°C bei einer Verweildauer von 1 bis 2 min. Hierbei wurde eine Produkttemperatur von ca. 160°C erreicht. Der Effekt unterschiedlicher Zerkleinerung wurde bei Erbsen (geschrotet mit 5 mm Siebweite vs. gequetscht) und blauen Süßlupinen (geschrotet mit 4 mm Siebweite vs. gequetscht) untersucht. Zudem wurden die Ackerbohnsorten Valeria (tanninfrei) und Samba (tanninhaltig) verglichen. Die Abbaueigenschaften dieser Körnerleguminosen wurden *in vitro* (STEINGÄß und MENKE, 1986; effektive Proteinwerte nach Steingäß et al., 2001) und *in situ* (TS- und XP-Abbau über 48 h; Korrektur nach WEISBJERG et al., 1990) bestimmt. Diese Varianten bekamen die Kühe in totalen Mischrationen gefüttert. Bei der Untersuchung der Pansenfermentation wurde bei vier pansenfistulierten, laktierenden Holstein Kühen 1 h vor und 1, 3, 5 und 7 h nach der Futtervorlage Pansensaft genommen und pH-Wert, Bicarbonatkonzentration, flüchtige Fettsäuren (FFS) und Ammoniak (NH₃) bestimmt. Die Sammelperiode der N/C-(Energie)-Bilanzen betrug 6 Tage; danach kamen die Kühe für 2x24 h in Respirationskammern. In Produktionsversuchen (im Crossover-Design über 10 Wochen) wurden Futteraufnahme, Milchmenge und -inhaltsstoffe sowie Lebendgewicht bestimmt.

3.2.2 In vitro und in situ Untersuchungen

In vitro zeigte sich nach Jet Sploder Behandlung ein leichter Anstieg des pansenstabilen Proteins bei den Erbsen. Im Vergleich zu den anderen Körnerleguminosen enthielten sie mit Abstand das wenigste UDP. Bei den

Ackerbohnen war der höhere Gehalt an nXP nach Expansion auf mehr mikrobielles Protein (MP) zurückzuführen. Auch Rate und Höhe der Gasproduktion waren in vitro bei expandierten Bohnen höher.

Tab. 1: Rohproteingehalt und effektive Proteinwerte in vitro (UDP¹, MP¹, nXP¹) von Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen bei Passageraten von 5 und 8 %/h

	XP ¹ %	8 %/h			5 %/h		
		UDP	MP g/kg TS	nXP	UDP	MP g/kg TS	nXP
Rohe Ackerbohnen	30,1	63	142	205	50	127	177
Expander Ackerbohnen	28,5	62	159	221	37	153	190
<u>Rohe Erbsen</u>	20,3	7	152	160	-12	144	132
Jet Sploder Erbsen	20,6	21	152	173	3	141	144
Lupinen	33,7	71	96	167	45	89	135
Ackerbohne Samba	30,9	74	134	207	40	134	174
Ackerbohne Valeria	33,9	61	121	181	29	111	140

¹: XP = Rohprotein, UDP = pansenstabilisiertes Protein, MP = mikrobielles Protein, nXP = nutzbares Rohprotein.

Bei der tanninhaltigen Ackerbohnenart Samba wurde erwartungsgemäß mehr UDP festgestellt als bei der tanninfreien Sorte. Doch auch die Menge an mikrobiellem Protein war bei Samba höher. Lupinen enthielten in Relation zum MP am meisten UDP, ihr nXP Gehalt war dennoch eher niedrig (Tab. 1). Beim in situ XP-Abbau hatten die hitzebehandelten Erbsen nur etwas niedrigere Abbaubarkeiten als rohe Erbsen. Dagegen stieg nach Expansion von Ackerbohnen deren Trockensubstanz (TS)- und XP-Löslichkeit an, ebenso der effektive Abbau der TS. In situ waren die Abbauraten von TS und XP bei gequetschten Erbsen geringer als bei geschroteten Erbsen. Dies spiegelt sich in einer leicht niedrigeren Ammoniakkonzentration im Pansen wieder. Zudem war der effektive Abbau bei der Passagerate von 8 % deutlich geringer. Der effektive Abbau der TS der tanninfreien Sorte Valeria war höher als die der tanninhaltigen Ackerbohnenart Samba; beim Rohproteinabbau gab es geringe Unterschiede (Tab. 2).

Tab. 2: Parameter (a¹, b¹ in %; c¹ in %/h) des in situ TS- und XP -Abbaus und der effektive Abbau (ed in %) bei Passageraten (P.) von 5 und 8%/h bei Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen

	TS					XP				
	a	b	c	ed, 5% P.	ed, 8% P.	a	b	c	ed, 5% P.	ed, 8% P.
<u>Rohe Ackerbohnen</u>	8,1	87,5	8,3	67,1	59,5	20,7	81,5	8,9	74,7	66,5
Expander Ackerbohnen	22,9	59,5	15,1	69,0	63,9	28,7	61,7	13,6	74,6	68,7
<u>Rohe Erbsen</u>	11,4	91,6	11,4	74,8	65,0	26,9	75,7	14,5	82,5	75,0
Jet Sploder Erbsen	10,4	89,7	12,1	73,9	64,5	15,4	87,0	14,6	80,3	71,7
geschrotete Erbsen	5,0	97,8	9,6	73,6	64,9	21,4	79,5	12,7	79,5	72,0
gequetschte Erbsen	3,5	104,0	5,8	66,0	57,2	24,4	72,9	8,8	72,2	64,7
Lupinen	23,9	72,0	13,9	77,0	69,8	26,0	72,3	39,3	89,9	85,8
Ackerbohne Samba	11,8	78,6	19,4	74,9	68,0	29,0	70,2	22,4	85,6	80,0
Ackerbohnen Valeria	13,6	84,8	18,1	80,4	72,7	34,5	65,7	21,7	88,1	82,7

¹: a = Verlust zum Zeitpunkt t = 0, b = potentiell abbaubare Fraktion, c = Abbaurate.

3.2.3 In vivo Untersuchungen

In den zwei Untersuchungen mit Erbsen waren diese die alleinige Kraftfutterkomponente der totalen Mischrationen (TMR) und wurden gut aufgenommen und vertragen. Ihr Anteil betrug bis zu 44 % in der Rations-TS. Ackerbohnen (etwa 30 % in der Rations-TS) und Lupinen (30 % in der Rations-TS) wurden ebenfalls ohne Probleme gefressen.

3.2.4 Thermische Behandlung von Ackerbohnen und Erbsen

Die Hitzebehandlung von Ackerbohnen (Expander) konnte die Milchleistung der Kühe nicht verbessern und der Milchfettgehalt war vermindert (Tabelle 3), was auf geringere Essigsäureproduktion im Pansen zurückzuführen ist.

Die Hitzebehandlung von Erbsen (Jet Sploder) erhöhte die Milchleistung ohne Rückgang der Milchinhaltsstoffe bei gleicher Futteraufnahme (Tab. 3). Es zeigte sich

jedoch im Stoffwechselforschung, dass dies eher auf eine bessere Energieverfügbarkeit der Ration als auf einen Effekt des Proteins bei den hitzebehandelten Erbsen zurückzuführen ist.

Tab. 3: Mittelwerte der Pansenparameter (n=4) und Leistungsparameter der Kühe im Produktionsversuch: Vergleich rohe und „Expander“ Ackerbohnen (n=27) und rohe und „Jet Sploder“ Erbsen (n=30).

<i>Parameter</i>	Roh	Expander	p	Roh	Jet Sploder	p
<i>pH-Wert</i>	6,2	6,3	n.s.	6,5	6,3	*
<i>FFS¹, mmol/l</i>	109,7	107,1	n.s.	108,8	105,0	n.s.
<i>Essigsäure, %</i>	60,0	58,5	*	61,7	63,4	*
<i>Propionsäure, %</i>	20,0	25,1	*	21,5	19,2	*
<i>NH₃, mmol/l</i>	7,4	6,4	n.s.	11,9	11,3	n.s.
<i>Aufnahme, kg TS/Tag</i>	19,3	19,5	n.s.	21,4	21,4	n.s.
<i>Milchleistung, kg/Tag</i>	26,6	26,8	n.s.	30,6	31,9	*
<i>Fett, %</i>	3,88	3,78	*	3,96	3,95	n.s.
<i>Eiweiß, %</i>	3,57	3,59	n.s.	3,35	3,32	n.s.
<i>FECM¹, kg/Tag</i>	26,8	26,6	n.s.	30,5	31,8	*
<i>Harnstoff, mg/l</i>	268	279	n.s.	255	258	n.s.

*: p< 0,05, n.s.: nicht signifikant.

¹: FFS = flüchtige Fettsäuren, FECM = Fett-Eiweiß-korrigierte Milch.

3.2.5 Zerkleinerungsgrad von Erbsen und Lupinen

Der Zerkleinerungsgrad von Erbsen hatte keine Auswirkung auf Milchleistung und Milchinhaltsstoffe der Kühe (Tabelle 4) und bei der Bilanzierung der Rationen zeigten sich ebenfalls kaum Unterschiede. Im Wahlversuch zogen die Kühe gröbere, gequetschte Erbsen den fein geschroteten Erbsen vor, was am stabileren Pansenmilieu (geringere pH-Absenkung) bei Gabe grober Erbsen gelegen haben kann.

Tab. 4: Mittelwerte der Pansenparameter (n=4) und Leistungsparameter der Kühe im Produktionsversuch: Vergleich geschrotete und gequetschte Erbsen (n=16) bzw. Lupinen (n=28)

Parameter	Erbsen - TMR			Lupinen - TMR		
	geschrotet	gequetscht	p	geschrotet	gequetscht	p
<i>pH-Wert</i>	6,3	6,4	*	6,2	6,3	n.s.
<i>FFS¹, mmol/l</i>	117,0	111,6	*	105,3	103,2	n.s.
<i>Essigsäure, %</i>	62,2	62,4	n.s.	57,0	58,5	*
<i>Propionsäure, %</i>	20,1	20,1	n.s.	24,0	22,7	*
<i>NH₃, mmol/l</i>	12,6	12,1	n.s.	13,6	15,2	*
<i>Aufnahme, kg TS/Tag</i>	21,1	20,5	n.s.	18,9	18,6	*
<i>TMR-Wahl^a, %</i>	45,9	54,1	*			
<i>Milchleistung, kg/Tag</i>	30,3	30,1	n.s.	27,7	27,7	n.s.
<i>Fett, %</i>	3,76	3,81	n.s.	3,85	3,86	n.s.
<i>Eiweiß, %</i>	3,28	3,26	n.s.	3,21	3,20	n.s.
<i>FECM¹, kg/Tag</i>	29,5	29,5	n.s.	27,1	27,2	n.s.
<i>Harnstoff, mg/l</i>	267	264	n.s.	338	338	n.s.

*: p < 0,05, n.s.: nicht signifikant; a: zusätzlich durchgeführter Wahlversuch, n = 21.

¹: FFS = flüchtige Fettsäuren, FECM = Fett-Eiweiß-korrigierte Milch.

Bei unterschiedlicher Zerkleinerung von Lupinen wurden Milchleistung und Milchinhaltstoffe ebenfalls kaum beeinflusst (Tabelle 4), dabei war der Milchlarnstoffgehalt bei beiden Rationen hoch, was auf hohe N-Abbauarten hindeutet. Die Verdaulichkeit der Rohfaser war bei der Ration mit den gequetschten Lupinen höher, was u.a. an besseren Bedingungen für zellulolytische Bakterien gelegen haben mag, durch den im Vergleich leicht höheren und stabileren pH-Wert.

3.2.6 Effekt der Sorte bei Ackerbohnen

Das Pansenmilieu der Kühe war bei der Ration mit der tanninhaltigen Sorte Samba stabiler. Milchleistung und Milchfettgehalt wurden nicht beeinflusst, letzterer trotz Unterschieden bei den FFS. Milcheiweiß- und Milchlarnstoffgehalt waren insgesamt hoch, bei Gabe der tanninfreien Sorte Valeria nochmals erhöht (Tabelle 5). Im Bilanzversuch war die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe, mit Ausnahme des

Rohfetts, bei Ration mit Valeria höher. Der Gehalt an umsetzbarer Energie war bei Ration mit Valeria insgesamt höher, dieses führte jedoch nicht zum Anstieg der Milchleistung.

Tab. 5: Mittelwerte der Pansenparameter (n=4) und Leistungsparameter der Kühe im Produktionsversuch: Vergleich der Ackerbohnesorten Samba und Valeria (n=26)

<i>Parameter</i>	Ackerbohnen - TMR		
	Samba	Valeria	p
<i>pH-Wert</i>	6,7	6,4	*
<i>FFS¹, mmol/l</i>	90,7	97,0	*
<i>Essigsäure, %</i>	62,5	57,9	*
<i>Propionsäure, %</i>	17,8	21,8	*
<i>NH₃, mmol/l</i>	12,4	11,8	n.s.
<i>Aufnahme, kg TS/Tag</i>	21,5	21,3	n.s.
<i>Milchleistung, kg/Tag</i>	27,6	27,6	n.s.
<i>Fett, %</i>	4,33	4,30	n.s.
<i>Eiweiß, %</i>	3,64	3,75	*
<i>FECM¹, kg/Tag</i>	29,4	29,5	n.s.
<i>Harnstoff, mg/l</i>	297	318	*

*: p<0,05, n.s.: nicht signifikant

¹: FFS = flüchtige Fettsäuren, FECM = Fett-Eiweiß-korrigierte Milch.

3.2.7 Schlussfolgerungen

Die Hitzebehandlung von Ackerbohnen und Erbsen mit den angewandten Verfahren kann auf Grund der geringen Effekte bei relativ hohen Kosten nicht empfohlen werden.

Das Quetschen ist jedoch der Feinvermahlung vorzuziehen, obwohl insgesamt nur geringe Effekte auftraten. Es verursacht keine höheren Kosten und gewährleistet dabei stabilere Fermentationsbedingungen in den Vormägen ohne Beeinträchtigung der gesamten Nährstoff- und Energieausnutzung.

Die tanninhaltige Ackerbohnesorte hat die Proteinversorgung nur wenig verbessert, somit scheint die Sortenwahl in sachgerecht gestalteten Rationen nicht ausschlaggebend zu sein.

3.2.8. Literatur

- STEINGASS, H., K.H. MENKE (1986): Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. I. Untersuchung zur Methode. Übersichten zur Tierernährung 14: 251-270
- STEINGASS, H., D. NIBBE, K.-H. SÜDEKUM, P. LEBZIEN UND H. SPIEKERS (2001): Schätzung des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein in vitro mit dem Hohenheimer Futterwerttest und dessen Anwendung zur Bewertung von Raps- und Sojaextraktionsschroten. 113. VDLUFA Kongress, Berlin, Kurzfassungen der Vorträge, 114
- WEISBJERG, M.R., T. HVELPLUND UND J. MADSEN (1990): Anvendelse af nedbrydningsprofiler i fodermiddelvurderingen. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg No.679, Tjele, 33 pp.

3.3 Einsatz thermisch behandelter Erbsen in der Milchviehfütterung

Thomas Jilg, Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf, 88326 Aulendorf

3.3.1 Einleitung

Der Einsatz von Sojaextraktionsschrot ist in der Tierhaltung nach Öko-Richtlinien nicht zulässig. Bei den Alternativen sind vor allem Körnerleguminosen anzusprechen. In Frage kommen Lupinen, Ackerbohnen und Erbsen. Die Erbsen haben in Baden-Württemberg die größte Bedeutung. Es ist bekannt, dass thermische und hydrothermische Behandlung die Abbaubarkeit der Proteine im Pansen reduziert. In Baden-Württemberg liegen Erfahrungen mit dem Jet-Sploder (250 °C, 1 – 1,5 min) vor. Aufgrund der Erfahrungen mit Sojaprodukten wird der Frage nachgegangen, ob durch eine kurzzeitige Erhitzung von Erbsen der Anteil an pansenbeständigem Protein erhöht wird und durch Abbau von antinutritiven Substanzen die Futteraufnahme beeinflusst wird.

3.3.2 Material und Methoden

In einem Milchviehversuch sollte geprüft werden, wie sich die Leistungsparameter der Milchkuh, insbesondere Futteraufnahme, Milchleistung und Milchinhaltsstoffe verändern, wenn Erbsen durch thermisch behandelte Erbsen ersetzt werden. Der Versuch wurde als change-over Versuch mit Versuchsperioden von 6 Wochen Dauer durchgeführt (Tabelle 1). Die Kühe waren am Versuchsbeginn im Schnitt in der fünfzehnten (Kontrolle) bzw. sechzehnten (Versuch) Laktationswoche (Tabelle 2).

Tab. 1: Versuchsaufbau

Behandlung	Versuch, Erbsen behandelt	Kontrolle, Erbsen unbehandelt
Abschnitt 1, 6 Wochen	Gruppe A	Gruppe B
Abschnitt 2, 6 Wochen	Gruppe B	Gruppe A

Tab. 2: Daten zu den Versuchstieren bei Versuchsbeginn

Behandlung		Laktationswoche	Lebend-Masse, kg	Milchleistung g kg /Tag	Milchfett %	Milcheiweiß %
Versuch	MW	16	728,7	28,24	4,51	3,623
	s	9	53	5,0	0,47	0,16
Kontrolle	MW	15	723,5	28,6	4,09	3,513
	s	9	62	4,0	0,37	0,39

In den Versuch wurden 22 Kühe aus dem Fangboxenstall aufgenommen. Die Verteilung der Tiere auf die Gruppen erfolgte aufgrund der Milchleistung und dem Laktationsstand. Die Aufstallung im Fangboxenstall ermöglichte Einzeltierfütterung. Die Milchleistung und der Futterverzehr wurden täglich, die Milchinhaltstoffe und die Milchharnstoffgehalte einmal wöchentlich festgestellt.

Die nXP-Gehalte der Erbsen wurden am Institut für Tierernährung der Universität Hohenheim über den modifizierten HFT (STEINGASS et al., 2001) untersucht (Tab. 3). Es wurde eine Passagerate von 8 % angenommen. Durch die Jet-Sploder - Behandlung wurde der UDP-Anteil von 15 auf 29 % angehoben. Diese Werte wurden mit der Formel VIa (DLG, 1997) ermittelt.

Tab. 3: Einfluss der Jet-Sploder-Behandlung auf den nXP-Gehalt (STEINGASS 2003)

	A Erbsen unbehandelt	B Erbsen Jet Sploder
TM (%)	87,9	91,9
XP (% i. TM)	20,3	20,5
Gesamtphenole (% i.TM)	0,13	0,14
Tanninphenole (% i.TM)	0,11	0,10
extrahierbare kondens. Tannine (% i.TM)	0	0
„effektives nXP“ (g/kgTM) bei:		
Passagerate 8 %/h*	177	195
5 %/h	143	152
2 %/h	77	68

Die Milch wurde vom Milchprüfing in Ravensburg untersucht. Der Milchharnstoffgehalt wurde chemisch-spektrometrisch bestimmt. Die Futtermittel wurden im Labor der LVVG untersucht. Die statistische Auswertung des Versuchs erfolgte mit dem SAS-Statistikpaket, die graphischen Darstellungen mit EXCEL.

3.3.3 Rationsgestaltung

In Tab. 4 sind die verwendeten Futtermittel mit ihren Nährstoffgehalten aufgeführt. Die Rezepturen der TMR-Mischungen sind in Tab. 5 dargestellt. Geplant war ein TM-Verzehr von ca. 21,5 kg. Die Nährstoffgehalte der TMR-Mischungen wurden aus den Gehalten der Einzelkomponenten berechnet. Sie sind in Tab. 6 aufgeführt. Die Energiegehalte lagen bei 6,87 (K) und 6,88 (V) MJ NEL/kg TM, die nXP-Gehalte bei 151 g/kg TM (K) bzw. 155 g/kg TM (V). Die ruminale N-Bilanz RNB war bei der Versuchsgruppe mit 0,14 g /kg TM nur halb so hoch wie bei der Kontrollgruppe.

Tab. 4: Nährstoff- und Mineralstoffgehalte der Futterkomponenten

Futtermittel		TM	XP	XF	XL	XA	ME	NEL	UDP	nXP	RNB
		g/kg TM					MJ/kg TM		%	g/kg TM	
Erbsenschrot Jet Sploder	MW	909	20,5	5,7	2,4	3,5	13,4	8,5	29	195	1,6
	± s	0	0,5	0,4	0,1	0,1					
Erbsenschrot unbeh.	MW	858	20,3	6,4	1,4	3,2	13,4	8,5	15	177	2,9
	± s	0	0,2	0,4	0,0	0,2					
Getreidemischung	MW	886	14,1	5,6	2,7	5,8	12,8	8,1	2	165	-3,8
	± s	0	0,6	0,4	0,2	2,6	0,6	0,4	0	8	0,31
Grassilage 1.Schnitt	MW	352	14,1	27,1	3,8	11,7	9,7	5,8	2	128	2,0
	± s	10	0,4	0,6	0,6	1,6	0,2	0,1	0	1	1
Grassilage 2.Schnitt	MW	398	17,1	24,0	3,9	10,8	9,9	5,9	2	135	5,7
	± s	26	0,3	1,1	0,5	1,0	0,2	0,1	0	3	0,5
Heu	MW	877	13,6	26,7	2,7	8,6	9,7	5,7	0,3	134	0,3
	± s	6	1,8	2,2	0,2	1,4	0,3	0,2	0	8	1,7
Maissilage	MW	335	7,9	23,0	3,2	4,2	10,4	6,2	0,3	127	-7,7
	± s	3	0,9	1,3	0,4	0,4	0,2	0,1	0	4	1,0
Rapskuchen	MW	903	32,2	13,4	15,5	6,4	13,1	7,9	0,3	229	14,8
	± s	5	0,2	0,3	0,6	0,2	0,1	0,1	0	1	0,2
Sojaschrot	MW	889	47,2	9,9	1,8	7,4	13,2	8,2	0,3	276	31,3
	± s	1	0,6	1,5	0,6	0,2	0,1	0,1	0	1	0,9
Futterstroh Wintergerste	MW	887	0,6	1,5	0,6	0,2	7,08	3,95	45	87	-5,5
Körnermaisschrot	± s	858	0,6	1,5	0,6	0,2	14,96	9,65	50	175	-13,2

Tab. 5: Geplante Zusammensetzung der TMR-Mischungen (kg TM/Kuh und Tag)

	Kontrolle	Versuch
Grassilage	5,65	5,65
Heu	1,32	1,32
Maissilage	4,69	4,69
Rapskuchen	2,26	2,26
Erbsen	2,61	
Ebsen Jet-Sploder beh.		2,73
Gerstenstroh	0,44	0,44
Körnermais	0,86	0,87
Getreide	1,79	1,79
Melasseschnitzel	1,80	1,80
LF-Aktiv	0,18	0,18
Summe	21,59	21,72

Tab. 6: Nährstoffgehalte der TMR-Mischungen

Behandlung	TM	XP	XF	XL	XA	XX	ME	NEL	UDP	nXP	RNB	
	g/kg TM						MJ/kg TM	%	g/kg TM			
Versuch	463	156	178	43	74	578	11,26	6,88	25	155	0,14	
Kontrolle	463	156	180	42	74	578	11,25	6,87	23	152	0,29	

3.3.4 Futter und Nährstoffaufnahme

In Tab. 7 sind die Aufnahme an Trockenmasse, Rohprotein, Rohfaser, Energie, nutzbarem Rohprotein sowie die ruminale Stickstoffbilanz aufgeführt. Die ruminale Stickstoffbilanz war bei der Kontrollgruppe 5,4, bei der Versuchsgruppe im Schnitt bei 2,6 Gramm pro Tag. Bei den anderen aufgeführten Kriterien gab es keine signifikanten Unterschiede.

Die tägliche Trockenmasseaufnahme lag bei 18,7 kg (K) bzw. 18,9 kg (V).

Tab. 7: Futter- und Nährstoffaufnahme

	TM-Aufnahme	Rohprotein-Aufnahme	Rohfaser-Aufnahme	Energie-Aufnahme	nXP-Aufnahme	RNB
	kg/Tag	g/Tag		MJ NEL/Tag	g/Tag	g N/Tag
Kontrolle, n=11	18,7	2890	3357	128,1	2834	5,4 ^a
Versuch, n=11	18,9	2948	3364	130,0	2929	2,6 ^b

a, b Signifikante Unterschiede, p<0,05

Die Trockenmasseaufnahme betrug zu Beginn zwischen 17 und 18 kg. Phasenweise wurden 19 bis 20 kg Trockenmasseaufnahme erreicht.

3.3.5 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

In den Kriterien der Milchleistung gab es kaum Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Milchleistung der Kontrollgruppe lag bei 26,0 kg, die der Versuchsgruppe bei 26,9 kg, die energiekorrigierte Milchmenge bei 25,6 (K) bzw. 26,2 (V) kg pro Tag. Die Milchinhaltsstoffe waren bei der Versuchsgruppe etwas niedriger (Tab. 8). Die etwas höhere energiekorrigierte Milchleistung der Versuchsgruppe kann durch die höhere Energieversorgung erklärt werden.

Tab. 8: Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

	Milchmenge kg/Tag	Milchfett %	Milcheiweiß %	ECM kg/Tag	Milchharnstoff mg/100 ml
Kontrolle, n=11	26,0	4,15	3,57	25,6	21,9
Versuch, n=11	26,9	4,09	3,53	26,2	21,7

3.3.6 Protein- und Energieversorgung im Verlauf des Versuchs

In Abb. 1 ist die nXP-Versorgung dargestellt. Die Graphik zeigt die Abweichung vom Bedarf, der aus Milchleistung und Lebendmasse berechnet wurde. Bis auf die erste Versuchswoche war der Bedarf immer gedeckt. Die Überversorgung in den ersten 5 Wochen betrug 50 bis 200 Gramm, danach 100 bis 400 Gramm.

Nach dem gleichen Verfahren wird in Abb. 2 die Energieversorgung dargestellt. Nach anfänglich negativer Bilanz ist die Bilanz bis zur fünften Versuchswoche ausgeglichen. Danach ist ein Überschuss von 6 bis 12 MJ NEL festzustellen. Die Energieversorgung hat den Bedarf demnach gut getroffen.

3.3.7 Kosten der Behandlung

Die Jet-Sploder-Behandlung kostet 5 € /100 kg. Dazu kommen noch Transportkosten von 5 bis 9 € pro 100 kg für den Hin- und Rücktransport zur Bearbeitungsstätte.

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhalts ist eine thermische Behandlung von Körnerleguminosen ohne Mehrleistung nicht wirtschaftlich.

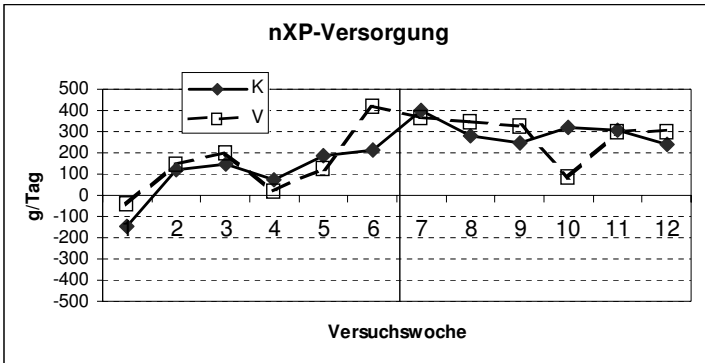


Abb. 1: Differenz der nXP-Versorgung vom rechnerischen Bedarf

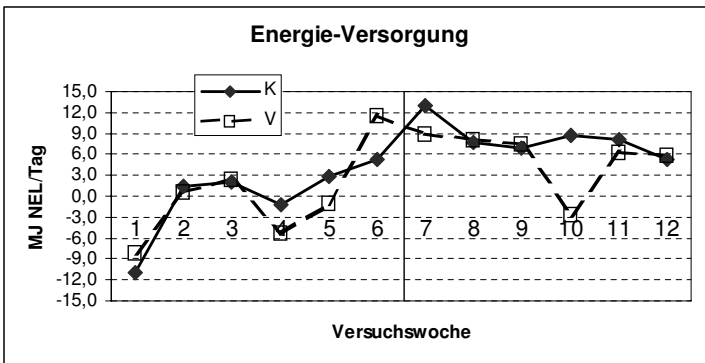


Abb. 2: Differenz der Energieversorgung vom rechnerischen Bedarf

3.3.8 Schlussfolgerungen

- Körnererbsen können gut in Milchviehrationen eingebaut werden.
- Durch thermische Behandlung kann die Pansenbeständigkeit von Erbsen verdoppelt werden. Der nXP-Gehalt kann dadurch um knapp 20 g/kg TM gesteigert werden.
- Der UDP-Gehalt der TMR-Ration stieg beim Einsatz von 3 kg Erbsen durch die Maßnahme von 23 auf 25 %, der nXP-Gehalt von 152 auf 155 g/kg TM.

- In diesem Versuch gab es keine signifikanten Unterschiede in der Milchleistung, den Milchinhaltsstoffen und in der Nährstoffaufnahme. Als Ursache für höhere Milchleistungen bei Verfütterung thermisch behandelter Erbsen wird auch der höhere Energiegehalt (Bissinger et al. 2004) diskutiert.
- Von finanziellen Aufwendungen zur Bearbeitung von Erbsen mit dem Ziel der besseren Proteinversorgung mittels Jet-Sploder ist deshalb abzuraten.

3.3.9 Literatur

BISSINGER, CORINNA, STEINGAB, H. UND W. DROCHNER (2004): Einfluss einer thermischen Behandlung von Erbsen auf Futteraufnahme, Leistung und den Energieumsatz bei Milchkühen. 116. VDLUFA Kongress Rostock, Kurzfassungen der Referate, 163 (2004).

DLG (1997): DLG Futterwerttabellen – Wiederkäuer – 7., erweiterte und überarbeitete Auflage. DLG-Verlag Frankfurt

STEINGASS, H., D. NIBBE, K.-H. SÜDEKUM, P. LEBZIEN UND H. SPIEKERS (2001): Schätzung des nXP-Gehaltes mit Hilfe des modifizierten Hohenheimer Futterwerttests und dessen Anwendung von Raps- und Sojaextraktionsschroten. 113 VDLUFA-Kongress, Berlin, Kurzfassung der Vorträge, 114

STEINGASS (2003): Persönliche Mitteilung

3.4 Zum Einsatz hydrothermisch behandelter Erbsen in der Milchviehfütterung

W. Preißinger, A. Obermaier, H. Spiekers, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrewächter-Platz 3, 85586 Poing-Grub

3.4.1 Einleitung/Zielsetzung

Zur Versorgung von Milchkühen mit hohen Leistungen werden Eiweißfuttermittel benötigt, die einen hohen Anteil an im Pansen unabbaubarem Protein (UDP) aufweisen. Heimische Körnerleguminosen erfüllen diese Anforderungen nur wenig. Ihr UDP-Gehalt ist niedrig, zudem zeichnen sie sich durch hohe Stärkegehalte aus. Durch Behandlungsmaßnahmen (Hitze, Dampf, Druck) lässt sich der UDP-Gehalt dieser Futtermittel erhöhen. In dem Projekt wurde eine hydro- und druckthermische Behandlung von Erbsen durchgeführt. Dazu stellten sich folgende Fragen:

- Wie verändert sich der Futterwert der Erbsen durch die Behandlung?
- Lässt sich durch die Behandlung von Erbsen die Proteinversorgung am Darm verbessern?
- Welchen Einfluss hat der Einsatz von behandelten Erbsen auf Futteraufnahme und Leistung von Kühen?

3.4.2 Material und Methoden

Drei Erbsenchargen aus ökologischem Anbau wurden jeweils zur Hälfte nach dem „Opticon“-Verfahren (KLEINE KLAUSING und PFEIL 2002, 2003) behandelt. Als Kontrollfutter diente die andere Hälfte der jeweiligen Charge.

Die Bestimmung des Futterwertes der Erbsen erfolgte über Verdaulichkeitsmessungen an je 5 Hammeln nach den Vorgaben der GfE (1991) im Differenzversuch. Die Rohproteinfraktionierung bzw. die UDP-Anteilsschätzung wurden nach LICITRA et al. (1996) bzw. SHANNAK et al. (2000) an der Universität Kiel vorgenommen. Zusätzlich erfolgte dort die Schätzung des Gehaltes an nXP sowie der Proteinabbaubarkeit in vitro mit dem Hohenheimer Futterwerttest (STEINGABß et al., 2001). Die weiteren Futteranalysen erfolgten im Futtermittellabor der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen in Grub (VDLUFA Methodenbuch).

Die Untersuchungen zur Futteraufnahme und Milchleistung wurden in der Zeit von April bis Oktober 2004 auf dem Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell durchgeführt. Die ca. 60 Tiere umfassende Milchviehherde (Rasse Fleckvieh) wurde dazu in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Zuteilung der Tiere erfolgte nach Milchleistungsparametern, Laktationsstadium, Anzahl der Laktationen sowie Lebendmasse.

Die Tiere erhielten eine Grundration aus 53 % Grassilage, 38 % Maissilage sowie 9 % Heu und Stroh (% i. d. TM). Je Tier und Tag wurden weiterhin 4 kg der jeweiligen Erbsenvariante, 2 kg Körnermais sowie 200 g Mineralfutter eingemischt. Oberhalb von 25 kg Milch pro Tag (bei Jungkühen 21 kg) wurde Kraftfutter nach Leistung über Abrufstationen zugeteilt. Die Kraftfuttermischungen setzten sich aus 40 % Triticale, 32 % Erbsen (behandelt bzw. unbehandelt), 25 % Körnermais und 3 % Mineralfutter zusammen.

Die Trockenmasse der aufgewerteten Grundrationen wurde 3 mal wöchentlich bestimmt und daraus alle zwei Wochen eine Sammelprobe für die Weender- Analyse erstellt. Die Berechnung der Energiegehalte erfolgte mit dem Programm Zifo. Zusätzlich wurden die Energiegehalte in Verdauungsversuchen mit Hammeln bestimmt. Die Trockenmasse der eingesetzten Silagen wurde wöchentlich ermittelt. Kraftfuttermittel wurden je Charge, Silagen nach Silowechsel und Heu bzw. Stroh einmal während des Versuches auf Weender- Rohnährstoffe analysiert. In Tab. 1 sind die Rohnährstoff- und Energiegehalte der aufgewerteten Grundrationen, der Kraftfuttermittel sowie ausgewählter Futterkomponenten angegeben.

Tab. 1: Rohnährstoff- und Energiegehalte der eingesetzten Futterkomponenten (in der TM)

	TM g/kg	Roh- asche g/kg	Roh- protein g/kg	nXP g/kg	Roh- fett g/kg	Roh- faser g/kg	Stärke g/kg	MJ NEL /kg
Grassilage, 3. S., 2003	275	130	204	142	24	210		6,12
Grassilage, 1. S., 2004	285	112	177	146	33	193		6,62
Grassilage, 2. S., 2004	276	114	173	134	27	235		5,83
Maissilage	355	39	68	126	33	216		6,37
Heu	858	81	117	122	17	286		5,42
KF, Mischwagen, unbehandelt	868	26	187	--	28	26		8,30
KF, Mischwagen, behandelt	878	27	186	--	30	47		8,19
Grundmischung, unbehandelt	395	81	140	143*	28	197	173	6,32
Grundmischung, behandelt	399	79	142	--	26	199	194	6,32
MLF, unbehandelt	882	45	157	173*	29	26	559	8,22
MLF,behandelt	887	54	150	--	29	36	546	8,12

Erbsen mit 15 % UDP in Ansatz gebracht

Im Versuchsmittel waren sämtliche Futtermischungen hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung vergleichbar. Auf die Ausweisung des nXP-Gehaltes der behandelten Erbsen und der damit erstellten Futtermischungen wurde verzichtet, da die UDP-Anteilsschätzung nach LICITRA et al. (1996) bzw. SHANNAK et al. (2000) zu keinen plausiblen Ergebnissen führte. Nach dem modifizierten Hohenheimer Futterwerttest ließ sich nur für eine Erbsencharge ein plausibles Ergebnis ermitteln. Weitere Analysen mit diesem Verfahren laufen derzeit in Grub.

Die Rohnährstoffgehalte der eingesetzten Erbsenchargen sind in Tab. 2 dargestellt. Die dazugehörigen Energiegehalte finden sich zusammen mit den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe in Tab. 3.

Tab. 2: Rohnährstoffgehalte der untersuchten Erbsen

	TM g/kg	Rohasche g/kg TM	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	Stärke g/kg TM	NFE g/kg TM
Unbehandelt 1	870	30	207	11	58		694
Unbehandelt 2	851	28	240	12	61		659
Unbehandelt 3	894	38	243	10	63		646
Unbehandelt	872	32 ± 5	230 ± 20	11 ± 1	61 ± 3	445	666 ± 25
Behandelt 1	875	35	237	20	94		614
Behandelt 2	865	29	246	10	56		659
Behandelt 3	856	39	227	9	54		671
Behandelt	865	34 ± 5	237 ± 10	13 ± 6	68 ± 23	434	648 ± 30
DLG, 1997	880	34 ± 6	251 ± 22	15 ± 5	67 ± 14	478	633 ± 29

Die Futteraufnahme der Mischration wurde täglich aus Ein- und Rückwaage gruppenweise ermittelt. Um ad libitum Fütterung zu gewährleisten, wurde ein Futterrest von 5 % gefordert. Milchmenge und Milchinhaltsstoffe (Fett, Eiweiß, Laktose, Harnstoff, Zellgehalt) wurden in den Probemelken des LKV-Bayern nach den Richtlinien des Milchprüfungs Bayern bestimmt. Zwischen jedem Probemelken wurde ein Sonderprobemelken eingeschoben, so dass alle zwei Wochen die Milchleistung der Tiere erfasst wurde. Zusätzlich wurde im Melkstand die Milchmenge durch das Programms DP 5 täglich aufgezeichnet.

Die statistische Auswertung der Parameter Milchmenge und –inhaltsstoffe sowie der Futteraufnahme erfolgte mit dem Programm „SAS“. Die Prüfung auf signifikante Mittelwertdifferenzen wurde bei den Parametern Milchmenge und Milchinhaltsstoffe mittels Testtagsmodell durchgeführt. In den Tabellen sind die LS- Means angegeben.

3.4.3 Ergebnisse und Diskussion

3.4.3.1 Futterwert der Erbsen

Verdaulichkeit

In Tab. 3 sind die Verdaulichkeiten der eingesetzten Erbsen dargestellt. Mit ca. 96% wiesen beide Erbsenvarianten im Vergleich zu den Werten in der DLG-Futterwerttabellen (DLG, 1997) eine sehr hohe Verdaulichkeit der organischen Substanz auf.

Tab. 3: Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe (%) und Energiegehalte der untersuchten Erbsen

	org. Substanz	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	NfE	MJ NEL /kg TM
Unbehandelt	95,6	84,3	75,1	95,6	99,2	7,97
Behandelt	96,2	86,2	90,2	96,6	99,8	8,11
DLG, 1997	90 ± 5	82 ± 8	62 ± 21	78 ± 18	95 ± 3	7,51

Rohproteinfraktionierung und UDP-Anteilsschätzung bei Erbsen

Die Behandlung der Erbsen erhöhte die NPN-Fraktion (A) und führte zu einer dramatischen Verschiebung der B1- zur B2-Fraktion ohne erkennbare Auswirkungen auf die B3- und C-Fraktion (Tab. 4). Gleichzeitig wurde bei den behandelten Erbsen ein geringerer Zellwand-(NDF-)-Gehalt ausgewiesen, möglicherweise weil Teile der Zellwandkohlenhydrate durch die Hitzebehandlung in eine lösliche Form überführt wurden (SÜDEKUM 2004).

Wie aus Tab. 5 ersichtlich, führte die UDP-Anteilsschätzung mit nur einer Ausnahme zu negativen Werten. Mittels Rohproteinfraktionierung lässt sich derzeit eine plausible UDP-Abschätzung an Erbsen nicht durchführen. Aus der massiven Veränderung der B1- hin zur B2-Fraktion ist zu erkennen, dass die Hitzebehandlung der Erbsen eine Verlangsamung des Rohproteinabbaues im Pansen, d.h. eine reduzierte Abbaurrate zur Folge haben dürfte.

Tab. 4: Chemische Fraktionierung des Rohproteins der eingesetzten Erbsen (g/kg Rohprotein)

Fraktion	Verfügbarkeit	Lieferung 1		Lieferung 2	
		unbeh. ¹	beh. ¹	unbeh.	beh.
A	im Pansen schnell abbaubar zu Ammoniak	70	123	73	178
B1	im Pansen schnell abbaubar zu Ammoniak	654	138	667	54
B2	im Pansen potentiell vollständig abbaubar	262	718	244	757
B3	Im Pansen langsam, nicht unbedingt vollständig abbaubar	4	12	14	10
C	im Pansen und Dünndarm nicht verfügbar	9	8	2	2

¹: unbeh. = unbehandelt, beh. = behandelt

Tab. 5 : Rohprotein-, Struktur- und rechnerische UDP-Gehalte der untersuchten Erbsen

	Lieferung 1		Lieferung 2	
	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt
Rohprotein (g/kg TM)	200	230	234	235
PNDf (g/kg TM)	147	109	142	116
ADF (g/kg MT)	75	74	61	72
UDP 8 (g/kg XP)	(-80)	(-39)	(-25)	25
UDP 5 (g/kg XP)	(-140)	(-130)	(-70)	(-59)
UDP 2 (g/kg XP)	(-145)	(-206)	(-59)	(-133)

Der Zusatz 2, 5 bzw. 8 zum Kürzel UDP bedeutet, dass die jeweiligen UDP-Anteile am Rohprotein unter Annahme einer Passage aus den Vormägen in Höhe von 2, 5 bzw. 8% pro Stunde geschätzt wurden.

Die Schätzung des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein nach dem Hohenheimer Futterwerttest ist in Tab. 6 zusammengestellt (SÜDEKUM, 2005). In der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer wird für Erbsen ein nXP- Wert von 187 g/kg TM angegeben. Vergleichbare Werte mit 180 und 183 g/kg wurden bei unbehandelten Erbsen der 2. Lieferung nach 8 Stunden Inkubation ermittelt. Für Lieferung 1 lagen die berechneten XP-Gehalte mit 260 bzw. 250 g/kg deutlich höher. Bei behandelten Erbsen wurden nach 8 Stunden Inkubation nXP-Gehalte von 266 und 276 g/kg (Lieferung 1) bzw. von 262 und 280 g/kg (Lieferung 2) ermittelt. Nach 24- stündiger Inkubation errechneten sich die nXP-Gehalte von 324 bis 382 g /kg für unbehandelte bzw. von 356 bis 412 g/kg für behandelte Erbsen.

Tab. 6 : nXP-Gehalte von Erbsen ermittelt nach dem erweiterten Hohenheimer Futterwerttest

	Lieferung 1		Lieferung 2	
	unbeh. ¹	behandelt	unbeh.	behandelt
Rohprotein (% TM)	20,03	23,00	23,37	23,48
8 h Inkubation: nXP (g/kg), Durchgang 1	260	266	180	262
nXP (g/kg), Durchgang 2	250	276	183	280
24 h Inkubation: nXP (g/kg), Durchgang 1	324	381	373	356
nXP (g/kg), Durchgang 2	345	412	382	402

¹: unbeh. = unbehandelt

3.4.3.2 Fütterungsversuch mit Milchkühen

Futter- und Nährstoffaufnahme

Im Mittel wurden von den Tieren der Versuchsgruppe 1,7 kg TM pro Tag mehr an aufgewerteter Grundmischung aufgenommen (17,5 kg gegenüber 15,8 kg TM). Erklärt werden könnte die höhere Futteraufnahme durch eine Verbesserung der

„Schmackhaftigkeit“ durch den Behandlungsprozess. Auch die Veränderung der Struktur (Volumen, Staubverhalten) der Erbsen wäre in diesem Zusammenhang zu diskutieren. Die Kraftfutterzuteilung war mit 1,4 kg bzw. 1,3 kg TM pro Tier und Tag nahezu identisch, was zu Gesamtfuttermengen von 18,8 kg bzw. 17,2 kg TM in der Behandlungs- bzw. Kontrollgruppe führte. Insbesondere während der heißen Jahreszeit war die Aufnahme an aufgewerteter Grundration in der Versuchsgruppe deutlich höher (vgl. Abb. 1).

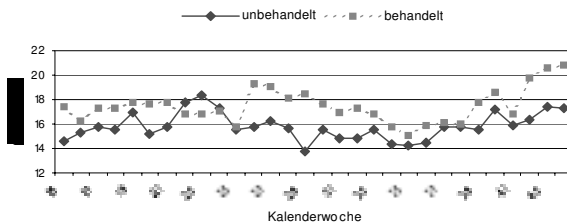


Abb. 1: Verlauf der Aufnahme an aufgewerteter Grundration während des Versuchs

Analog der Futtermenge war auch die Aufnahme an Rohprotein und Energie während des Versuches bei Einsatz der behandelten Erbsen erhöht.

Aufgrund fehlender Einzeltiermessungen wurde bei den Parametern der Futtermenge auf die statistische Auswertung verzichtet.

Milchmenge und Milch Inhaltsstoffe

In Tab. 7 sind die Milchleistungsparameter für die beiden Gruppen dargestellt. Bei Einsatz hydrothermisch behandelter Erbsen wurde mit 24,3 kg/Tier/Tag genau 1 kg mehr ermolken als in der Kontrollgruppe. Aufgrund nahezu identischer Milchfett- und Milcheiweißgehalte war dieser Unterschied auch bei der energiekorrigierten Milchmenge (ECM) festzustellen.

Überraschenderweise lag der Milchharnstoffgehalt in der Versuchsgruppe um 9 ppm höher. Möglicherweise beruht dies auf der über den Versuchszeitraum höheren Rohproteinaufnahme. Der Milchzellgehalt lag mit Werten von 197.000 bzw. 240.000 Zellen für beide Gruppen in einem vergleichbaren Bereich.

Tab. 7: Milchmenge und Milchinhaltsstoffe

	Kontrolle	Versuchsgruppe
Milch (kg/Tag)	23,3	24,3
Fett (%)	4,23	4,23
Eiweiß (%)	3,45	3,46
Laktose (%)	4,84	4,83
ECM (kg/Tag)	23,8	24,8
Harnstoff (ppm)	177	186
Zellgehalt (Tsd)	197	240

3.4.4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Behandlung von Erbsen mittels Opticon-Verfahren führt zu einer deutlichen Verschiebung der B1- zur B2-Fraktion, was eine Verlangsamung des Rohproteinabbaues im Pansen, d.h. eine reduzierte Abbaurate, zur Folge haben dürfte. Eine UDP-Anteilsschätzung nach Shannak et al. 2000 kann bei Erbsen mit den bestehenden Schätzformeln nicht durchgeführt werden. Zur nXP- bzw. UDP-Bestimmung müssen weitere Verfahren geprüft werden. Die ersten Ergebnisse mit dem Hohenheimer Futterwertest sind z.T. nicht plausibel. Weitere Analysen bzw. Wiederholungen sind deshalb notwendig. Die Untersuchungen zeigen, dass in der Milchviehfütterung 4 kg Erbsen pro Tier und Tag problemlos eingesetzt werden können.

Der Einsatz von behandelten Erbsen führte zu einer höheren Futteraufnahme und tendenziell erhöhten Milchleistung.

3.4.5 Literatur

- DLG, 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. erweiterte und überarbeitete Auflage
- GfE, 1991: Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern, J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 65, 229–234
- KLEINE KLAUSING, H.; KATHARINA PFEIL, 2002: Extrusion protects protein, Feed tech 6, 9/10, 25–28
- KLEINE KLAUSING, H.; KATHARINA PFEIL, 2003: German feedmiller protects protein better with new technology, dairy & beef 2, 10-12
- LICITRA, G., T.M. HERNANDEZ UND P.J. VAN SOEST, 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractions of ruminants feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 57, 347–358
- SHANNAK, S., K.-H. SÜDEKUM UND A. SUSENBETH, 2000: Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures Anim. Feed Sci. Technol. 85, 195–214

- STEINGAB, H., D. NIBBE, K.-H. SÜDEKUM, P. LEBZIEN UND H. SPIEKERS, 2001: Schätzung des nXP-Gehaltes mit Hilfe des modifizierten Hohenheimer Futterwerttests und dessen Anwendung von Raps- und Sojaextraktionsschroten. 113 VDLUFA- Kongress, Berlin, Kurzfassungen der Vorträge, 114
- SÜDEKUM, K.-H, 2004: Rohproteinfraktionierung und UDP-Anteilsschätzung, persönliche Mitteilung
- SÜDEKUM, K.-H, 2005: Schätzung des nXP-Gehaltes in vitro, persönliche Mitteilung

3.5 Effekte einer hydrothermischen Behandlung von Lupinen auf die Eiweißversorgung der Milchkühe

M. Pries, A. Hauswald, Landwirtschaftskammer NRW, Nevinghoff 40, D-48417 Münster

M Freitag, A. Schöneborn,, Fachhochschule Süd-Westfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, D-59494 Soest

H. Spiekers, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof.-Dürrwachter-Platz 3, D-85586 Poing

3.5.1 Einleitung und Zielsetzung

Durch die hydrothermische Behandlung der Lupinen steigt nach Herstellerangaben (Börde Kraftkorn, Magdeburg) der Anteil UDP von 20 auf 45 % und der nXP-Wert von 196 auf 254 g/kg an, so dass die nXP-Versorgung auch für Hochleistungskühe besser gewährleistet werden könnte. In einem Fütterungsversuch sollten folgende Fragen geklärt werden:

- Wie ändert sich der Futterwert durch die hydrothermische Behandlung?
- Lässt sich mit hydrothermisch behandelten Lupinen die angestrebte Proteinversorgung am Darm gewährleisten?
- Welchen Einfluss hat der Einsatz der behandelten Lupinen auf Milchleistung, Ökonomie und Nährstoffbilanzen?

3.5.2 Material und Methoden

Bereitstellung der Lupinen und hydrothermische Behandlung (bis 135°C) wurden von der Firma Börde Kraftkorn, Magdeburg, übernommen. Die Bestimmung des Futterwertes der Lupinen erfolgte über Verdaulichkeitsmessungen am Hammel (GfE 1991) im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick, Kleve. Die Proteinfractionierung und die UDP-Bestimmung wurde nach SHANNAK et al. (2000) an der Universität Kiel vorgenommen, weitere Futteranalysen an der LUFA NRW, Münster (VDLUFA Methodenbuch).

Die Untersuchungen zu Futterraufnahme und Milchleistung wurden im ökologischen Milchviehstall von Haus Riswick, Kleve, mit zwei Gruppen á 20 Kühen (Kontroll- und Versuchsgruppe (K,V)), geblockt nach Milchleistung, Laktationsnummer und

Laktationsstadium, durchgeführt. Die Kühe erhielten eine aufgewertete Ration aus Klee gras- plus Maissilage (Relation 3:1 in der Trockenmasse (TM)) und 3 kg Kraftfutter aus 46 % blauer Lupine, 41 % Triticale, 10 % Weizenkleie, 2 % Mineralfutter und 1 % Rapsöl. Die Ration enthielt pro kg TM 6,8 MJ NEL, 168 g XP, 144 (K) / 148 (V) g nXP und 3,9 (V) / 3,2 (K) g RNB und war bedarfsdeckend für 25 kg ECM je Kuh und Tag (DLG 2001). Oberhalb von 25 kg ECM wurde das Kraftfutter nach Leistung zugeteilt. Die Futtermittelaufnahme wurde täglich, Milchmenge und -inhaltsstoffe 14-tägig und die Körperkondition alle vier Wochen überprüft. Die Dauer des Versuches betrug neun Monate (Februar bis Oktober 2004).

3.5.3 Ergebnisse

I. Untersuchungen zum Futterwert

In Tabelle 1 sind Rohnährstoffgehalte, Verdaulichkeit der Organischen Substanz (OS) und daraus bestimmte Energiegehalte sowie vergleichend Werte aus den DLG-Futterwerttabellen (1997) und einer Praxiserhebung aus 2003 dargestellt.

Tab. 1: Rohnährstoffgehalte (g/kg TM), Verdaulichkeit (VQ, %) und Energiegehalt (MJ/kg TM) der blauen Lupine ($\bar{x} \pm SD$)

Quelle	Riswick 2004 (n = 4)		Praxis 2003	DLG 1997
	unbehandelt	behandelt	(n = 9)	
TM	849	883	900 ± 8	880
Rohasche	32	33	39 ± 3	35 ± 5
Rohprotein	344	358	314 ± 23	333 ± 22
Rohfett	68	70	74 ± 13	57 ± 9
Rohfaser	145	138	163 ± 9	162 ± 15
Stärke	107	113	83 ± 9	101 ± 22
NfE	412	403	394 ± 19	413 ± 18
VQ OS	93 ¹⁾	94 ¹⁾	-	90
ME	14,92 ¹⁾	15,08 ¹⁾	14,39 ²⁾	14,19
NEL	9,47 ¹⁾	9,58 ¹⁾	9,04 ²⁾	8,91

¹⁾ Anzahl Hammel = 5; ²⁾ mit VQ aus DLG-Tabellen ermittelt

Im Vergleich zu den DLG Angaben wiesen die im Versuch eingesetzten Lupinen (Riswick 2004) einen höheren Rohprotein- und Rohfett-, sowie einen um 20 g geringeren Rohfasergehalt, die Praxisproben einen geringeren Rohprotein- und

Stärkegehalt auf. Die Verdaulichkeit der OS betrug bei den Riswicker Lupinen 93 % und lag damit um 3 %-Punkte oberhalb der DLG-Angaben. Daraus ergibt sich im Mittel mit 15,0 MJ ME/kg TM bzw. 9,53 MJ NEL/kg TM ein sehr hoher Energiegehalt.

Die Ergebnisse der Proteinfractionierung und der UDP-Schätzung sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tab 2: Proteinfractionen der eingesetzten Lupine (g/kg Rohprotein)

Proteinfraction*	unbehandelt	behandelt
A1	57	48
B1	749	285
B2	187	655
B3	-2	1
C	9	11
UDP5	73	262
UDP8	88	310

nach SHANNAK et al., 2000

Die hydrothermische Behandlung der Lupinen führte zu einer deutlichen Verschiebung der Proteinfractionen von B1 nach B2, die Fractionen A1, B3 und C bleiben unverändert. Der UDP8-Wert (Pansenpassagerate von 8 % pro Stunde) erhöhte sich um 20 %-Punkte von 10 % auf 30 %.

II. Fütterungsversuch mit Milchkühen

Milchleistung und Gewichtsentwicklung der Tiere sind in Tabelle 3 dargestellt. Milchmenge in Form von nativer Milch und ECM sowie Milchfett- und Milcheiweißmenge waren bei den Tieren der Versuchsgruppe signifikant erhöht ($p < 0,001$). Die prozentualen Milchfettgehalte unterschieden sich zwischen den Gruppen nicht, während die Milcheiweißgehalte in der Kontrollgruppe geringfügig höher waren ($p < 0,001$). Die Milchharnstoffgehalte differierten zwischen den Gruppen nur geringfügig ($p < 0,001$) und lagen mit 294 ppm (K) bzw. 283 ppm (V) auf einem hohen Niveau. Die Unterschiede stehen in Übereinstimmung mit den Änderungen im UDP-Anteil.

Differenzen in der ECM-Leistung waren in der Früh lactation (≤ 100 Tage) mit 2,7 kg pro Kuh und Tag (Kontrollgruppe 32,9 kg; Versuchsgruppe 35,6 kg) etwas ausgeprägter als im weiteren Verlauf der Lactation, jedoch blieb die Überlegenheit der Versuchsgruppe über den gesamten Versuchszeitraum bestehen.

Tab. 3: Biologische Leistungen während der gesamten Versuchsperiode (laktationstagskorrigiert)

		Kontrolle (n = 20)	Versuch (n = 20)
Milch	(kg/d)	25,6	27,50***
Fett	(%)	4,32	4,34
Eiweiß	(%)	3,34	3,27***
ECM	(kg/d)	26,1	28,10***
Fett	(kg/d)	1,11	1,19***
Eiweiß	(kg/d)	0,87	0,90***
Milchharnstoffgehalt	(ppm)	294	283***
Gewichtsveränderung	(kg)	+19	+23

*** p <0,001

Während der Stallhaltungsperiode (Februar bis April 2004) konnte die tägliche Aufnahme an Grob- und Kraftfutter exakt erfasst werden, so dass sich unter Berücksichtigung der Energie- und Proteinaufwendungen für Milchleistung und Erhaltung Energie- und Proteinbilanzen kalkulieren lassen (Tabelle 4).

Tab. 4: Futteraufnahme, Energie- und Proteinbilanzen in der Stallperiode je Kuh (\bar{x})

		Kontrolle (n = 20)	Versuch (n = 20)
Grobfutteraufnahme	kg TM/d	14,2	14,3
MLF-Aufnahme	kg TM/d	4,6	5,2
Futteraufnahme	kg TM/d	18,8	19,5
ECM	kg/d	27,7	30,3
Energieaufnahme	MJ NEL/d	131	137
Energiebedarf	MJ NEL/d	130	138
Energiebilanz	MJ NEL/d	+1	-1
Proteinaufnahme	g nXP/d	2.773	2.995
Proteinbedarf	g nXP/d	2.805	3.026
Proteinbilanz	g nXP/d	-32	-31
Stickstoffaufnahme	g N/d	541	547
Stickstoffabgabe Milch	g N/d	148	162
Stickstoffbilanz	g N/d	+393	+385
N-Nutzung für Milch	%	27,4	29,6

Die Energie- und Proteinbilanzen sind in beiden Gruppen weitgehend ausgeglichen. Die behandlungsbedingte bessere Versorgung mit nutzbarem Rohprotein ist demzufolge in höhere Milchleistungen umgesetzt worden. Dies führt zu einer Verbesserung der N-Bilanz und einer effizienteren Nutzung des Stickstoffs für die Milchbildung.

Für die betriebswirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von hydrothermisch behandelten Lupinen wurde eine Laktationsdauer von 325 Tagen unterstellt (Tabelle 5).

Tab. 5: Ökonomischer Vergleich der beiden Futtergruppen auf Basis Stallplatz/Jahr

		Kontrolle	Versuch
ECM	kg/d	26,1	28,1
ECM	kg/Platz ^{*)}	8.489	9.129
Erlös	€/Platz ^{**)}	2.886	3.104
MLF-Kosten	€/Platz	458	579
Erlös ohne MLF	€/Platz	2.428	2.525
Erlösdifferenz	€/Platz		+97

^{*)} 325 Laktationstage; ^{**)} Biomilchpreis: 34 Cent/kg

Die hydrothermische Behandlung der Lupinen führte bei einem Mischungsanteil von 46 % im Kraftfutter zu einem um 121 € pro Kuh und Jahr höheren monetären Aufwand. Dem steht ein Mehrertrag in Höhe von 218 € gegenüber. Insgesamt ergibt sich durch den Einsatz der behandelten Lupinen ein wirtschaftlicher Vorteil von 97 € pro Kuh und Jahr in der ökologischen Haltung bzw. 67 € in der konventionellen Haltung (angenommener Milchpreis 29 Cent/kg). Der betriebswirtschaftliche Vorteil der Behandlung blieb bis zu einem Milchpreis von 19 Cent/kg bestehen. Mögliche Quotenkosten wurden nicht berücksichtigt.

3.5.4 Schlussfolgerungen

Die hydrothermische Behandlung der Lupinen nach dem Verfahren der Firma Börde Kraftkorn, Magdeburg, erhöht den UDP8-Wert um 20 %-Punkte. Die bessere nXP-Versorgung führt bei bedarfsgerechter Zufuhr von Energie zu höheren Milch-,

Milchfett- und Milcheiweißmengen, während die prozentualen Milchfett- und -eiweißgehalte weitgehend unverändert bleiben. Die Behandlung bewirkt eine effizientere Nutzung des Stickstoffs. Aufgrund der höheren Milchleistung verbessert die hydrothermische Behandlung der Lupinen die Rentabilität der Milchproduktion.

3.5.5 Literatur

- DLG-FUTTERWERTTABELLEN WIEDERKÄUER, 7. AUFLAGE, 1997, DLG-Verlag, Frankfurt
- GfE (1991): Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern, J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 65, 229-234
- GfE (1995): Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer, Proc. Soc. Nutr. Physiol. 4, 121-123
- GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, Heft 8 (2001) 15–19
- SHANNAK S., SÜDEKUM K-H., SUSENBETH A. (2000): Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures. Animal Feed Science and Technology 85, 195-214
- WEIB, J. (2001): Grundfutterleistung einheitlich berechnen, Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 21/22.03.2001, 148-151

3.6 Druckhydrothermisch behandelte Lupinen und Rapsextraktionsschrot in Rationen für Hochleistungskühe – ein möglicher Ersatz für Sojaextraktionsschrot

R. Pieper, M. Gabel, E. M. Ott, Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie, Universität Rostock

B. Pieper, Technologie und Produktentwicklung, Wuthenow

H. Riestock, „Rhinmilch“ GmbH, Fehrbellin

W.B. Souffrant, Ernährungsphysiologie „Oskar Keller“, Forschungsinstitut für Biologie landw. Nutztiere, Dummerstorf

D. Gruis, deuka, Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, Düsseldorf

3.6.1 Einleitung

Bei der Verfütterung von Lupinen an Hochleistungskühe muss mit Restriktionen aufgrund geringer Gehalte an Durchflussprotein (UDP) gerechnet werden (ABEL, 1996). Es wurde daher in den letzten 15 Jahren versucht, durch thermische und hydrothermische Verfahren, wie rösten, extrudieren und expandieren, den UDP-Gehalt in Lupinen zu erhöhen. Neben Untersuchungen zum ruminalen Proteinabbau in derart behandelten Lupinen (CROS et al., 1992; KIBELOLAUD et al., 1993; GOELEMA et al., 1998; RÉMOND et al., 2003; YU et al., 2004) wurden auch einige Fütterungsversuche durchgeführt. Durch Rösten von Lupinen kann die Milchleistung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle als auch im Vergleich zum Sojaschrot erhöht werden (SINGH et al., 1995). Demgegenüber wurde von ROBINSON & MCNIVEN (1993) kein positiver Einfluss des Röstens gefunden. Die Extrusion von Lupinen führte zu höheren Milchleistungen im Vergleich zur Kontrolle aus Sojaschrot und Fischmehl (BAYOURTHE et al., 1998). Andere Untersuchungen zeigten keine signifikant positive Wirkung dieser Behandlungsmethode auf die Milchleistung im Vergleich mit Sojaschrot (EMILE et al. 1988).

Bei der Verfütterung von Lupinen sind die Eiweißgehalte in der Milch häufig geringer als beim Einsatz von Sojaschrot. Dies ist möglicherweise auf geringere Gehalte an schwefelhaltigen Aminosäuren in den Lupinen zurückzuführen (CROS et al., 1992; BAYOURTHE et al., 1998). Durch den zusätzlichen Einsatz von Futtermitteln

mit höheren Gehalten an schwefelhaltigen Aminosäuren, wie Rapsextraktionsschrot, besteht jedoch die Möglichkeit dies auszugleichen.

Ziel unserer Untersuchungen war zunächst, den Einfluss einer druckhydrothermischen Behandlung (Opticon®-Verfahren der deuka, Deutsche Tiernahrung, GmbH & Co. KG Düsseldorf) von Lupinen auf Milchleistung und Inhaltstoffe im Vergleich zu unbehandelten Lupinen zu untersuchen. In einem zweiten Versuch wurde anschließend der Einfluss einer druckhydrothermischen Behandlung eines Lupinen/Rapsextraktionsschrot-Gemisches (50:50) auf Milchleistung, Inhaltstoffe und die Zusammensetzung des Milchfettes mit einem unbehandelten Sojaextraktionsschrot-Rapsextraktionsschrot-Gemisch (50:50) verglichen.

3.6.2 Behandlungsparameter

Von wesentlicher Bedeutung bei der druckhydrothermischen Behandlung sind die Temperatur und die Behandlungszeit. Bei so genannten Expansionsverfahren erfolgt die Behandlung normalerweise über eine sehr kurze Zeit bei einer Temperatur von 90-140°C und einem Druck von 20-40 bar. In unseren Versuchen wurde das Futtermittel mittels eines Ringspaltexpanders zweistufig behandelt (Patentschrift DE 19913514 C1, deuka, Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, Düsseldorf). Im ersten Schritt erfolgt dabei eine Vorbehandlung bei einer Temperatur von circa 90-100°C. Im zweiten Schritt wird der Druck und gleichzeitig die Temperatur für einige Sekunden deutlich erhöht (>130°C). Der hierbei auftretende Druck liegt normalerweise über 30 bar. Der wesentliche Unterschied zur Extrusion besteht vor allem in der Produktfeuchte, die in diesem Falle zwischen 22 und 30 % liegt. Nach Austritt des Produktes aus dem Expander verdampft das Wasser infolge der spontanen Ausdehnung (Expansion), was ein anschließendes Trocknen überflüssig macht. Aufgrund der sehr kurzen Temperatureinwirkung wird das Protein so verändert, dass der ruminale Abbau reduziert wird und eine Schädigung durch das Auftreten der „Maillardreaktion“ unterbleibt. Um dies zu überprüfen, wurden am Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) in Dummerstorf Untersuchungen zur biologischen Wertigkeit und wahren Verdaulichkeit expandierter und unbehandelter Lupinen an Ratten durchgeführt (Tabelle 1). Dies ermöglicht unter anderem Aussagen darüber, ob die Proteinverdaulichkeit im Dünndarm durch die Behandlung beeinträchtigt wurde.

Tab. 1: N-Bilanz, biologische Wertigkeit und wahre Proteinverdaulichkeit (wVQ) von expandierten und unbehandelten Lupinen an Ratten

Futtermittel	N-Bilanz (mg/d)	Biologische Wertigkeit (%)	wVQ des Rohproteins (%)
Lupine unbehandelt	74,4 ± 2,4	88,8 ± 2,9	81,9 ± 1,2
Lupine expandiert	78,5 ± 11,5	92,6 ± 5,4	83,9 ± 2,2

Die Ergebnisse zeigen, dass die N-Bilanz, die biologische Wertigkeit und die wahre Verdaulichkeit des Rohproteins durch die druckhydrothermische Behandlung in der Tendenz erhöht wurden. Eine Schädigung des Proteins durch die Behandlung trat somit nicht auf.

3.6.3 Milchkuhversuch 1

Ziel des ersten Milchkuhversuches 1 war es, den Effekt des beschriebenen Expander-Verfahrens auf den Anteil an pansenstabilem Rohprotein (UDP) in Lupinen und die Milchleistung von Kühen mit hohen Leistungen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zu untersuchen.

3.6.3.1 Material und Methoden

Der erste Milchkuhversuch wurde in der Dabergotzer AGRAR GmbH durchgeführt. Es wurden 40 frühlaktierende Milchkühe nach Laktationsnummer, Kalbedatum und Milchleistung in zwei gleiche Gruppen zu jeweils 20 Tieren eingeteilt. Diese wurden dreimal täglich gemolken und zweimal täglich über eine totale Mischration (TMR) gefüttert. Wasser stand ad libitum zur Verfügung. Die Milchmenge und Milchinhaltsstoffe wurden wöchentlich erfasst. Die Rationen der Gruppen (Tab. 2) waren im Energie – und Rohproteingehalt identisch und unterschieden sich lediglich im Gehalt an nicht abbaubaren Rohprotein (UDP). Der UDP-Anteil wurde im Institut für Tierernährung und Stoffwechselfysiologie der Universität Kiel mittels chemischer Fraktionierung des Rohproteins nach der Methode von Shannak et al. (2000) geschätzt. Das Grundfutter setzte sich aus Maissilage (11,2 kg TM; 5,9 MJ NEL; 10,3 % XP) und Grassilage (3,8 kg TM; 5,9 MJ NEL; 16,5 % XP) zusammen. Das Kraftfutter (8,3 kg TM) bestand zu 35 % aus Rapsexpeller, 35 % Lupinenschrot und 30 % Maisschrot.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit EXCEL und dem Programmpaket SPSS 11.0.

Tab. 2: Rationsparameter der Versuchsgruppen

Parameter		Ration 1	Ration 2
		Lupinen unbehandelt	Lupinen behandelt
Rohfaser	g/kg TS	202	203
Rohprotein	g/kg TS	177	177
Rohfett	g/kg TS	43	42
Stärke	g/kg TS	127	129
Zucker	g/kg TS	31	31
nXP	g/kg TS	151	155
RNB	g N	4,0	3,5
NEL	MJ/kg TS	6,7	6,7

nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum; RNB = ruminale N-Bilanz; NEL = Nettoenergie Laktation

3.6.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Der Einfluss der Expander-Behandlung auf die chemischen Fraktionen des Rohproteins, den UDP-Anteil und den Gehalt an nutzbarem Rohprotein im Duodenum (nXP) in den behandelten und unbehandelten Lupinen ist in Tab. 3 dargestellt.

Tab. 3: Rohproteinfraktionen und kalkulierter UDP-Anteil der Lupinen bei einer unterstellten Flussrate aus dem Pansen von 8 %/h

	A	B1	B2	B3	C	UDP % (8%/h)	nXP % der TM
	% des Rohproteins						
Lupinen unbehandelt	5,2	76,1	17,6	0,0	1,1	11,4	19,9
Lupinen behandelt	4,1	55,9	38,7	0,5	0,8	23,6	23,4

A=Nicht-Protein-Stickstoff; B1=schnell abbaubares Rohprotein; B2=variabel abbaubares Rohprotein; B3=langsam abbaubares Rohprotein; C=unverdauliches Rohprotein

Durch die Behandlung verringerte sich gemäß der analytischen Aufbereitung des Probenmaterials der Anteil an Nicht-Protein-Stickstoff (Fraktion A) und der Anteil an schnell abbaubarem Rohprotein (Fraktion B1). Gleichzeitig wurde der Anteil des variabel abbaubaren Rohproteins (Fraktion B2) erhöht. Unbeeinflusst blieben das langsam abbaubare und das unverdauliche Protein (Fraktion B3 und C), was darauf hin deutet, dass keine Proteinschädigung durch die Behandlung erfolgte. Der

geschätzte UDP-Anteil wurde von 11,4 auf 23,6 % des Rohproteins und der Gehalt an nutzbarem Rohprotein am Duodenum von 19,9 auf 23,4 % in der Trockenmasse erhöht. Dies hatte positive Auswirkungen auf die Milchleistung der Tiere, die behandelte Lupinen erhielten (Tab. 4). Diese hatten signifikant höhere Milchleistungen als die Tiere, die unbehandelte Lupinen erhielten. Die Fett- und Eiweißgehalte der Milch unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Da die Futteraufnahmen und die kalkulierten Energiegehalte in den Rationen gleich waren, ist die Mehrleistung an Milch wahrscheinlich ein Resultat der höheren nXP-Gehalte in den behandelten Lupinen. Die Harnstoffgehalte in der Milch bestätigen diese Vermutung jedoch nicht.

Tab. 4: Milchmengen und -inhaltsstoffe im Versuch

	Ration 1 Lupinen unbehandelt	Ration 2 Lupinen behandelt
Milch kg	32,6 ^a	35,2 ^b
energiekorrigierte Milch kg	30,7	32,4
Fett %	3,65	3,49
Protein %	2,95	2,94
Lactose %	4,73 ^a	4,85 ^b
Harnstoff mg/l	314	315

a, b = signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Eine weitere Ursache der erhöhten Milchleistung in der Gruppe, die behandelte Lupinen erhielt, könnte eine, durch die Behandlung hervorgerufene, gesteigerte Verdaulichkeit der organischen Substanz sein. Bekannt ist, dass durch hydrothermische Behandlungsverfahren die Gesamttraktverdaulichkeit von stärkereichen Futtermitteln erhöht werden kann (THEURER et al., 1999; HUTJENS, 2002). Dies erhöht auch den Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) und vermutlich auch die Umsetzbarkeit der Energie im Futtermittel. Da sowohl die Milchleistung als auch der Laktosegehalt bei der Verfütterung expandierter Lupinen signifikant erhöht waren, ist ein derartiger Effekt in diesem Versuch nicht auszuschließen. Da die Verdaulichkeit der organischen Substanz nicht direkt geprüft wurde, kann darüber nur spekuliert werden.

Es bleibt festzuhalten, dass durch dieses druckhydrothermische Behandlungsverfahren (Expanderverfahren) der UDP-Anteil in Lupinen erhöht werden kann und dies positive Auswirkungen auf die Milchleistung im Vergleich zu unbehandelten Lupinen hat.

3.6.4 Milchkuhversuch 2

Üblicherweise wird in Deutschland Sojaextraktionsschrot als Eiweißquelle in der Milchkuhfütterung eingesetzt. Nachdem im Milchkuhversuch 1 positive Auswirkungen der Behandlung von Lupinen auf den UDP-Anteil und die Milchleistung herausgestellt wurden, sollte im Versuch 2 der Einfluss der Behandlung eines Lupine/Rapsextraktionsschrot-Gemisches auf den UDP-Anteil und die Milchleistung im Vergleich zu einem Sojaschrot/Rapsextraktionsschrot-Gemisch untersucht werden.

3.6.4.1 Material und Methoden

Der zweite Milchkuhversuch wurde in der „Rhinmilch“ GmbH in Fehrbellin mit 50 frühlaktierenden Holsteinkühen durchgeführt. Die Tiere wurden nach Laktationsnummer, Laktationstag und Milchleistung in zwei gleiche Gruppen zu je 25 Tieren eingeteilt. Die Tiere wurden im Liegeboxen-Laufstall gehalten, erhielten eine totale Mischration und wurden zweimal täglich gemolken. Wasser stand ad libitum zur Verfügung. Beide Gruppen erhielten gleiche Mengen Mais- und Grassilage sowie Maisschrot. Der Anteil von Lupinenschrot beziehungsweise Sojaextraktionsschrot an den Versuchsmischungen mit Rapsextraktionsschrot betrug jeweils 50 %. Die Rationen wurden so formuliert, dass sie im Energie- und Rohproteingehalt identisch waren. Die Rationsparameter sind in Tab. 5 dargestellt. Futtermittelanalysen wurden zu Beginn und zweimal während des Versuches durchgeführt. Der UDP-Anteil wurde im Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie der Universität Kiel nach chemischer Fraktionierung des Rohproteins geschätzt (SHANNAK et al., 2000).

Tab. 5: Rationsparameter im Versuch

Parameter		Lupine/Raps	Soja/Raps
Rohfaser	g/kg TS	168	156
Rohprotein	g/kg TS	170	170
Rohfett	g/kg TS	52	48
Stärke	g/kg TS	219	211
Zucker	g/kg TS	58	61
nXP	g/kg TS	165	163
RNB	g N	0,8	1,8
NEL	MJ/kg TS	7,3	7,3

nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum; RNB = ruminale N-Bilanz; NEL = Nettoenergie Laktation

Die Milchmenge wurde täglich, die Inhaltstoffe in zwei Milchleistungsprüfungen (MLP), in der 4. und in der 8. Versuchswoche, erfasst. Die Zusammensetzung des Milchfettes der Versuchsgruppen wurde im Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Jena bestimmt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit EXCEL und dem Programmpaket SPSS 11.0.

3.6.4.2 Ergebnisse und Diskussion

Der Einfluss der Expander-Behandlung auf die chemischen Fraktionen des Rohproteins, den UDP-Anteil und den Gehalt an nutzbarem Rohprotein im Duodenum (nXP) im behandelten und unbehandelten Lupine/Rapsextraktionsschrot-Gemisch und im Sojaschrot/Rapsextraktionsschrot-Gemisch ist in Tab. 6 dargestellt.

Tab. 6: Rohproteinfraktionen und kalkulierter UDP-Anteil des Lupine/Raps- und des Soja/Raps-Gemisches bei einer unterstellten Flussrate aus dem Pansen von 8 %/h

	A	B1	B2	B3	C	UDP % (8%/h)	nXP % der TM
	% des Rohproteins						
Lupine/Raps unbehandelt	3,0	44,6	44,1	4,2	4,1	21,3	22,4
Lupine/Raps behandelt	7,7	12,1	70,4	5,9	3,9	45,6	28,2
Soja/Raps unbehandelt	4,4	14,6	58,9	19,1	3,0	56,0	35,3

A=Nicht-Protein-Stickstoff; B1=schnell abbaubares Rohprotein; B2=variabel abbaubares Rohprotein; B3=langsam abbaubares Rohprotein; C=unverdauliches Rohprotein

Die Behandlung erhöhte gemäß der analytischen Aufbereitung den Anteil an Nicht-Protein-Stickstoff (NPN, Fraktion A) und verringerte den Anteil an schnell abbaubarem Rohprotein (Fraktion B1). Diese Änderung in der Fraktion A steht im Gegensatz zu den Ergebnissen im Versuch 1. Wie auch im ersten Versuch wurde der Anteil des variabel abbaubaren Rohproteins (Fraktion B2) erhöht. Da sich der Anteil des langsam abbaubaren und das unverdaulichen Proteins (Fraktion B3 und C) kaum änderten, kann vermutet werden, dass keine Proteinschädigung durch die Behandlung erfolgte. Der Gehalt an Nicht-Protein-Stickstoff (A), schnell abbaubarem (B1) und unverdaulichem Rohprotein (C) war in der behandelten Lupine/Raps-Mischung und im Soja/Raps-Gemisch auf annähernd gleichem Niveau. Dagegen war im Soja/Raps-Gemisch der Anteil an schwer abbaubarem Rohprotein (B3) höher und an variabel abbaubarem Rohprotein (B2) niedriger als in der behandelten Lupine/Raps-

Mischung. Der geschätzte UDP-Gehalt wurde in der Lupine/Raps-Mischung von 21,2 auf 45,6 % des Rohproteins erhöht und war niedriger als in der Soja/Raps-Gemisch. Der Gehalt an nutzbarem Rohprotein am Duodenum wurde durch die Behandlung von 22,4 auf 28,2 % in der Trockenmasse erhöht, war aber niedriger als in der Soja/Raps-Mischung (35,3 %). Das behandelte Lupine/Raps-Gemisch und das Soja/Raps-Gemisch wurden im Milchkuhversuch als Proteinquelle eingesetzt. In Abb. 1 ist die Entwicklung der täglichen Milchleistung im Versuchszeitraum dargestellt.

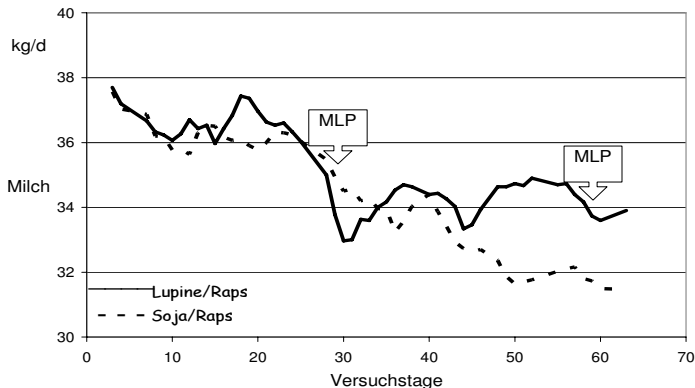


Abb. 1: Tägliche Milchmenge im gesamten Versuchszeitraum

In den ersten fünf Versuchswochen fanden sich keine Unterschiede in der Milchleistung der Gruppen. Danach blieb die Leistung der Lupine/Raps-Gruppe auf einem Niveau von circa 35 kg/Tier/d, während die Leistung der Soja/Raps-Gruppe weiter abfiel. Kumulativ, über den gesamten Versuchszeitraum, war die Milchleistung in der Lupine/Raps-Gruppe signifikant höher als in der Soja/Raps-Gruppe. Mit gerösteten und extrudierten Lupinen kamen SINGH et al. (1995) und BAYOURTHE et al. (1998) zu ähnlichen Ergebnissen. EMILE et al. (1988) und ROBINSON & MCNIVEN (1993) fanden beim Einsatz von extrudierten beziehungsweise gerösteten Lupinen keine Unterschiede in der Milchleistung. Aufgrund des gleichen Energie- und Rohproteingehaltes und des Gehaltes an nutzbarem Rohprotein im Duodenum ist die kumulative Mehrleistung möglicherweise ein Ergebnis einer höheren Gesamttraktverdaulichkeit durch die Behandlung des Lupine/Rapsextraktionsschrot-Gemisches. Dies konnte jedoch in den Untersuchungen nicht quantitativ belegt werden und ist somit spekulativ. Es traten

lediglich geringe, nichtsignifikante Unterschiede im Fett-, Eiweiß- und Laktosegehalt zwischen den Gruppen auf (Tab. 7).

Tab. 7: Milchleistungen und Inhaltstoffe in der 4. und 8. Versuchswoche

Parameter	4. Versuchswoche		8. Versuchswoche	
	Lupine/Raps	Soja/Raps	Lupine/Raps	Soja/Raps
Milch kg	34,1	34,4	34,0	31,7
energiekorrigierte Milch kg	33,3	33,1	33,6	31,8
Fett %	3,81	3,68	3,82	3,90
Eiweiß %	3,23	3,25	3,39	3,45
Laktose %	4,66	4,72	4,64	4,66
Harnstoff mg/l	243	243	245	243

Dies steht den Ergebnissen von GUILLAUME et al. (1987), EMILE et al. (1988), MAY et al. (1993), ROBINSON & MCNIVEN (1995), SINGH et al. (1995) und BAYOURTHE et al. (1998) gegenüber, die niedrigere Eiweißgehalte in der Milch bei Verfütterung von unbehandelten, gerösteten oder extrudierten Lupinen gegenüber Sojaschrot feststellten. Dies könnte ein Beleg dafür sein, dass die Aminosäureversorgung der Kühe mit hohen Leistungen – vor allem mit schwefelhaltige Aminosäuren, wie Methionin und Cystin – durch eine Kombination von druckhydrothermisch behandelten Lupinen mit Rapsextraktionsschrot verbessert werden kann. Tab. 8 zeigt die Fettsäurezusammensetzung der eingesetzten Eiweißfuttermittel.

Tab. 8: Anteil ausgewählter Fettsäuren im Gesamtfett der eingesetzten Futtermittel

	Lupine behandelt	Raps- extraktionsschrot	Soja- extraktionsschrot
Fettgehalt g/kg TS	56	49	12
<i>Anteil in % der Gesamtfettsäuren</i>			
C-16 : 0	10,5	7,6	14,9
C-18 : 0	5,6	1,2	4,5
C-18 : 1 (cis 9)	34,3	39,1	14,2
C-18 : 2 (cis 9,12)	39,8	26,9	54,2
C-18 : 3 (cis 9,12,15)	4,5	7,3	8,1
Σ SFA ¹	19,5	10,2	20,9
Σ MUFA ¹	35,5	53,1	15,8
Σ PUFA ¹	44,3	34,7	62,4

SFA = gesättigte Fettsäuren; MUFA = einfach ungesättigte Fettsäuren; PUFA = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Lupinen und Sojaextraktionsschrot haben einen hohen Anteil an Linolsäure (C-18:2). Über die Verfütterung linolsäurehaltiger Pflanzenfette kann der Anteil an

konjugierten Linolsäuren (CLA) in der Milch erhöht werden (KELLY et al., 1998; DHIMAN et al., 1999; STANTON et al., 1997, JAHREIS et al., 1996). Diesen wird eine gesundheitsfördernde und krebshemmende Wirkung zugeschrieben (JAHREIS, 1999). In unseren Untersuchungen wurden insgesamt niedrige Gehalte und nur geringe Unterschiede im Anteil der CLA im Milchfett zwischen den Versuchsgruppen gefunden, was auf die geringe Menge des täglich verfütterten pflanzlichen Fettes zurückgeführt wurde. Beim Einsatz größerer Mengen (> 400g/d) besteht aber die Gefahr, die Verdauungsvorgänge im Pansen negativ zu beeinflussen. Interessanterweise zeigen Ergebnisse kanadischer Untersuchungen, dass durch Rösten von Lupinen auch ein Teil des Fettes vor dem ruminalen Abbau geschützt und so der Anteil an ungesättigten Fettsäuren in der Milch erhöht werden kann (ROBINSON & MCNIVEN, 1993; SINGH et al., 1995). Über die Einschränkung des ruminalen Abbaus von Lupinenfett und eine damit verbundene Verbesserung der Milchqualität durch druckhydrothermische Behandlungsmethoden besteht somit weiterhin Forschungsbedarf.

Es bleibt anhand der Ergebnisse des zweiten Versuches festzuhalten, dass durch das druckhydrothermische Behandlungsverfahren ebenfalls der UDP-Anteil erhöht werden kann und dies zu höheren Milchleistungen im Vergleich zu einem Sojaschrot/Rapsextraktionsschrot-Gemisch führt.

3.6.5 Zusammenfassung

Es wurden zwei Versuche zum Einsatz von hydrothermisch behandelten Lupinen in der Milchkuhfütterung durchgeführt, die zu folgenden Ergebnissen führten:

1. Der UDP-Gehalt kann durch ein druckhydrothermisches Behandlungsverfahren (deuka, Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, Düsseldorf) sowohl in Lupinen allein als auch in einem Gemisch aus Lupinen und Rapsextraktionsschrot erhöht werden. Dies ist, anhand der Proteinfractionierung nach SHANNAK et al. (2000) vor allem auf eine Verschiebung des Anteils an leicht löslichem Rohprotein zur Fraktion des variabel abbaubaren Rohproteins zurückzuführen.
2. Anhand der unveränderten Gehalte an schwer abbaubarem und unverdaulichem Rohprotein sowie durch Untersuchungen zur biologischen Wertigkeit an Ratten konnte gezeigt werden, dass bei dieser Behandlung keine

Hitzschädigung des Proteins auftritt und die Proteinverdaulichkeit nicht beeinträchtigt wird.

3. Die Behandlung führt im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zu signifikant höheren Milchleistungen von Hochleistungskühen.
4. Durch den Einsatz eines hydrothermisch behandelten Lupine/Rapsextraktionsschrot-Gemisches können signifikant höhere Milchleistungen im Vergleich zu einem Sojaschrot/Rapsextraktionsschrot-Gemisch erzielt werden.

Weitere positive Effekte dieses Behandlungsverfahrens auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz und eine damit verbundene Erhöhung des Energiegehaltes von Lupinen konnten in diesen Versuchen nicht eindeutig geklärt werden. Des Weiteren könnte sich die Verfütterung von Lupinen aufgrund ihres hohen Gehaltes an Linolsäure positiv auf die Milchfettzusammensetzung auswirken, da der Gehalt an konjugierten Linolsäuren im Milchfett erhöht werden kann. Diese haben eine gesundheitsfördernde Wirkung auf den Menschen. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

3.6.6 Literatur

- ABEL, H. (1996): Verwendungspotentiale und Probleme – Tierernährung, In: Potentiale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland. UFOP – Schriften. 3: 161-208
- BAYOURTHE, C., R. MONCOULON, F. ENJALBERT (1998): Effect of extruded lupin seeds as a protein source on lactational performance of dairy cows, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 72: 121-131
- CROS, P., R. MONCOULON, C. BAYOURTHE, M. VERNAY (1992): Effect of extrusion on ruminal and intestinal disappearance of amino acids in white lupin seed, *Can. J. Anim. Sci.*, 72: 89-96
- DHIMAN, T. R., E. D. HELMINK, D. J. MCMAHON, R. L. FIFE AND M. W. PARIZA (1999): Conjugated Linoleic Acid Content of Milk and Cheese from Cows Fed Extruded Oilseeds, *J. Dairy Sci.*, 82: 412-419
- EMILE, J. C., L. HUGUET, A. HODEN, C. MALTERRE, D. MICOL (1988): Sweet lupin seeds for dairy cows and young bulls feeding, *Proceedings of the 5th International Lupin Conference*, Poznan, Polen, 483-495
- GOELEMA, J. O., M. A. M. SPREEUWENBERG, G. HOF, A. F. B. VAN DER POEL, S. TAMMINGA (1998): Effect of pressure toasting on the rumen degradability and intestinal digestibility of whole and broken peas, lupins and faba beans and a mixture of these feedstuffs, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 76: 35-50

- GUILLAUME, B., D. E. OTTERBY, J. G. LINN, M. D. STERN, D. G. JOHNSON (1987): Comparison of sweet white lupin seeds with soybean meal as a protein supplement for lactating cows, *J. Dairy Sci.*, 70, 2339-2348
- HUTJENS M.F. (2002): Aktuelle Aspekte der Milchviehfütterung in den USA unter besonderer Berücksichtigung der neuen amerikanischen Fütterungsnormen, In: Pieper/ Poppe, Tagungsbericht über das 6. Symposium zu Fragen der Fütterung von Kühen mit hohen Leistungen, 9-33
- JAHREIS, G., H. STEINHART, A. PFALZGRAF, G. FLACHOWSKY AND F. SCHÖNE (1996): Zur Wirkung von Rapsölfütterung an Milchkühe auf das Fettsäurespektrum des Butterfettes, *Z. Ernährungswiss.*, 35: 185-190
- JAHREIS, G., J. FRITSCHÉ P., MÖCKEL, F. SCHÖNE, U. MÖLLER AND H. STEINHART (1999): The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid cis-9, trans-11 C18:2, in milk of different species cow, ewe, sow, mare, woman, *Nutr. Res.* 17: 1479-1484
- KELLY, M. L., E. S. KOLVER, D. E. BAUMANN, M. E. VAN AMBURGH AND L. D. MULLER (1998): Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating dairy cows, *J. Dairy Sci.*, 81, 1630-1636
- KIBELOLAUD, A. R., M. VERNAY, C. BAYOURTHE AND R. MONCOULON (1993): Effect of extruding on ruminal disappearance and lower gastrointestinal tract digestion of white lupin seeds, *Can. J. Anim. Sci.*, 73: 571-579
- RÉMOND, D., M. P. LE GUEN, C. PONCET (2003): Degradation in the rumen and nutritional value of lupin (*Lupinus albus* L.) seed proteins effect of extrusion, *Anim. Feed Sci. Technol.* 105: 55-70
- ROBINSON, P. H. & M. A. MCNIVEN (1993) : Nutritive value of raw and roasted sweet white lupins (*Lupinus albus*) for lactating dairy cows, *Anim. Feed Sci. Technol.* 43: 275-290
- SHANNAK, S., K.-H. SÜDEKUM, A. SUSENBETH (2000): Estimating ruminal protein degradation with *in situ* and chemical fractionation procedures. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85: 195-214
- SINGH, C. K., P. H. ROBINSON, M. A. MCNIVEN (1995): Evaluation of raw or roasted lupin seeds as protein supplements for lactating cows, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 52: 63-76
- STANTON, C., F. LAWLESS, G. KJELLMER, D. HARRINGTON, R. DEVERY, J. F. CONNOLLY AND J. MURPHY (1997): Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content, *J. Food Sci.* 62: 1083-1086
- THEURER, C.B., HUBER, J. T., DELGADO-ELORDUY, A. AND R. WANDERLEY (1999): Invited Review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63: 1950-1959
- YU, P., A. R. EGAN, B. J. LEURY, J. J. MCKINNON, D. A. CHRISTENSEN (2004): Nutrient supply to dairy cows from processed white lupines, *Arch. Anim. Nutr.*, 58: 117-135

4 Fazit

Die heimischen Körnerleguminosen sind wertvolle Protein- und Energieträger in der Milchviehfütterung. Bei entsprechender Beachtung der Grundsätze einer wiederkäuergerechten Rationsgestaltung können Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen problemlos im Milchleistungsfutter eingesetzt werden. Je nach Rationsgestaltung können jedoch die hohen RNB-Werte und Kohlenhydratgehalte den Einsatz beschränken. Die antinutritiven Substanzen sind in der Wiederkäuerernährung von untergeordneter Bedeutung.

In aktuellen Fütterungsversuchen führte lediglich bei Blauen Lupinen die durch eine hydrothermische Behandlung erreichte Erhöhung des UDP-Gehalts wiederholt zu einer gesicherten Steigerung der Milchleistung. Für Hochleistungsherden kann dieses Verfahren daher zur Sicherstellung der Proteinversorgung empfohlen werden. Zur Abschätzung der Preiswürdigkeit der Behandlung ist neben dem erzielten nXP-Gehalt auch der aktuelle Weizenpreis zu berücksichtigen. Bei steigenden Weizenpreisen relativiert sich die Vorzüglichkeit der Behandlung. In ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit hohen Milchleistungen kann der Einsatz jedoch aus Sicht der Stoffwechselgesundheit auch bei höheren Preisen sinnvoll sein.

Bei Ackerbohnen führte die hydrothermische Behandlung trotz erhöhter nXP-Gehalte nicht zu einer Steigerung der Milchleistung. Da ein hoher Tanningehalt Futteraufnahme und Milchleistung nicht beeinträchtigt, können entsprechende Sorten problemlos eingesetzt werden.

Fütterungsversuche mit Erbsen und Lupinen ergaben eine Verlangsamung der ruminalen Abbaurate bei Zerkleinerung durch Quetschen im Vergleich zum Schrotten. Daraus resultiert ein stabilerer Pansen pH Wert, so dass dieses Verfahren bei gleichen Futtermittelpreisen empfohlen werden kann.

Für behandelte Erbsen konnten Leistungssteigerungen nur in einer Studie gesichert nachgewiesen werden, wobei pansenphysiologische Untersuchungen vermuten lassen, dass die beobachteten höheren Leistungen auf eine bessere Energieversorgung zurück zu führen sind. Im Rahmen einer wiederkäuergerechten Rationsgestaltung sollte die Energieversorgung jedoch nicht über Protein- sondern über Energieträger erreicht werden.

Bewertung von thermisch behandelten Lupinen als Rationskomponente für Hochleistungskühe

Holger Kluth¹, Jeannette Boguhn¹, Thomas Engelhard², Michael Bulang¹ und Markus Rodehutschord¹

¹Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Halle-Wittenberg, Emil-Abderhalden-Straße 26, 06108 Halle (Saale)

²Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden, Lindenstraße 18, 39606 Iden

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, die Eignung von thermisch behandelten Lupinen (TBL) als Komponente für Milchkurrationen mit komplementären methodischen Ansätzen zu beurteilen.

Im Rahmen eines Fütterungsversuches wurden 3 TMR bei gleich bleibendem Grundfutteranteil mit variierenden Hauptproteinträgern eingesetzt (166 g nXP/kg T, 7,2 MJ NEL/kg T). Dies waren in einer TMR ausschließlich TBL, des Weiteren eine Kombination aus Rapsextraktionsschrot (RES) und TBL sowie RES und Sojaextraktionsschrot (SES). Auf Basis der standardisierten Verdaulichkeitsbestimmung wurden für diese drei Einzelkomponenten NEL-Gehalte von 9,1 (TBL), 7,0 (RES) und 8,4 MJ/kg T (SES) ermittelt. Die kalkulierten Energiegehalte der eingesetzten TMR wurden mit Verdaulichkeitsbestimmungen bestätigt. Unter Einbeziehung der mittels einer chemischen Rohproteinfraktionierung ermittelten Gehalte an unabgebautem Rohprotein ergaben sich Werte für den Gehalt an nutzbarem Rohprotein (nXP) von 268 (TBL), 314 (RES) und 272 g/kg T (SES).

Der Versuchszeitraum umfasste zwei Abschnitte von 42 bzw. 49 Tagen. Bei hohem Einsatz der TBL (4 kg/Tier und Tag) war der Futterverzehr mit 21,2 kg T/Tag (1. Abschnitt) und 21,9 kg T/Tag (2. Abschnitt) signifikant niedriger als bei den TMR mit TBL+RES (22,9 und 23,5 kg T/Tag) sowie RES+SES (22,2 und 24,7 kg T/Tag). Dies ging mit einer geringeren Milchleistung einher. Die Kombination von TBL mit RES erwies sich im Hinblick auf Futterverzehr und Milchleistung im Grundsatz als gleichwertig, wobei in Milchleistung bei TBL+RES in Abschnitt 1 signifikant höher und in Abschnitt 2 signifikant geringer war. Bei Behandlung TBL+RES war allerdings in Abschnitt 1 der Eiweißgehalt der Milch signifikant geringer.

Der aus *in vitro*-Untersuchungen (RUSITEC) ermittelte ruminale Abbau der organischen Substanz unterschied sich nicht zwischen den TMR und betrug im Mittel

35%. Für die TMR mit RES+SES wurde die höchste Effizienz in der mikrobiellen Proteinsynthese mit 195 g/kg abgebaute organische Substanz bzw. 10,1 g/MJ ME ermittelt. Bei Einsatz von TBL war die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese *in vitro* geringer. Die Aminosäurezusammensetzung des gebildeten mikrobiellen Proteins zwischen den TMR blieb weitgehend unverändert.

Das geschätzte Potenzial der Gasbildung (Hohenheimer Futterwerttest) lag für alle TMR auf einem vergleichbaren Niveau von 63–65 mL/200 mg T. Die maximale Gasbildungsrate von etwa 2,8 mL/h für die drei TMR wurde für die TMR TBL+RES 0,7 h später erreicht als für die TMR RES+SES (5,0 vs. 5,7 h). Die thermisch behandelte Lupine wies mit einem geschätzten Plateau von 64 mL/200 mg T die höchste, das RES mit 47 mL/200 mg T die niedrigste Gasbildung auf.

Es wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass die Kombination aus behandelten Lupinen und Rapsextraktionsschrot für Hochleistungsrationen geeignet ist. Unterschiede im Eiweißgehalt der Milch könnten durch eine veränderte Effizienz der mikrobiellen Synthese im Pansen bedingt sein. Die negativen Wirkungen der sehr hohen Rationsanteile dieses Lupinenproduktes auf die Kuh und die Pansenmikroben bedürfen der weiteren Klärung.

Summary

Evaluation of thermally treated lupins as feed for high yielding dairy cows

It was the objective to study the effects of including thermally treated lupins (TBL) in rations for high yielding dairy cows with different experimental approaches.

In a feeding trial with dairy cows, 3 total mixed rations (TMR) including the same roughages but varying in the inclusion of the main protein sources were used: TBL alone or a combination of rapeseed meal (RES) with either TBL or soybean meal (SES). Based on a standard digestibility study with sheep, the content of net energy for lactation (NEL) in the protein sources was 9.1 (TBL), 7.0 (RES) and 8.4 MJ/kg DM (SES). The intended NEL concentrations for the 3 TMR were confirmed on the basis of digestibility measures (7.2 MJ NEL/kg DM). Estimated on the basis of a chemical crude protein fractionation, the content of utilisable protein at the duodenum (nXP) in the protein sources was 268 (TBL), 314 (RES) and 272 g/kg DM (SES).

The feeding trial had 2 periods of 42 and 49 days. At very high intake of TBL (4 kg/cow and d) the feed intake was 21.2 kg DM/d (period 1) and 21.9 kg DM/d (period 2). This was significantly lower than the feed intake in treatment TBL+RES (22.9 and 23.5 kg DM/d) and RES+SES (22.2 and 24.7 kg DM/d). Correspondingly,

milk yield was reduced. The combination of TBL and RES resulted in similar milk yield as the combination of RES and SES.

Degradation of organic matter studied *in vitro* with a rumen simulation technique (RUSITEC) was not different between the 3 TMR. The efficiency of microbial crude protein synthesis was highest for the TMR with RES+SES (195 g/kg degraded organic matter). When TBL was included in the TMR, the *in vitro* efficiency of microbial crude protein synthesis was lower. The amino acid pattern of microbial protein was not different between TMR.

The plateau in gas production studied according to the Hohenheimer Futterwerttest was similar for the 3 TMR (63-65 mL/200 mg DM). The maximal rate of gas production was about 2.8 mL/h for all TMR and was achieved 0.7 h later with the TMR TBL+RES than for the TMR RES+SES (5.0 vs. 5.7 h). Among the 3 protein ingredients, TBL had the highest plateau in gas production (64 mL/200 mg DM) and RES the lowest (47 mL/200 mg DM).

It was concluded, that the combination of thermally treated lupins and rapeseed meal is suitable for inclusion in rations for high yielding dairy cows. Effects of lupin inclusion on milk protein content may be possible due to changes in the efficiency of microbial protein synthesis in the rumen. Further studies are necessary before the negative effects of very high inclusion rates of this lupin product can be explained.

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Realisierung hoher Milchleistungen erfordert den gezielten Einsatz von Futtermitteln, die neben der Energieversorgung gleichermaßen den Bedarf der Milchkuh an nutzbarem Rohprotein am Duodenum (nXP) sicherstellen. Dabei setzt sich das nXP aus den Teilgrößen des mikrobiellen Rohproteins (MP) und des unabgebauten Futterrohproteins (UDP) zusammen. Vor allem im Hochleistungsbereich gewinnt der Anteil an UDP an Bedeutung, da durch die Limitierung der Futter- bzw. Energieaufnahme die Synthese an MP begrenzt wird und somit der nXP-Bedarf zunehmend über das UDP abgedeckt werden muss. Im Allgemeinen verfügen die Extraktionsschrote aus Soja- (SES) oder Rapssaat (RES) über relativ hohe Anteile an UDP und besitzen deshalb eine weite Verbreitung in der Milchkuhfütterung. Einheimische Körnerleguminosen hingegen sind in unbehandelter Form durch einen geringen UDP-Anteil charakterisiert. Allerdings ist bekannt, dass durch thermische Behandlungsverfahren der Abbaugrad des Proteins von Leguminosen reduziert und somit der Anteil an UDP erhöht werden kann. Dies eröffnet die Möglichkeit der Berücksichtigung einheimischer, regional produzierter Futtermittel in der Fütterung.

Bei hoher Milchleistung dürfte dies insbesondere für Betriebe des ökologischen Landbaus interessant sein, die auf den Einsatz von Extraktionsschroten verzichten. Bislang wird angenommen, dass die Behandlung der Leguminosen nicht zu einer Veränderung bei der mikrobiellen Neusynthese von Protein führt.

Vor diesem Hintergrund ergab sich die Fragestellung, wie sich ein Ersatz von SES und RES durch behandelte Lupinen in Milchkuhrationen auswirkt. Insbesondere der Einsatz bei einem hohen Leistungsniveau war dabei von Interesse, da hier der Bedarf an Energie und nXP kaum noch zu decken ist und auch die Zusammensetzung des am Dünndarm anflutenden Proteins größere Bedeutung erlangt. Mit *in vitro*-Ansätzen wurde daher auch der Frage nachgegangen, ob sich bei Einsatz der verschiedenen Proteinträger die Effizienz der Synthese von MP und das Aminosäurenmuster des MP verändern.

2. Material und Methoden

2.1 Fütterungsversuch mit Milchkühen

Der Fütterungsversuch wurde im Zentrum für Tierhaltung und Technik (ZTT) der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt in Iden durchgeführt. Bei den eingesetzten thermisch behandelten Lupinen (TBL) handelte es sich um das Produkt „Lupitherm“ (Börde-Kraftkorn-GmbH), für das vom Hersteller eine UDP-Anteil von 46% deklariert wird. Bei den Extraktionsschroten handelte es sich um übliche Handelsware.

Für den Versuch wurden drei Mischrationen (TMR) mit weitgehend gleichen Anteilen von Grundfutterkomponenten (Grasanwelk-, Mais-, Lieschkolbenschrot-, Pressschnitzel- und Biertreibersilage) kalkuliert (Tabelle 1). In einer der Behandlungen stellte TBL den alleinigen Hauptproteinträger dar. In einer weiteren Behandlung wurde TBL in einer Mischung mit RES eingesetzt. Die dritte Behandlung war eine Mischung aus RES und SES, die sich in vorangegangenen Versuchen gut bewährt hatte. Die kalkulierten Gehalte an nXP und NEL betragen mindestens 166 g/kg T und 7,2 MJ/kg T. Die Erfassung der tierindividuellen Futteraufnahme war durch Einzelwiegetröge gewährleistet.

Die Aufteilung der Tiere in die 3 Behandlungen erfolgte nach den Kriterien Laktationsnummer, Vorlaktationsleistung, Fett- und Eiweißmenge sowie Lebendmasse. Je Behandlung wurden 24 Tiere aufgestellt, die im Mittel den 90. Laktationstag aufwiesen. Bei Tierausschluss wurde ein Tier mit vergleichbarer Leistung und ähnlichem Laktationstag nachgestellt. Der Versuch umfasste einen Zeitraum von

insgesamt 91 Tagen. Nach einer ersten Phase von 42 Tagen wurde ein Wechsel zwischen den Behandlungen vorgenommen. Die Umstellung zwischen den Versuchsgruppen zwischen den Rationen erfolgte von TBL auf TBL+RES, von TBL+RES auf SES+RES sowie von SES+RES auf TBL (Tabelle 1). Die zweite Phase wurde nach 49 Tagen mit dem Versuchsende abgeschlossen.

Die Tiere wurden unter üblichen Laufstallbedingungen gehalten und dreimal täglich gemolken. Die Milchmengenmessung erfolgte kontinuierlich über das System Flo-Master-Pro der Firma DeLaval. Während der wöchentlichen Milchkontrolle wurden Milchfett, -eiweiß und -harnstoff fotooptisch anhand des Milcoscan-Verfahren (Foss Elektrik, Hamburg) ermittelt.

In den Grundfuttermitteln erfolgten täglich eine Trockenmassebestimmung sowie wöchentlich eine Rohnährstoffanalyse. Bei den Konzentratfuttermitteln wurde monatlich eine Rohnährstoffanalyse durchgeführt. Mit jeweils 3 Chargen wurde die chemische Rohproteinfraktionierung nach SHANNAK et al. (2000) zur Schätzung des UDP-Anteils vorgenommen.

Tabelle 1: Zusammensetzung und kalkulierte Gehalte in den Rationen

Versuchsgruppe Ration	Abschnitt 1			Abschnitt 2		
	1	2	3	3	1	2
Futtermittel	TBL	TBL + RES	RES + SES	TBL	TBL + RES	RES + SES
	% der T					
Maissilage	35,7	35,8	36,7	39,3	38,6	39,2
Grasanweilsilage	18,5	18,6	18,6	15,9	15,9	16,1
Stroh	-	-	-	1,6	1,5	1,8
Biertrebersilage	6,5	6,1	5,9	6,1	5,8	5,6
Gerste, gequetscht	16,6	16,4	16,9	15,7	15,9	16,1
Lupine ¹	18,8	11,0	-	18,3	10,9	-
SES	-	-	9,7	-	-	8,4
RES	-	8,3	8,3	-	8,4	9,8
Rest ²	3,8	3,7	3,8	3,1	3,0	3,0
NEL, MJ/kg T	7,4	7,3	7,2	7,4	7,3	7,2
nXP, g/kg T	166	170	170	166	171	172
RNB, g/kg T	0,5	0,3	1,8	0,1	-0,2	1,6
XF, g/kg T	163	160	153	157	154	147

¹ thermisch behandelt, 46% UDP laut Herstellerangaben

² Mineralstoffmischung, Propylenglykol, geschütztes Fett, Futtermilch, Vihsalz

Die Alkaloidanalyse wurde nach vorangegangener Flüssig-Fest-Extraktion mittels Kapillar-Gaschromatographie in Anlehnung an die Methoden von WINK (1987; 1992) durchgeführt. Lupanin stellt das Hauptalkaloid dar. Angustifolin, Isolupanin und 13-Hydroxylupanin sind ebenfalls im Messwert enthalten.

Die statistische Auswertung erfolgte für beide Versuchsabschnitte separat. Für die untersuchten Merkmale wurden entsprechend der Datenstruktur und Merkmals-spezifisch differenzierte Auswertungsmodelle verwendet. In jedem Fall war ein komplexes statistisches Modell zu berücksichtigen, da neben den interessierenden festen Effekten (Proteinträger) mehrere Einflussgrößen zu berücksichtigen waren [Laktationsnummer (fest), Testtag (fest), Laktationstag (fest) sowie wiederholte Leistungen (zufällig)].

Für die Merkmale Milchmenge und energiekorrigierte Milch erwies sich der Einfluss der Testtage als bedeutsam. Entsprechend war für den Versuch das folgende gemischte lineare Modell (Testtagsmodell) zu bearbeiten:

$$y_{ijkln} = \mu + R_i + LNR_j + T_k + \sum_{m=1}^4 \beta_{jm} * x_m + Tier_l + e_{ijkln} \quad (1)$$

μ = allgemeines Mittel

(R) Ration_i = fester Effekt der i-ten Ration

(LNR) Laktationsnummer_j = fester Effekt der j-ten Laktationsnummer

(T) Testtag_k = fester Effekt des k-ten Testtags

β_{jm} = Regressionskoeffizienten innerhalb der j-ten Laktation

x_m = Kovariablen (x_1 =Laktationstag/305; x_2 = x_{1-} ; x_3 =ln(305/Laktationstag); x_4 = x_{3-})

Tier_l = zufälliger Effekt des l-ten Tier, $Tier_l \sim \sum(0; \beta_{Tier}^2)$

e_{ijkln} = zufälliger Resteffekt, Resteffekt $e_{ijkln} \sim \sum(0; \beta_{Rest}^2)$.

Die durch die Laktationstage entstehende Dynamik wurde innerhalb der Laktationsnummer durch die Kovariablen in Abhängigkeit vom Laktationstag modelliert (ALI und SCHAEFFER, 1987). Die rechentechnische Bearbeitung erfolgte mit der SAS-Prozedur MIXED bei Nutzung der Methode REML für die Varianzkomponentenschätzung und der Freiheitsgradapproximation nach KENWARD und ROGER (1997). Bei unbalancierten Daten in gemischten Modellen haben sich diese Methoden als vorteilhaft erwiesen (SPILKE und TUCHSCHERER, 2001).

Um die natürliche Dynamik auch bei den weiteren untersuchten Merkmalen zu beachten, wurden durch Modifikationen der Kovariablen ($x_1 = LT, x_2 = \sqrt{LT}$) die Merkmale T-, Energie-, nXP- und XP-Aufnahme ebenfalls mit Modell (1) bearbeitet.

Die Parameter Milchwahstoffgehalt und die Gehalte an Fett und Eiweiß unterlagen im Versuch keiner typischen Dynamik. Wegen des konstanten Verlaufes der betrachteten Parameter und des Fehlens einer Dynamik in Abhängigkeit vom Laktationstag wurden diese Merkmale ohne Kovariable ansonsten jedoch mit dem gleichen Modell (1) betrachtet.

Zur merkmalspezifischen Festlegung der einzubeziehenden Kovariablen wurde das Akaike-Kriterium (AIC) bei gleichzeitiger Nutzung der ML-Methode zur Varianzkomponentenschätzung in SAS genutzt.

Als Entscheidungskriterium für signifikante Unterschiede zwischen den Rationen im jeweils betrachteten Merkmal wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% zugrunde gelegt.

2.2 Verdaulichkeitsbestimmung mit Hammeln

Die standardisierten Verdaulichkeitsbestimmungen nach Vorgaben des AFBN (1991) wurden im Nutztierwissenschaftlichen Zentrum der Martin-Luther-Universität in Merbitz in 2 Durchgängen durchgeführt. Dazu standen 16 Hammel der Rasse Rauhwolliges Pommersches Landschaf zur Verfügung, die für die Dauer des Versuches in Einzelkäfigen mit einer Grundfläche von ca. 1,5 x 1,0 m gehalten wurden.

Die zu prüfenden Futtermittel (3 TMR aus dem Fütterungsversuch und die 3 Proteinträger SES, RES, und TBL) wurden jeweils vor dem Versuchsdurchgang in Höhe der benötigten Tagesration eingewogen und im Fall der TMR bei -18°C, im Fall der Proteinträger bei Zimmertemperatur gelagert. Bei der Einwaage erfolgte die Entnahme repräsentativer Proben zur Analyse.

Im ersten Versuchsdurchgang erfolgte die Prüfung der 3 im Fütterungsversuch verwendeten TMR an jeweils 4 Hammeln, wobei jeweils die Hälfte der täglichen Futtermenge (2000 g Frischsubstanz) gegen 7.00 und 14.00 Uhr verfüttert wurde.

Der zweite Versuchsdurchgang bezog sich auf die Prüfung der Proteinträger und war als Differenzversuch in Verbindung mit Heu angelegt. Dazu bekamen jeweils 4 Tiere 450 g Wiesenheu mittlerer Qualität und 450 g von einem der drei Proteinträger auf 2 gleichgroße Rationen am Tag verteilt vorgelegt. 4 zusätzliche Tiere erhielten nur Wiesenheu (2 mal 450 g pro Tag). Trinkwasser stand ohne Einschränkung zur Verfügung.

Die Phase zur Anpassung an die zu prüfende Ration betrug jeweils 21 Tage. Daran schloss sich direkt eine 7-tägige Sammelperiode an, in der die täglich ausgeschiedene Kotmenge tierindividuell mittels Kotsammelbeutel erfasst wurde. 10% der täglichen Kotmenge wurden für eine Sammelprobe pro Tier entnommen und bei -18°C bis zur

Aufbereitung (Trocknung bei 65°C über 24 h, Vermahlung auf 1 mm Siebdurchgang) und Analyse gelagert.

Die Analyse der Weender Rohnährstoffe und der Detergenzienfasern nach VAN SOEST (1963) in den Futter- und Kotproben wurde im institutseigenen Labor nach den Vorschriften des VDLUFA (NAUMANN und BASSLER, 1976) durchgeführt.

Die Berechnung der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und Detergenzienfasern erfolgte anhand der Differenz zwischen Aufnahme mit dem Futter und Ausscheidung mit dem Kot in Relation zur Aufnahme. Bei der Differenzrechnung wurde die Ausscheidung, die bei alleiniger Fütterung des Heus gemessen wurde, anteilmäßig berücksichtigt. Diese Differenzrechnung wurde nur mit den Mittelwerten und nicht mit Einzeltierdaten vorgenommen. Aus den verdaulichen Rohnährstoffen erfolgte die Berechnung der Umsetzbaren Energie (GFE, 1995) und der Nettoenergie Laktation (VAN ES, 1978).

2.3 *In vitro*-Untersuchungen

2.3.1 Rumen simulation technique (Rusitec, Pansensimulation)

Zum Vergleich des ruminalen Abbaus der Rohnährstoffe und zur Bestimmung der mikrobiellen Syntheseleistung wurde ein semi-kontinuierliches Pansensimulations-System genutzt (CZERKAWSKI und BRECKENRIDGE, 1977). Es standen 6 Fermenter mit einem Fassungsvermögen von jeweils 800 mL zur Verfügung, die sich in einem auf 39°C temperierten Wasserbad befanden. Die perforierten Innenbehälter, in denen die Futterbeutel platziert wurden, waren über ein Gestänge mit einem Elektromotor verbunden. Mit einer Frequenz von 10-12 Hüben pro Minute konnte Pansenmotorik simuliert werden. Die Details der Vorgehensweise bei der Bestimmung der Effizienz der MP-Synthese sind bei BOGUHN et al. (2006) beschrieben.

Die Futterbeutel mit einer Porengröße von 100 µm enthielten jeweils 15 g der luft-trockenen, auf 1 mm Siebdurchgang vermahlenden Substanz der 3 im Fütterungsversuch verwendeten TMR. Es wurden zeitgleich jeweils zwei Futterbeutel pro Fermenter inkubiert, wobei täglich ein Futterbeutel durch einen neuen ersetzt wurde. Jeder Futterbeutel verblieb somit 48 h im System. Die entnommenen Futterbeutel wurden jeweils in 2 x 40 mL der verwendeten Pufferlösung gespült, bei 65°C innerhalb von 24 h getrocknet und nach dem Abkühlen zurück gewogen. Die Spülflüssigkeit wurde in den jeweiligen Fermenter zurückgegeben.

Die Zuführung der Pufferlösung (MCDUGALL, 1948) erfolgte kontinuierlich mit einer Dosierpumpe in einem Volumen von ~600 mL pro Fermenter und Tag. Zur Markierung des Pools von Ammonium-N wurde der Pufferlösung mit ¹⁵N angereichertes Ammoniumchlorid in einer Dosierung von 0,7 mmol NH₄⁺/L zugesetzt.

Der anfallende Überlauf aus den Fermentern wurde in Glasgefäßen aufgefangen, die in einem eiskaltem Wasserbad standen, um die mikrobielle Aktivität zu unterbinden. 320 mL des Überlaufes wurden nach den Vorgaben von BRANDT und ROHR (1981) zentrifugiert, um die so genannten Referenzmikroben zu gewinnen. Nach einer zweimaligen Vorzentrifugation bei 2000 g für 5 min bei 4°C zur Abtrennung von feinen Futterpartikeln und Protozoen folgte die Hauptzentrifugation bei 27000 g für 15 min bei 4°C. Dieser Zentrifugationsschritt wurde insgesamt dreimal vorgenommen, der Überstand verworfen und das entstehende Mikrobenpellet mit NaCl-Lösung (0,9%) gespült. Nach der letzten Hauptzentrifugation wurden die Mikrobenpellets bei -18°C bis zur Gefriertrocknung und Vermahlung gelagert.

In den zwei durchgeführten Teilversuchen wurden jeweils 2 Fermenter pro TMR geprüft, so dass insgesamt 4 Wiederholungen pro TMR zur Auswertung kamen. Einer 7-tägigen Anpassungsphase folgte jeweils eine 8-tägige Sammelperiode. Die Proben des Futterrestes, des Überlaufes nach der ersten Hauptzentrifugation und der Referenzmikroben wurden von Tag 7 bis 15 gesammelt und pro Fermenter gepoolt analysiert. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die durchgeführten Analysen.

Tabelle 2: Übersicht der Analysen in den gesammelten Proben aus dem Rusitec

Probe	Analysen
Futter	Weender Roh Nährstoffe, Detergenzienfasern, ¹⁵ N
Futterrest	Weender Roh Nährstoffe, Detergenzienfasern, ¹⁵ N
Referenzmikroben	N, ¹⁵ N, Aminosäuren
Überlauf	N, ¹⁵ N
NH ₄ Cl	¹⁵ N

Die Analyse der Weender Roh Nährstoffe und der Detergenzienfasern folgte den Methoden des VDLUFA (NAUMANN und BASSLER, 1976). Die N-Konzentrationen in den Referenzmikroben und die ¹⁵N-Gehalte wurden mit einem Elementaranalysator (vario EL, Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau) bestimmt, der mit einem Emissionsspektrometer (NOI 7, Fischer Analysen Instrumente GmbH, Leipzig) gekoppelt war. Die Bestimmung der Aminosäuregehalte in den Referenzmikroben erfolgte nach Oxidation und saurer Hydrolyse mittels Ninhydrin an einem Aminosäureanalysator gemäß der für Futtermittel etablierten und mit den laborspezifischen Details bei TIMMLER und RODEHUTSCORD (2003) beschriebenen Methode. Mit dieser Methode können die Aminosäuren Tryptophan, Tyrosin und Histidin nicht bestimmt werden (MASON et al., 1980).

Der Abbau der Rohnährstoffe wurde aus der Differenz zwischen der täglich mit dem Futter zugeführten Nährstoffmenge und der mit dem Futterrest entnommenen Nährstoffmenge in Relation zur zugeführten Nährstoffmenge pro Fermenter berechnet. Die am Futterrest anhaftenden Mikroben blieben in diesem Fall unberücksichtigt. Die mikrobielle Proteinsynthese wurde kalkuliert nach:

$$MP = \frac{{}^{15}\text{N}_{\text{in}} - {}^{15}\text{N}_{\text{out}}}{{}^{15}\text{N}_{\text{Plateau}}} \cdot 6,25 \quad (2)$$

mit

MP (in g/Tag): Menge an mikrobiellem Rohprotein

${}^{15}\text{N}_{\text{in}}$ (in $\mu\text{g}/\text{Tag}$): ${}^{15}\text{N}$ - Eintrag mit der Pufferlösung

${}^{15}\text{N}_{\text{out}}$ (in $\mu\text{g}/\text{Tag}$): ${}^{15}\text{N}$ - Austrag mit dem Futterrest und dem Überlauf (ohne Referenzmikroben)

${}^{15}\text{N}_{\text{Plateau}}$ (in $\mu\text{g } {}^{15}\text{N}/\text{mg N}$): mittlere ${}^{15}\text{N}$ -Anreicherung in den Referenzmikroben gewonnen an den Tagen 7 -15 nach Infusionsbeginn

6,25: Umrechnungsfaktor von N zu XP.

Die Darstellung der Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese erfolgte als g MP je kg abgebaute OS und alternativ je MJ ME (berechnet aus den mit Hammeln bestimmten verdaulichen Rohnährstoffen). Dabei wurde die analysierte OS in den Futterresten um den Anteil der anhaftenden Mikroben wie folgt korrigiert:

$$N_{\text{SAM}} = \frac{{}^{15}\text{N}_{\text{FR}} \cdot N_{\text{FR}}}{{}^{15}\text{N}_{\text{SAM}}} \quad (3)$$

mit

N_{SAM} (g/Tag): N - Menge der an den Futterresten anhaftenden Mikroben

${}^{15}\text{N}_{\text{FR}}$ (%): ${}^{15}\text{N}$ - Anreicherung der Futterreste

N_{FR} (g/Tag): N - Menge in den Futterresten

${}^{15}\text{N}_{\text{SAM}}$ (%): ${}^{15}\text{N}$ des Gesamt-N der an den Futterresten anhaftenden Mikroben,

$$OS_{\text{SAM}} = \frac{N_{\text{SAM}}}{N} \cdot (100 - 12) \cdot 0,93 \quad (4)$$

mit

OS_{SAM} (g/Tag): organische Substanz der an den Futterresten anhaftenden Mikroben

N_{SAM} (g/Tag): N - Menge der an den Futterresten anhaftenden Mikroben (nach Gleichung 3)

N (%): N - Gehalt der an den Futterresten anhaftenden Mikroben

12%: analysierter Aschegehalt der an den Futterresten anhaftenden Mikroben

0,93: relativer, analysierter Trockensubstanzgehalt der an den Futterresten anhaftenden Mikroben.

Die Gewinnung der an den Futterresten anhaftenden Mikroben erfolgte am letzten Tag der Inkubation nach der Methode von RANILLA und CARRO (2003) in Anlehnung an die Arbeiten von MINATO und SUTO (1978). Dazu wurden am Tag 15 die zwei Futterbeutel pro Fermenter entnommen und in jeweils 240 mL einer Methylcelluloselösung (1 g Methylcellulose + 9 g NaCl/l destilliertes Wasser) bei 39°C für 30 min inkubiert. Nach der Zugabe von 500 mL der auf 4°C gekühlten Methylcelluloselösung wurden die Suspensionen mindestens weitere 6 h im Kühlschrank gelagert, bis die weitere Aufbereitung und Gewinnung der Mikroben analog der beschriebenen Methode bei den Referenzmikroben erfolgte.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Softwarepaket SAS für Windows 9.1 unter Verwendung der Prozedur *glm*. Signifikante Unterschiede wurden im Mittelwertsvergleich mittels t-Test ab einem $P \leq 0,05$ erkannt.

2.3.2 Gasbildung mittels HFT-Anlage

Die Methode zur Bestimmung der Gasbildung durch Inkubation des zu untersuchenden Futters mit einem Gemisch aus nativem Pansenfistula und einer Pufferlösung ist als Hohenheimer Futterwerttest bekannt (MENKE et al., 1979). In einem Versuchsdurchgang wurden die drei im Fütterungsversuch verwendeten TMR und die drei Proteinträger untersucht. Dazu wurden jeweils ~200 mg der lufttrockenen, auf 1 mm Siebdurchgang vermahlene Substanz in die Kolbenprober eingewogen und mit 30 mL der Inkubationslösung (Pufferlösung und nativer Pansenfistula im Verhältnis 1:1) versetzt (VDLUFU-Methode 25.1, NAUMANN und BASSLER, 1976). Pro Futtermittel wurden 8 Kolbenprober bestückt. Der Pansenfistula war zuvor von 4 pansenfistulierten Hammeln vor der Morgenfütterung gewonnen worden. Die Versuchsdauer betrug 104 h, wobei nach 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 28, 32, 40, 48, 56, 68, 80, 92 und 104 h die Gasbildung erfasst wurde. Die Korrektur der Werte der Gasbildung erfolgte anhand von drei Blindproben unter Berücksichtigung von jeweils drei Proben mit den Standards für Heu und Konzentratfutter. Die mittleren Korrekturfaktoren lagen bei 0,9 für Heu und 1,0 für das Konzentratfutter.

Die graphische Darstellung der kumulativen Gasbildung erfolgte mit der Software GraphPad Prism 4 für Windows unter Nutzung folgender modifizierter Gompertz-Funktion (BEUVINK und KOGUT, 1993):

$$y = b * \exp \left\{ \frac{0_r}{D_r} * \exp(-D_r * t) - \frac{0_s}{D_s} * \exp(-D_s * t) \right\} \quad (5)$$

b = Gasbildungspotenzial

0_r = Gasbildungsrate für schnell fermentierbares Substrat je h^{-1}

D_r = Zerfallskonstante für schnell fermentierbares Substrat

0_s = Gasbildungsrate für langsam fermentierbares Substrat je h^{-1}

D_s = Zerfallskonstante für langsam fermentierbares Substrat

t = Zeit nach Beginn der Inkubation (h).

Dieser sigmoidale Verlauf kann in 3 Phasen unterteilt werden: 1) die Startphase, in der noch keine bzw. nur eine sehr geringe Gasbildung zu erkennen ist (Verzögerungszeit), 2) die exponentielle Phase mit einer ansteigenden Gasbildungsrate bis zum Maximum (Wendepunkt der Funktion) und 3) der asymptotischen Phase, in der die Gasbildungsrate abfällt bis zum Erreichen eines Plateaus (SCHOFIELD, 2000). Neben der hier relevanten Bestimmung der maximalen Gasbildung (b , Plateau) der eingesetzten Futtermittel ist dieses Modell ebenfalls für die Schätzung der schnell und langsam fermentierbaren Bestandteile zum Zeitpunkt t geeignet.

Mit der ersten Ableitung der Funktion kann die maximale Gasbildungsrate am Wendepunkt der Funktion berechnet werden. Notwendige Bedingung ist, dass die zweite Ableitung null ist. Die Verzögerungszeit der Gasbildung ist definiert als der Zeitpunkt, zu dem die am Wendepunkt anliegende Tangente in ihrer Verlängerung die Abszisse schneidet. Die Schätzung der Parameter erfolgte mit dem Softwarepaket SAS für Windows 9.1 unter Verwendung des Makros Nlinmix (LITTELL et al., 1996). Die Lösung basiert auf einer Linearisierung der nichtlinearen Funktion und Erzeugung von Lösungen in der SAS-Prozedur Mixed und darauf folgender Bewertung der Konvergenz der gefundenen Lösungen in der SAS-Prozedur NLIN. Nach iterativer Ermittlung der maximalen Gasbildungsrate zum Zeitpunkt t mit der 1. und 2. Ableitung der Funktion in einem Excel Tabellenblatt und der jeweiligen Gasbildung y für diesen Punkt wurde mit $y = m * t + n$ der Schnittpunkt mit der Ordinate n berechnet. Der Schnittpunkt der Abszisse bei $y = 0$ wurde kalkuliert durch Nullsetzung der Geradengleichung und Einsetzen des Steigungswertes (m) und des Schnittpunktes der Ordinate (n) in dieselbige.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Verdaulichkeiten und Energiekonzentrationen

Die Rohnährstoffgehalte der geprüften Proteinträger lagen in einem Bereich, wie er in den Futterwerttabellen ausgewiesen wird (Tabelle 3; DLG, 1997). Für die Extraktionsschrote wurde ein geringfügig höherer Rohfasergehalt analysiert. Die Verdaulichkeit der OS für RES lag bei 76%, wogegen SES und TBL zu 90 bzw. 93% verdaulich waren. Noch deutlicher treten die Unterschiede bei den Faserfraktionen zu Tage. So waren die Rohfaser und die NDF mit 43 bzw. 60% aus RES erheblich geringer verdaulich als bei den beiden anderen Proteinträgern.

Tabelle 3: Gehalte an Rohnährstoffen, Detergenzienfasern und Nährstoffverdaulichkeit der Proteinträger (n = 4, Mittelwerte)

Parameter	Futtermittel		
	SES	RES ¹	TBL
Rohnährstoffgehalt, g/kg T			
Organische Substanz	927	919	960
Rohprotein	454	384	363
Rohfett	16	27	45
Rohfaser	94	174	160
NDF	195	320	262
ADF	135	227	211
Verdaulichkeit, %			
Organische Substanz	90	76	93
Rohfett	75	93	86
Rohfaser	81	43	90
NDF	93	60	97
ADF	88	26	93
ME, MJ/kg T	13,5	11,6	14,4
NEL, MJ/kg T	8,4	7,0	9,1
UDP, % XP ²	31	58	37
nXP, g/kg T ³	272	314	268
RNB, g/kg T ⁴	29	11	15

¹ n = 3

² chemische Rohproteinfraktionierung nach SHANNAK et al. (2000) bei einer Passagerate von 8 % je Stunde

³ nXP = [187,7 - (115,4 - (UDP/XP))] - DOS + 1,03 - UDP nach GFE (2001)

⁴ RNB = (XP-Gehalt - nXP-Gehalt) / 6,25 nach GFE (1997)

Die berechneten Energiekonzentrationen lagen für SES, RES und TBL bei 13,5, 11,6 und 14,4 MJ ME/kg T. Diese Werte sind mit Tabellenwerten vergleichbar (DLG, 1997).

NIBBE et al. (2001) untersuchten SES und RES verschiedener Herkünfte und ermittelten Energiegehalte von 13,7 bis 14,1 MJ ME/kg T und 11,8 bis 12,2 MJ ME/kg T. Beide hier geprüften Extraktionsschrote lagen im unteren Bereich dieser Spannen. In diesem Zusammenhang verweisen SPIEKERS et al. (2000) auf den häufig zu hoch bewerteten Energiegehalt von RES heutiger 00-Sorten.

Die chemische Rohproteinfraktionierung der Proteinträger (n=3) ergab für den UDP-Anteil am Rohprotein sehr unterschiedliche Ergebnisse. Während für das RES ein mittlerer Wert des UDP von 58% (56-58%) ermittelt wurde, schwankten die Anteile beim SES (27-37%) und bei TBL (31-41%) um bis zu 10 Prozentpunkte zwischen den einzelnen beprobten Chargen. Im Mittel resultierten für SES 31 und für TBL 37% UDP am Rohprotein. Der vom Hersteller der TBL deklarierte UDP-Anteil von 46% konnte nicht bestätigt werden.

Tabelle 4: Gehalte an Rohnährstoffen, Detergenzienfasern und Nährstoffverdaulichkeit der TMR (n = 4, Mittelwerte und Standardabweichungen)

Parameter	RES+SES		TMR		TBL ¹	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Rohnährstoffgehalt, g/ kg T						
Organische Substanz	932		934		938	
Rohprotein	200		167		160	
Rohfett	35		45		48	
Rohfaser	157		193		191	
NDF	338		374		386	
ADF	178		201		197	
Verdaulichkeit, %						
Organische Substanz	80	0,4	80	0,6	79	1,0
Rohfett	64 ^a	2,5	70 ^b	2,0	76 ^c	1,8
Rohfaser	65 ^a	2,9	72 ^b	2,6	71 ^b	3,2
NDF	66 ^a	1,0	69 ^b	1,6	67 ^{ab}	1,8
ADF	62 ^a	1,5	65 ^{ab}	2,8	66 ^b	2,7
ME, MJ/kg T	11,7	0,06	11,7	0,06	11,7	0,10
NEL, MJ/kg T	7,2	0,05	7,2	0,05	7,2	0,10

¹ n=3

^{a,b,c} kennzeichnen signifikante Unterschiede (p<0,05)

Die drei TMR unterschieden sich nicht hinsichtlich der Verdaulichkeit der Nährstoffe und der berechneten Energiekonzentrationen (Tabelle 4). Die Verdaulichkeit der OS lag bei etwa 80%. Die TMR mit TBL wies mit 76% eine um 6 Prozentpunkte höhere Fettverdaulichkeit auf. Die Verdaulichkeiten der Rohfaser (65%) und der ADF (62%) der TMR RES+SES waren um etwa 5 Prozentpunkte niedriger als bei den anderen beiden TMR. Insgesamt lagen die Verdaulichkeiten der Rationen auf einem hohen Niveau, was sich auch in der berechneten Energiekonzentration von 11,7 MJ ME/kg T widerspiegelt. Der kalkulierte Gehalt von mindestens 7,2 NEL/kg T konnte für alle TMR bestätigt werden.

3.2 Fütterungsversuch

Kennzeichnend für den Fütterungsversuch war das hohe Leistungsniveau. In beiden Versuchsabschnitten wurden tägliche Milchleistungen von mindestens 35 kg erzielt (Tabelle 5).

Es wurde festgestellt, dass die Tiere, die TBL erhielten, in beiden Versuchsabschnitten die niedrigste Futterraufnahme aufwiesen. Diese war jeweils signifikant niedriger mit 21,2 (1. Abschnitt) und 21,9 kg/Tag (2. Abschnitt) im Vergleich zu den Gruppen mit TBL+RES und RES+SES mit 22,9 und 22,2 kg/Tag (1. Abschnitt) sowie mit 23,5 und 24,7 kg/Tag (2. Abschnitt). Die geringere Futterraufnahme in dieser Gruppe ging einher mit einer niedrigeren Milchleistung. Auf Basis der energiekorrigierten Milch wurde im 1. Abschnitt eine tägliche Menge von 35,3 kg ermittelt, die sich signifikant unterschied zur erzielten Leistung der anderen Gruppen (TBL+RES: 38,1 kg/Tag; RES+SES: 38,0 kg/Tag).

Mit dem Wechsel der TMR zwischen den Gruppen war beim Wechsel von TBL zu TBL+RES ein deutlicher Anstieg in der Futterraufnahme zu verzeichnen. Im Mittel nahmen die Tiere während des zweiten Abschnittes 1,3 kg T/Tag mehr auf. Die höchste Futterraufnahme im gesamten Versuchszeitraum mit 24,7 kg/Tag erzielte die Gruppe mit der Kombination aus RES+SES. Der Wechsel von RES+SES zu TBL erbrachte demgegenüber einen Abfall in der Futterraufnahme von 22,2 auf 21,9 kg/Tag.

RES+SES bewirkte im 2. Abschnitt die signifikant höchste Milchleistung mit 37,6 kg/Tag (EKM). Die Leistung zwischen den Gruppen mit TBL und TBL+RES waren mit je 36,1 kg/Tag vergleichbar hoch.

Die Unterschiede zwischen den Behandlungen waren in den beiden Abschnitten nicht völlig identisch, was allerdings vor dem Hintergrund der kurzen Dauer bewertet werden muss. Die Daten lassen aber die Schlussfolgerung zu, dass auch bei hoher Milchleistung ein vollständiger Verzicht auf SES möglich ist, wenn behandelte

Tabelle 5: Futteraufnahme und Leistungskennzahlen im Fütterungsversuch (LSMeans und Standardfehler)

Versuchsgruppe Parameter/Ration	Abschnitt 1						Abschnitt 2					
	1	2	3	3	3	3	1	1	1	1	2	
	TBL	TBL+RES	RES+SES	TBL	TBL+RES	RES+SES	TBL	TBL+RES	RES+SES	TBL	TBL+RES	RES+SES
Aufnahme												
Trockensubstanz, kg/Tag	21,2 ^a	22,9 ^b	22,2 ^b	21,9 ^a	22,9 ^b	22,2 ^b	21,9 ^a	23,5 ^b	24,7 ^c	23,5 ^b	23,5 ^b	24,7 ^c
NEL, MJ/Tag	158 ^a	167 ^b	162 ^a	163 ^a	167 ^b	162 ^a	163 ^a	172 ^b	178 ^c	172 ^b	172 ^b	178 ^c
XP, g/Tag	3553 ^a	3913 ^b	4019 ^b	3634 ^a	3913 ^b	4019 ^b	3634 ^a	3946 ^b	4374 ^c	3946 ^b	3946 ^b	4374 ^c
nXP, g/Tag	3504 ^a	3889 ^b	3769 ^b	3654 ^a	3889 ^b	3769 ^b	3654 ^a	4014 ^b	4224 ^c	4014 ^b	4014 ^b	4224 ^c
Milchmenge, kg/Tag	37,0 ^a	39,7 ^b	38,4 ^c	35,0 ^a	39,7 ^b	38,4 ^c	35,0 ^a	36,5 ^b	37,8 ^b	36,5 ^b	36,5 ^b	37,8 ^b
EKM, kg/Tag ²	35,3 ^a	38,1 ^b	38,0 ^b	36,1 ^a	38,1 ^b	38,0 ^b	36,1 ^a	36,1 ^a	37,6 ^b	36,1 ^a	36,1 ^a	37,6 ^b
Eiweißgehalt, %	3,04 ^a	3,09 ^a	3,19 ^b	3,29 ^a	3,09 ^a	3,19 ^b	3,29 ^a	3,34 ^{ab}	3,39 ^b	3,34 ^{ab}	3,34 ^{ab}	3,39 ^b
Fettgehalt, %	3,70 ^a	3,71 ^a	3,89 ^b	4,10 ^a	3,71 ^a	3,89 ^b	4,10 ^a	3,78 ^b	3,78 ^b	3,78 ^b	3,78 ^b	3,78 ^b
Harnstoffgehalt, mg/l Milch	300	299	305	312	299	305	312	304	311	304	304	311

^{a,b,c} kennzeichnen signifikante Unterschiede $p < (0,05)$ innerhalb eines Abschnittes

¹ $nXP = [187,7 - (115,4 \cdot (UDP/XP))] \cdot DOS + 1,03 \cdot UDP$ nach GFE (2001)

² energiekorrigierte Milch, berechnet nach: natürliche Milch $\cdot (1,05 + Fett (\%) \cdot 0,38 + Eiweiß (\%) \cdot 0,21) / 3,28$ (DLG, 2000)

Lupinen in Kombination mit RES als Proteinträger eingesetzt werden. Sehr hohe Lupinengaben bei Verzicht auch auf RES können derzeit allerdings nicht empfohlen werden. Eine erschöpfende Erklärung für die geringere Aufnahme der TMR TBL kann nicht gegeben werden. Allerdings ist zu bedenken, dass die tägliche Aufnahme an TBL etwa 4 kg betrug und somit sehr hoch war.

BAYOURTHE et al. (1998) diskutieren den Restgehalt an Alkaloiden als mögliche Ursache für die mindernde Wirkung auf den Verzehr. Eine Analyse der in der eigenen Untersuchung verfütterten TBL-Charge ergab einen geringen Alkaloidgehalt von 0,02%. Dieser Wert liegt unter dem geforderten Mindestgehalt von 0,05%, wobei dieser in erster Linie als Obergrenze für Süßlupinen angesehen wird, wenn diese beim Monogastrier eingesetzt werden sollen (UFOP, 2004).

ROBINSON und MCNIVEN (1993) stellten gleichfalls eine verringerte Futteraufnahme bei Einsatz von getoasteten Lupinen fest. Die Autoren verweisen auf eine mögliche Geschmacksbeeinträchtigung thermisch behandelter Lupine.

3.3 *in vitro*-Untersuchungen

3.3.1 Rusitec

Die Untersuchungen mit der Pansensimulationstechnik zeigten, dass der Abbau der OS für die drei untersuchten TMR bei etwa 35% lag (Tabelle 6). Betrachtet man jedoch die einzelnen Rohnährstoffe, dann ergeben sich für die TMR TBL+RES und TBL signifikant höhere Werte für den Abbau des XL, der XF sowie der NDF. Der Abbau des XP lag mit etwa 36% für die TMR RES+SES um 8 bzw. 14%-Punkte signifikant höher als bei den TMR TBL+RES und TBL. Diese Rangierung steht in Übereinstimmung mit den ermittelten Verdaulichkeiten für die einzelnen Rohnährstoffe (siehe Tabelle 4).

Tabelle 6: Abbau (%) der Rohnährstoffe und Detergenzienfasern der TMR nach 48 h Inkubation im Rusitec (Tage 7 - 15, n = 4, Mittelwerte und Standardabweichungen)

Parameter	TMR					
	RES+SES		TBL+RES		TBL	
Organische Substanz	34,8	0,67	35,3	2,10	34,9	1,21
Rohprotein	35,8 ^a	1,71	28,3 ^b	2,67	21,8 ^c	2,31
Rohfett	0,0 ^a		4,5 ^b	3,51	8,0 ^b	1,88
Rohfaser	3,3 ^a	3,33	15,2 ^b	4,94	18,8 ^b	5,09
NDF	15,2 ^a	1,18	20,0 ^b	1,64	20,2 ^b	1,68
ADF	1,9	2,63	5,7	2,38	4,9	3,58

^{a,b,c} kennzeichnen signifikante Unterschiede (p<0,05)

Der Abbau des Rohproteins von Lupinen im Pansen wurde anhand von *in situ*-Untersuchungen mit 42 bis 95% beziffert (ORSKOV und McDONALD, 1979). Obwohl dieses Verfahren unter Verwendung von Nylonbeuteln und Inkubation im Pansen nicht mit der hier genutzten *in vitro*-Methode vergleichbar ist, deutet der hier ermittelte, vergleichsweise niedrige Abbau des Rohproteins in der TMR TBL von ~22% darauf hin, dass die erfolgte thermische Behandlung zielgemäß zu einer Erhöhung des UDP-Anteils geführt hat. Der Vergleich von unbehandelter und behandelter Lupinensaat hatte *in situ* gezeigt, dass die ruminale Abbaubarkeit des Lupinen-Rohproteins durch thermische Behandlung um mehr als 20%-Punkte sinken kann (AUFRÈRE et al., 2001, BENCHAAR et al., 1994, RÉMOND et al., 2003, RODEHUTSCORD et al., 1999). Laut DIXON und HOSKING (1992) liegt der ruminale Rohproteinabbau für unbehandelte Lupinensaat bei mehr als 75%. Die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese war für die TMR RES+SES signifikant besser im Vergleich zu den beiden anderen TMR (Tabelle 7). So wurden *in vitro* etwa 195 g MP je kg abgebaute OS gebildet. Dies entspricht etwa 10 g MP je MJ ME, und damit der Annahme im gegenwärtigen nXP-System. Für die Rationen TBL+RES und TBL wurden nur etwa 8 g MP je MJ ME ermittelt. Es ist nicht auszuschließen, dass die thermische Behandlung der Lupine die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese im Pansen vermindert (RÉMOND et al., 2003).

Tabelle 7: Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese *in vitro* für die drei TMR (n=4, Mittelwerte und Standardabweichungen)

Parameter	TMR		
	RES+SES	TBL+RES	TBL
MP/OS _{abg.} ¹ , g/kg	195 ^a 10,0	162 ^{ab} 19,9	153 ^b 30,5
MP/ME ² , g/MJ	10,1 ^a 0,52	8,3 ^b 0,76	7,9 ^b 1,44

^{a,b} kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

¹ mikrobielles Rohprotein je Einheit abgebaute organische Substanz

² mikrobielles Rohprotein je Einheit Umsetzbarer Energie (basierend auf den mit Hammeln bestimmten verdaulichen Rohnährstoffen)

Die höhere Menge an MP bei der Zugabe von RES zur Lupine könnte zu einer verbesserten Aminosäurenversorgung geführt haben. Dies könnte eine mögliche Erklärung für die Zunahme in der Futteraufnahme sein, die bei der Versuchsgruppe festzustellen war, die nach der alleinigen TBL-Fütterung zusätzlich RES erhielten (Abschnitt 3.2). Es ist zu vermuten, dass insbesondere die Versorgung mit

Methionin, einer der potenziell limitierenden Aminosäuren, wegen des hohen Gehaltes im Rapsprotein besser war.

Es konnten keine wesentlichen Unterschiede im Aminosäurenmuster der Referenzmikroben zwischen den TMR ermittelt werden (Tabelle 8). Lediglich die Konzentrationen von Cystin und Isoleucin waren im Protein der Referenzmikroben aus der TMR RES+SES höher im Vergleich zu den anderen TMR. Der Austausch einzelner Futtermittel innerhalb einer TMR hatte auch in der Untersuchung von KORHONEN et al. (2002) keinen Einfluss auf das Aminosäurenmuster der isolierten Mikrobenfraktionen. Andere *in vitro*-Untersuchungen hatten jedoch deutliche Effekte der Rationszusammensetzung, insbesondere bei der Variation des eingesetzten Proteinträgers, auf die Mikrobenpopulation und als Konsequenz auf das Aminosäurenmuster des mikrobiellen Proteins nachgewiesen (CALSAMIGLIA et al., 1995).

Tabelle 8: Aminosäurenkonzentrationen im Protein der Referenzmikroben (g/16 g N) aus der *in vitro*-Inkubation der drei untersuchten TMR (Tage 7-15, n = 4, Mittelwerte und Standardabweichungen)

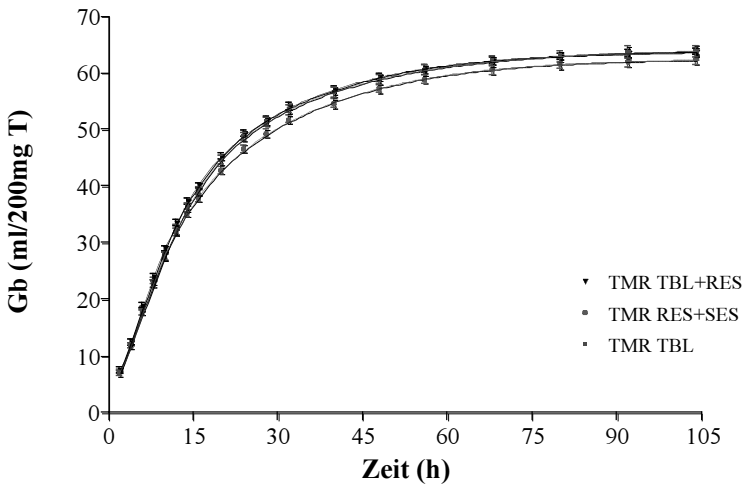
Parameter	TMR					
	RES+SES		TBL+RES		TBL	
Alanin	7,22	0,26	7,19	0,29	7,18	0,11
Arginin	4,25	0,23	4,32	0,21	4,27	0,08
Asparaginsäure	11,0	0,32	10,8	0,28	10,8	0,23
Cystin	1,28 ^a	0,02	1,17 ^b	0,05	1,20 ^{ab}	0,08
Glutaminsäure	11,9	0,18	11,7	0,37	11,6	0,35
Glycin	4,94	0,35	4,75	0,30	4,77	0,17
Isoleucin	5,10 ^a	0,11	4,88 ^b	0,10	4,93 ^{ab}	0,15
Leucin	7,17	0,12	7,08	0,09	7,02	0,15
Lysin	6,98	0,10	7,15	0,19	7,11	0,38
Methionin	2,73	0,07	2,66	0,11	2,67	0,05
Phenylalanin	4,49	0,06	4,38	0,05	4,45	0,18
Prolin	3,40	0,35	3,19	0,20	3,23	0,22
Serin	3,57	0,11	3,52	0,14	3,50	0,17
Threonin	4,85	0,11	4,80	0,15	4,76	0,15
Valin	5,72	0,05	5,58	0,05	5,58	0,23

^{a,b} kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

3.3.2 Hohenheimer Futterwert Test

Der Faktor Gasbildung aus der *in vitro*-Inkubation eines Futtermittels mit nativem Pansensaft ist neben der Einschätzung der Energiekonzentration (MENKE und

STEINGASS, 1987) ein Maß für die Höhe der mikrobiellen Synthese (KRISHNAMOORTHY et al., 1991). Unterschiede im ausgebildeten Plateau und Differenzen in der Gasbildungsrate kennzeichnen Fermentationseigenschaften von Futtermitteln. Die hier verwendeten TMR wiesen keine Unterschiede in ihrer Energiekonzentration auf, was sich auch im Vergleich der Plateauwerte für die Gasbildung widerspiegelt (Abbildung 1). Das geschätzte Plateau der Gasbildung lag für die drei TMR zwischen 63 und 65 mL/200 mg T. Die maximale Gasbildungsrate bei etwa 2,8 mL/h. Nominale Unterschiede wurden bei den geschätzten Werten des Zeitpunktes ($t_{\text{Wendepunkt}}$) des Auftretens der maximalen Gasbildungsrate deutlich. Die TMR TBL erreichte diesen Punkt 0,7 h später als die TMR RES+SES. Dies könnte auf eine verzögerte Nährstoffverfügbarkeit in der TMR mit Lupine hindeuten.

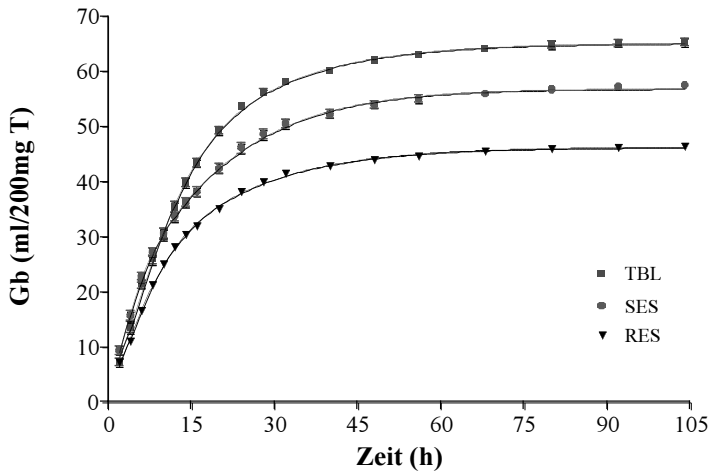


Parameter		RES+SES	TBL+RES ¹	TBL
b	mL	62,7	64,1	64,8
		1,93	1,67	2,22
maximale Gasbildungsrate	mL/h	2,8	2,9	2,8
$t_{\text{Wendepunkt}}$	h	5,0	5,4	5,7

¹ n = 8

Abbildung 1: Kumulative Gasbildung (Mittelwerte und Standardabweichung, n = 7) der drei untersuchten TMR einschließlich der abgeleiteten Parameter laut Gleichung 5 sowie der 1. und 2. Ableitung der Funktion

Die Rangierung der Einzelkomponenten nach den Plateaus der Gasbildung ist analog den berechneten Energiekonzentrationen (Abbildung 2). So wies die TBL mit einem geschätzten Plateau von 64 mL/200 mg T eine um 17 mL höhere Gasbildung im Vergleich zu RES auf. Die maximalen Gasbildungsraten sowie $t_{\text{Wendepunkt}}$ von SES und TBL waren vergleichbar (3,5 mL/h bei ~ 3 h). RES wies dazu mit einer maximalen Gasbildungsrate von 2,5 mL/h nach 4,5 h deutliche Unterschiede auf.



Parameter		SES	RES ¹	TBL
b	mL	56,9	46,5	64,4
		1,90	1,08	1,50
maximale Gasbildungsrate	mL/h	3,5	2,5	3,5
$t_{\text{Wendepunkt}}$	h	2,9	4,5	3,3

¹ n = 6

Abbildung 2: Kumulative Gasbildung (Mittelwerte und Standardabweichung, n = 8) der drei Proteinträger einschließlich der abgeleiteten Parameter laut Gleichung 5 sowie der 1. und 2. Ableitung der Funktion

4. Schlussfolgerungen

Thermisch behandelte Lupinen sind in Kombination mit Rapsextraktionsschrot gut geeignet, Sojaextraktionsschrot in Milchkurrationen zu ersetzen. Hinsichtlich des Aminosäurenmusters im mikrobiellen Protein, der Futteraufnahme und der Milchleistung sind keine Nachteile zu erwarten. Die *in vitro*-Daten geben einen Hinweis darauf, dass bei Einsatz der thermisch behandelten Lupinen die Effizienz der mikrobiellen Proteinsynthese im Pansen vermindert sein kann. Dies könnte die in einem Versuchsabschnitt beobachtete Verminderung des Milcheiweißgehaltes erklären. Bei Einsatz von behandelten Lupinen als alleinigem Hauptproteinträger ist zur Sicherung der nXP-Versorgung eine Aufnahme von bis zu 4 kg Lupinen pro Tag nötig. Bei diesen hohen Mengen traten negative Effekte auf den Verzehr und die Milchleistung der Kühe auf, deren Ursachen noch nicht abschließend geklärt sind. Sie gingen einher mit einer verminderten Effizienz der mikrobiellen Synthese. In weiteren Untersuchungen sollte geklärt werden, welche speziellen Futterwert-eigenschaften der thermisch behandelten Lupine die geringere Futteraufnahme bedingen.

5. Literatur

- AFBN, 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 65, 229-234
- ALI, T. E., L. R. SCHAEFFER, 1987: Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 67, 637-644
- AUFRÈRE, J., D. GRAVIOU, J. P. MELCION, C. DEMARQUILLY, 2001: Degradation in the rumen of lupin (*Lupinus albus* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) seed proteins: Effect of heat treatment. *Animal Feed Science and Technology* 92, 215-236
- BAYOURTHE, C., R. MONCOULON, F. ENJALBERT, 1998: Effect of extruded lupin seeds as a protein source on lactational performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 72, 121-131
- BENCHAAR, C., R. MONCOULON, C. BAYOURTHE, M. VERNAY, 1994: Effects of a supply of raw or extruded white lupin seeds on protein digestion and amino acid absorption in dairy cows. *Journal of Animal Science* 72, 492-501
- BEUVINK, J. M. W., J. KOGUT. 1993: Modeling gas production kinetics of grass silages incubated with buffered ruminal fluid. *Journal of Animal Science* 71, 1041-1046

- BOGUHN, J., H. KLUTH, M. RODEHUTSCORD, 2006: Effect of total mixed ration composition on fermentation and efficiency of ruminal microbial crude protein synthesis in vitro. *Journal of Dairy Science*, angenommen.
- BRANDT, M., K. ROHR, 1981: Beiträge zur Quantifizierung der N-Umsetzungen in den Vormägen von Milchkühen 1. Mitteilung: Bestimmung des Mikrobenstickstoffs im Duodenalchymus mit Hilfe von ^{15}N . *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* 46, 39-48
- CALSAMIGLIA, S., M. D. STERN, J. L. FIRKINS, 1995: Effects of protein source on nitrogen metabolism in continuous culture and intestinal digestion in vitro. *Journal of Animal Science* 73, 1819-1827
- CZERKAWSKI, J. W., G. BRECKENRIDGE, 1977: Design and development of a long-term rumen simulation technique (Rusitec). *British Journal of Nutrition* 38, 371-384
- DIXON, R. M., B. J. HOSKING, 1992: Nutritional value of grain legumes for ruminants. *Nutrition Research Reviews* 5, 19-43
- DLG, 2000: Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Information 1/2000, DLG-Verlag Frankfurt (Main)
- DLG, 1997: DLG - Futterwerttabellen, Wiederkäuer. 7. Auflage, Universität Hohenheim, Dokumentationsstelle, DLG-Verlag Frankfurt/Main
- GFE, 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG -Verlag, Frankfurt (Main)
- GFE, 1997: Zum Proteinbedarf von Milchkühen und Aufzuchttrindern. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 6, 217
- GFE, 1995: Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 4, 121-123
- KENWARD, M.G., J. H. ROGER, 1997: Small sample inference for fixed effects from restricted maximum likelihood. *Biometrics* 53, 983
- KORHONEN, M., S. AHVENJÄRVI, A. VANHATALO, P. HUHTANEN, 2002: Supplementing barley or rapeseed meal to dairy cows fed grass-red clover silage: II. Amino acid profile of microbial fractions. *Journal of Animal Science* 80, 2188-2196
- KRISHNAMOORTHY, U., H. STEINGASS, K. MENKE, 1991: Preliminary observation on the relationship between gas production and microbial protein synthesis in vitro. *Archives of Animal Nutrition* 41, 521-526
- LITTELL, R. C., G. A. MILLIKEN, W. W. STROUP und R. D. WOLFINGER. 1996. SAS system for mixed models No. 2004. SAS Institute Inc., Cary, NC
- MASON, V. C., M. RUDEMO, S. BECH-ANDERSEN, 1980: Hydrolysate preparation for amino acid determinations in feed constituents. 6. The influence of phenol and formic acid on the recovery of amino acids from oxidized feed protein. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* 43, 35-48
- MCDUGALL, E. I., 1948: Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *The Biochemical Journal* 43, 99-109

- MENKE, K. H., H. STEINGASS, 1987: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II. Regressionsgleichungen. Übersichten Tierernährung 15, 59-94
- MENKE, K., L. RAAB, A. SALEWSKI, H. STEINGASS, D. FRITZ, and W. SCHNEIDER, 1979: The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. Journal of Agricultural Science, Cambridge 93, 217-222
- MINATO, H., T. SUTO, 1978: Technique for fractionation of bacteria in rumen microbial ecosystem. II. Attachment of bacteria isolated from bovine rumen to cellulose powder *in vitro* and elution of bacteria attached therefrom. The Journal of General and Applied Microbiology 24, 1-16
- NAUMANN, C., R. BASSLER, 1976: VDLUFA-Methodenbuch, Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln mit Ergänzungen von 1983, 1988, 1993 und 1997. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- NIBBE, D., P. LEBZIEN, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, K.-H. SÜDEKUM, 2001: Vergleich verschiedener *in vitro*- und *in situ*-Verfahren zur Beurteilung des Proteinwertes von Raps- und Sojaextraktionsschrot. VDLUFA-Kongreß Berlin 2001, VDLUFA-Schriftenreihe, 111
- ØRSKOV, E.R., I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science 92, 499-503
- RANILLA, M. J., M. D. CARRO, 2003: Diet and procedures used to detach particle-associated microbes from ruminal digesta influence chemical composition of microbes and estimation of microbial growth in Rusitec fermenters. Journal of Animal Science 81, 537-544
- RÉMOND, D., M. P. LE GUEN, C. PONCET, 2003: Degradation in the rumen and nutritional value of lupin (*Lupinus albus* L.) seed proteins: effect of extrusion. Animal Feed Science and Technology 105, 55-70
- ROBINSON, P. H., M. A. MCNIVEN, 1993: Nutritive value of raw and roasted sweet lupins (*Lupinus albus*) for lactating dairy cows. Animal Feed Science and Technology 43, 275-290
- RODEHUTSCORD, M., P. YOUNG, N. PHILLIPS, C. L. WHITE, 1999: Wool growth in Merino wethers fed lupins untreated or treated with heat or formaldehyde, with and without a supplementation of rumen protected methionine. Animal Feed Science and Technology 82, 213-226
- SCHOFIELD, P. 2000: Gas production methods. in Farm Animal Metabolism and Nutrition. D'Mello, J.P.F., 209-232
- SHANNAK, S., K.-H. SÜDEKUM, A. SUSENBETH, 2000: Estimating ruminal crude protein degradation with *in situ* and chemical fractionation procedures. Animal Feed Science and Technology 85, 195-214
- SPIEKERS, H., M. RODEHUTSCORD, K.-H. SÜDEKUM, 2000: Rapsextraktionsschrot häufig zu hoch bewertet. Kraftfutter 9, 343-347

- SPIKKE, J., A. TUCHSCHERER, 2001: Simulationsuntersuchungen zum Einfluss verschiedener Strategien der Varianzkomponentenschätzung und Hypothesenprüfung auf die statistischen Risiken in gemischten linearen Modellen mit ungleicher Klassenbesetzung. Zeitschrift für Agrarinformatik 4, 66-75
- TIMMLER, R., M. RODEHUTSCORD, 2003: Dose-response relationship for valine in the growing White Peking duck. Poultry Science 82, 1755-1762
- UFOP, 2004: Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Lupinen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformation
- VAN ES, A. J. H., 1978: Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1977 onwards in the Netherlands. Livestock Production Science 5, 331-345
- VAN SOEST, P. F., 1963: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 2. A rapid method for the determination of fibre and lignin. Journal of the Association of Official Agricultural Chemists 46, 829-835
- WINK, M., 1992: Methoden zum Nachweis von Lupinen-Alkaloiden. In: Lupinen 1991 - Forschung, Anbau und Verwertung. Ed. M. Wink, 78-90
- WINK, M., 1987: Quinolizidine alkaloids: biochemistry, metabolism, and function in plants and cell suspension cultures. Planta Medica 53, 509-514