



UFOP-SCHRIFTEN | AGRAR

ABSCHLUSSBERICHT

Einsatz von Blauen Lupinen als hofeigenes Eiweißfuttermittel in der
Milchkuhfütterung

Autoren

Thomas Engelhard, Lorena Helm, Elke Riemann, Gabriele Andert
Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG),
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden (ZTT), Lindenstraße 18, 39606 Iden

Andrea Meyer

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Hans-Böckler-Allee 20, 30173 Hannover

Versuchsbericht:

**Einsatz von Blauen Lupinen
als hofeigenes Eiweißfuttermittel
in der Milchkuhfütterung**



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für
Landwirtschaft und
Gartenbau

Landwirtschaftskammer
Niedersachsen

Projekt gefördert durch UFOP e.V.



FACHINFORMATIONEN

Arbeitsgruppe:

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG)
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden (ZTT)
Lindenstraße 18, 39606 Iden
Thomas Engelhard, Lorena Helm, Elke Riemann, Gabriele Andert
Tel. 039390-6325, e-mail thomas.engelhard@llg.mule.sachsen-anhalt.de

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Hans-Böckler-Allee 20, 30173 Hannover
Andrea Meyer
Tel. 0511-36654479, e-mail Andrea.Meyer@LWK-Niedersachsen.de

Projektpartner:

Universität Hohenheim, Fakultät Agrarwissenschaften, Institut für Nutztierwissenschaften
Emil-Wolff-Straße 6 – 10, 70599 Stuttgart
Dr. Herbert Steingaß

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Theodor-Lieser-Straße 11, 06120 Halle/S.
Dr. Michael Bulang, Ulrika Schulz

Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH
August-Bebel-Str. 6, 09577 Lichtenwalde
Dr. Wolfram Richardt

Förderung:

Union zur Förderung der Öl- und Proteinpflanzen e. V.
Claire-Waldoff-Straße 7, 10117 Berlin

August 2016

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------------|--|
| ADFom | Säure-Detergenzien-Faser, organisch |
| aNDFom | Neutral-Detergenzien-Faser, organisch |
| BfN | Bundesamt für Naturschutz |
| BLE | Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung |
| Ca | Calcium |
| DCAB | Dietary Cation-Anion Balance |
| DLG | Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft |
| FM | Frischmasse |
| GAP | Gemeinsame Agrarpolitik |
| GF | Grobfutter |
| GfE | Gesellschaft für Ernährungsphysiologie |
| GLC | Gas-Flüssigkeits-Chromatographie |
| h | Stunde |
| HFT | Hohenheimer Futterwerttest |
| KM | Körpermasse |
| LKV | Landesverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung |
| LUP | Lupinen |
| ME | Umsetzbare Energie |
| N | Stickstoff |
| NEL | Nettoenergie-Laktation |
| n | Anzahl |
| nXP | Nutzbares Rohprotein |
| NSBA | Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung |
| P | Phosphor |
| p | Signifikanzwert, Überschreitungswahrscheinlichkeit |
| RES | Rapsextraktionsschrot |
| RFD | Rückenfettdicke |
| RNB | Ruminale Stickstoffbilanz |
| SE | Standardfehler |
| SES | Sojaextraktionsschrot |
| Stabw | Standardabweichung |
| TM | Trockenmasse |
| TMR | Totale Mischration |
| UDP | Unabbaubares Rohprotein |
| WWF | World Wide Fund For Nature |
| ZTT | Zentrum für Tierhaltung und Technik |

1. Einleitung und Fragestellung

Als Folge von veränderten Verbraucheransprüchen an den Futtermiteleininsatz in der Nutztierhaltung zur Lebensmittelproduktion besteht ein Trend zum Verzicht auf gentechnisch verändertes Sojaextraktionsschrot (SES) als Eiweißfuttermittel (WWF, 2012).

Zur Substitution von SES in Milchkurationen durch einheimische und gentechnisch unveränderte Eiweißfuttermittel bietet sich aufgrund seiner relativ hohen Verfügbarkeit am Futtermittelmarkt und seines Proteingehaltes Rapsextraktionsschrot (RES) an. Die Möglichkeit, Kühe auch bei hohen Milchleistungen ausschließlich mit RES als Eiweißkraftfutter bedarfsgerecht mit Protein zu versorgen, wurde in verschiedenen aktuellen Fütterungsversuchen nachgewiesen (Pries et al., 2012) und bestätigt sich in der Praxis. Zudem können mit der Substitution von SES durch RES zumeist futterökonomische Vorteile erreicht werden. Aus Agrarstatistiken (UFOP, 2016, OVID, 2016) lässt sich jedoch eine knappere Verfügbarkeit von gentechnisch unverändertem RES ableiten.

Eine weitere Möglichkeit für die Proteinversorgung von Milchkühen auf Basis regional erzeugter Eiweißfuttermittel stellen die Körnerleguminosen dar. Diese stehen im Vergleich zum RES derzeit aber in noch deutlich begrenzterem Umfang zur Verfügung (UFOP, 2016). Dies ist der Fall, obwohl sich der Anbau von Leguminosen positiv auf die Bodenfruchtbarkeit auswirkt (BLE, 2013) sowie zu vielfältigeren Fruchtfolgen als Element von Ökosystemdienstleistungen und zur Erhöhung der Biodiversität in der Agrarlandschaft beiträgt (BfN, 2013).

Mit der GAP-Reform ergeben sich veränderte Rahmenbedingungen für den Anbau von Leguminosen (Direktzahlungen 1. Säule für Umweltleistungen, Greening oder Anrechnung als freiwillige Agrarumweltmaßnahme 2. Säule), welche die Zunahme der Anbaufläche bewirken (Peters, 2015). Daraus resultiert derzeit eine erhöhte Verfügbarkeit dieser Feldfrüchte als Futtermittel. Aufgrund der genannten agrarpolitischen Maßnahmen ist mit einer weiteren Steigerung des Anbaus und des Aufkommens zu rechnen.

Die Gründe für den derzeit sehr geringen Anteil an der Anbaufläche (ca. 1 %) werden in auftretenden Ertragsschwankungen sowie in Vermarktungsproblemen im konventionellen Sektor (Angebot und Nachfrage, Ausrichtung Marktpreis am SES-Preis) gesehen (Peters, 2015). Dagegen können bei innerbetrieblicher Verwertung oder direktem Handel zwischen Marktfrucht- und Veredlungsbetrieben durchaus wirtschaftliche Vorteile (Deckungsbeitrag) erwartet werden, zuzüglich genannter positiver ackerbaulicher Effekte (Vorfruchtwirkung, Bodenverbesserung).

Mit ihrem relativ hohen Rohprotein- und Energiegehalt bieten sich von den Körnerleguminosen Lupinen für den Einsatz als alternatives Eiweißfuttermittel und SES-Ersatz in der Wiederkäuerfütterung an (Roth-Maier et al., 2004). Von Vorteil in der Milchkuhfütterung können für bestimmte Rationstypen zusätzlich deren relativ geringe Gehalte an Stärke und N-freien Extraktstoffen (Jeroch et al., 1993) und höhere Gehalte an Fett sowie an Galactanen (Hemicellulosen) sein. Dies trifft auch für die Blauen Lupinen zu (Rohproteingehalt > 300 g/kg TM, Energiegehalte 8,9 bis 9,3 MJ NEL/kg TM). Zugleich besitzen diese von den Lupinen die höchste Verfügbarkeit aus dem heimischen Anbau.

Für die bedarfsgerechte Proteinversorgung von Hochleistungskühen ist eine entsprechend hohe Bereitstellung an im Pansen unabbaubarem Rohprotein (UDP) und an nutzbarem Protein am Dünndarm (nXP) notwendig. Gegenüber den tabellierten UDP-Anteilen von SES und RES (30 und 35 % bei Passagerate 5%/h) werden für die Lupinen geringere Werte von 20 % ausgewiesen (Roth-Maier et al., 2004). Im Rahmen von Versuchen (Pries et al., 2005, Pieper et al., 2007) laboranalytisch ermittelte UDP-Gehalte von Lupinen lagen bei ca. 10 %. In Untersuchungen der Universität Hohenheim (Steingaß, 2015) bestätigten sich für Blaue Lupinen die hohen Rohprotein- und Energiegehalte (*in vitro*) sowie die eher geringen UDP-Gehalte (*in situ*, 14 % UDP bei Passagerate 5%/h).

Mit speziellen technischen Behandlungen können die UDP- und nXP-Gehalte von Lupinen gegenüber dem unbehandelten Futtermittel gesteigert werden (Pieper et al., 2004, Pieper et al., 2007, Pries et al., 2005). Die Behandlung von Lupinen zur Erhöhung des UDP-Anteils

erfordert jedoch logistischen und finanziellen Aufwand und kann somit der Forderung zur ökonomisch vorteilhaften innerbetrieblichen Verwertung oder dem unmittelbar zwischenbetrieblichen Handel entgegenstehen.

Im nachfolgend beschriebenen Fütterungsversuch wurde die Kombination von unbehandelten Blauen Lupinen mit RES als Eiweißfutterergänzung in Rationen für Kühe mit hoher Milchleistung als mögliches Muster für die Verwertung betrieblich erzeugter Blauer Lupinen genutzt. Es kam zum Vergleich dieser Kombination von Eiweißfuttermitteln mit der in Versuchsanstellungen erprobten und im praktischen Einsatz bewährten Eiweißfutterergänzung ausschließlich auf Basis von RES.

Neben den routinemäßigen Futterwertuntersuchungen kam es im Rahmen des Projektes zu weiteren Untersuchungen an dem eingesetzten RES und an Blauen Lupinen (Rohproteinfraktionierung, *in vitro* / modifizierter HFT, *in situ* / Kühe mit großer Pansenfistel), um den Umfang des ruminalen Rohproteinabbaus, den Anteil an UDP sowie den kalkulierten nXP-Gehalt der Eiweißfuttermittel im Rahmen des durchgeführten Fütterungsversuchs sowie grundsätzlich besser abschätzen und einordnen zu können. Es wurden auch Proben von Blauen Lupinen aus Chargen vor und nach einer technischen Behandlung zur Erhöhung des UDP-Anteils untersucht, um weitere Informationen zum Umfang der dabei angestrebten Effekte zu erhalten.

2. Material und Methoden

Für den Versuch wurden aus der Herde des Landwirtschaftlichen Betriebes des ZTT Iden jeweils 31 Mehrkalbskühe und 8 Erstkalbskühe unter Berücksichtigung der Laktationsnummer, des aktuellen Laktationstages sowie von Milchleistungsmerkmalen, Körpermassen und Rückenfettdicken (RFD) den beiden Gruppen *Versuch RES + LUP* und *Kontrolle RES* zugeordnet. Die Mittelwerte der zur Sortierung der Tiere genutzten und für die Versuchsauswertung maßgeblichen Parameter unterschieden sich nur geringfügig und nicht signifikant (Tabelle 1). Für beide Gruppen wiesen die Tiere mit dem geringsten Abstand zur letzten Kalbung den 44. Laktationstag auf, die mit dem weitesten Abstand den 124. (Gruppe *Versuch RES + LUP*) bzw. den 129. (Gruppe *Kontrolle RES*) Laktationstag.

Tabelle 1: Beschreibung der Tiere in den Gruppen des Fütterungsversuchs

| Parameter | Gruppe | | | |
|------------------------------------|--------------------------|-------|----------------------|-------|
| | <i>Versuch RES + LUP</i> | | <i>Kontrolle RES</i> | |
| | Mittelwert | Stabw | Mittelwert | Stabw |
| Mehrkalbskühe, n | 31 | | 31 | |
| Laktationsnummer | 3,6 | 1,7 | 3,7 | 1,6 |
| Laktationstag zum Versuchsbeginn | 80 | 25 | 82 | 25 |
| Vorlaktation (MLP) | | | | |
| Milchmenge, kg | 12.133 | 1.999 | 12.094 | 1.741 |
| Milchfettgehalt, % | 3,68 | 0,51 | 3,66 | 0,44 |
| Milcheiweißgehalt, % | 3,39 | 0,21 | 3,40 | 0,17 |
| Milchmenge vor Versuchsbeginn*, kg | 48,6 | 6,4 | 48,5 | 6,3 |
| Körpermasse zum Versuchsbeginn, kg | 681 | 59 | 686 | 60 |
| RFD zum Versuchsbeginn, mm | 9,2 | 3,2 | 10,5 | 4,6 |
| Erstkalbskühe, n | 8 | | 8 | |
| Laktationstag Versuchsbeginn | 75 | 21 | 74 | 20 |
| Milchmenge vor Versuchsbeginn*, kg | 36,1 | 3,5 | 35,9 | 2,6 |
| Körpermasse zum Versuchsbeginn, kg | 559 | 36 | 587 | 45 |
| RFD zum Versuchsbeginn, mm | 8,0 | 2,2 | 8,1 | 1,6 |

* Ø 7 Tage

Die Tiere wurden am 13.1.2016 in das Abteil für Einzeltierfütterungsversuche eingestallt und erhielten dort in einer Vorphase eine Woche die Ration *Versuch RES + LUP*. Ab dem 21.1.2016 erfolgte die Versorgung der Gruppen differenziert mit den Rationen *Versuch RES + LUP* sowie *Kontrolle RES* über 98 Versuchsfuttertage bis zum 19.04.2016. In einer Nachphase verblieben die Kühe im Versuchsabteil, und beide Gruppen erhielten 37 Tage mit der Ration *Kontrolle RES* (s. auch Abbildung 1). Mögliche Effekte des Wechsels von der Fütterung der Ration *Versuch RES + LUP* auf die Ration *Kontrolle RES* sollten beobachtet werden. Die Datenerfassung endete am 26.05.2016 mit der Ausstallung der Tiere aus dem Versuchsabteil.

Im Versuchsabteil erfolgte die Fütterung an Fress-Wiege-Trögen mit automatischer Tiererkennung. Die beiden Totalen Mischrationen (TMR) waren in den Anteilen an Grobfuttermitteln und an energiereichem Saffutter weitestgehend identisch zusammengestellt (Tabelle 2). Die Differenzierung der Rationen erfolgte entsprechend der Versuchsfrage im Bereich der Eiweißfuttermittel. Während in der Ration *Versuch RES + LUP* zu gleichen Anteilen RES und geschrotete Blaue Lupinen verfüttert wurden (jeweils ca. 2,5 kg Frischmasse/Kuh/Tag), erfolgte in der Ration *Kontrolle RES* der Einsatz an Eiweißfutter ausschließlich auf Basis von RES (ca. 4,5 kg FM/Kuh/Tag).

Für die Rationsberechnung bestand die Zielstellung, die beiden zu vergleichenden TMR mit möglichst ähnlichen Gehaltswerten zu kalkulieren. Fütterungsempfehlungen und dem Produktionsstandard in der Milchkuhherde des ZTT Iden folgend wurden nXP-Gehalte von 160 g/kg TM bei ausgeglichener bis moderat positiver RNB für die beiden Rationen angestrebt. Bei Einhaltung gebräuchlicher Normwerte für die Strukturwirksamkeit sollten die Rationen möglichst hohe Energiegehalte für die Versorgung der in die Untersuchung einbezogenen Kühe mit hohem Milchleistungspotenzial aufweisen. Den typischen Gehaltswerten der in den verschiedenen Rationen eingesetzten Eiweißfuttermittel entsprechend enthielten die TMR in der TM *Versuch RES + LUP* etwas mehr Energie (NEL) und geringfügig weniger nXP als die TMR *Kontrolle RES*.

Mit der Variation der Anteile an Getreidemischung sowie durch die Ergänzungen der Rationen mit unterschiedlichen Mineralfuttermitteln sollten die ähnlichen Gehalte der beiden TMR an Energie, Stärke sowie an relevanten Mengenelementen erreicht werden. Die Kennziffern der Strukturwirksamkeit unterschieden sich nicht zwischen den Rationen und entsprachen Zielwerten für eine wiederkäuergerechte Versorgung von Milchkühen.

Die Kationen-Anionen-Bilanz (DCAB) der Rationen lag im unteren Bereich der Empfehlungen, in der Ration *Kontrolle RES* etwas tiefer aufgrund höherer Schwefelgehalte infolge des höheren RES-Anteils in der TMR.

Tabelle 2: Zusammensetzungen und Gehaltswerte der Rationen im Fütterungsversuch¹⁾

| Futtermittel (Anzahl der durchgeführten Futtermittelanalysen) | Ration | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| | Versuch RES + LUP | Kontrolle RES |
| | % TM der TMR | |
| Maissilage (5) | 20,3 | 20,3 |
| Grassilage (6) | 20,7 | 21,0 |
| Luzernesilage (6) | 11,3 | 11,3 |
| Stroh, gehäckselt (2) | 3,6 | 3,5 |
| Rapsextraktionsschrot (5) | 9,1 | 16,2 |
| Blaue Lupine, geschrotet (9) | 9,1 | - |
| Getreidemischung, pelletiert ²⁾ (1) | 8,4 | 10,5 |
| Feuchtkornmais (2) | 9,6 | 9,3 |
| Pressschnitzelsilage (2) | 6,0 | 6,0 |
| Rohglycerin (80 % Glycerin) | 1,0 | 1,0 |
| Mineralfutter + Kalk + Viehsalz | 0,7 ³⁾ + 0,1 + 0,1 | 0,7 ³⁾ + 0,2 + 0,1 |
| Gehalt | je kg TM der TMR | |
| NEL, MJ | 7,2 | 7,1 |
| Rohprotein, g | 161 | 162 |
| nXP, g RNB, g | 158 / 0,6 | 160 / 0,4 |
| Rohfaser, g | 163 | 166 |
| ADFom, g | 198 | 196 |
| aNDFom, g | 299 | 301 |
| strukturwirksame Rohfaser ⁴⁾ , g | 127 | 128 |
| aNDFom aus Grobfutter ⁵⁾ , g | 232 | 233 |
| Stärke, g | 219 | 214 |
| Zucker, g | 35 | 35 |
| Rohfett, g | 38 | 36 |
| Ca, g | 6,4 | 6,6 |
| P, g | 4,3 | 4,2 |
| DCAB, meq | 126 | 108 |

1) Rationszusammensetzung: Ø tägliche Lademengen für Einzelkomponenten, tägliche Erfassung (Waage, Bordcomputer Futtermischwagen, Zeigerkopfwaage für Mineralfutter und Rohglycerin), Verrechnung mit TM-Gehalten der Einzelkomponenten, Bestimmung TM-Gehalte bei Silagen 5x wöchentlich, bei Kraftfuttermitteln mit der Futtermittelanalyse, bei Stroh, Mineralfutter und Rohglycerin Übernahme von Tabellenwerte

Gehaltswerte: Berechnung aus täglich erfassten Anteilen der Einzelkomponenten (% TM der TMR) und Gehaltswerten der Einzelkomponenten (Grobfutter: je Silo Mittelwerte aus durchgeführten Analysen, Kraftfuttermittel: Mittelwert aller durchgeführten Analysen im Versuchszeitraum, Mineralfutter und Rohglycerin: nach Deklarationen). Analysen Grob- und Kraftfuttermittel durch LKSmbH Lichtenwalde, Untersuchungsmethode Rohnährstoffe: NIRS FMUAA 126 (akkred.), ADFom/aNDFom: VDLUFA III 6.5./2/3 (akkred.), Rohprotein Eiweißfuttermittel: VDLUFA III 4.1.2, DCAB: LKS FMUAA (akkred.), Ca, P: DIN EN ISO 11885 (akkred.)

2) 35 % Roggen, 35 % Gerste, 26 % Körnermais, 2 % Rohglycerin, 2 % ZR-Melasse

3) Gehalte Mineralfutter Ration *Kontrolle RES*: 18 % Ca, 0 % P,
Ration *Versuch RES + LUP*: 16 % Ca, 8 % P

4) strukturwirksame Rohfaser, kalkuliert nach Hoffmann (1990)

5) einschließlich Pressschnitzel

Für die Eiweißfuttermittel wurden bei den nXP-Kalkulationen die tabellierten UDP-Gehalte (Lupine 20 %, RES 35 %, bei Passagerate 5 %/h) und diese nachfolgend in der Rationsrechnung angewendet. Für das RES, welches im gesamten Versuchszeitraum aus einer Ölmühle über einen Landhändler bezogen wurde, ergaben sich nur geringe Variationen der Gehalte an Rohprotein aus den durchgeführten Analysen in Proben der einzelnen Anlieferungen/Chargen (Tabelle 3, Min. 380 g/kg TM, Max. 390 g) sowie der berechneten nXP-Gehalte (Min. 253 g/kg TM, Max. 257 g). Bei den über den Landhandel aus regionalem Anbau bezogenen Blauen Lupinen traten deutliche Schwankungen im Gehalt an Rohprotein (Min. 293 g, Max. 363 g) und der jeweiligen nXP-Gehalte (Min. 211 g/kg TM, Max. 226 g) in Proben von Teillieferungen des Futtermittels im Versuchsverlauf auf. Diese könnten auch durch das notwendig gewordene Einbeziehen verschiedener Sorten (Boregine, Regent) in den Fütterungsversuch mit verursacht worden sein. Für die Rationsrechnung/Versuchsplanung und für die Versuchsauswertung fanden auch für das Futtermittel Blaue Lupine Durchschnittswerte der Ergebnisse der für die einzelnen Anlieferungen/Chargen durchgeführten Futtermittelanalysen Verwendung. Eine genaue Abgrenzung der Zeiträume, in denen die unterschiedlichen Sorten und/oder Chargen/Anlieferungen der Blauen Lupine in die Fütterung einbezogen waren, konnte während der Versuchsdurchführung sowie in der Versuchsauswertung nicht vorgenommen werden.

Der Vergleich der tabellierten UDP-Anteile der eingesetzten Eiweißfuttermittel (DLG, 1997 und 2011) ergab im Durchschnitt gute Übereinstimmung mit den mittels Rohproteinfraktionierung ermittelten UDP-Anteilen. Nur für das RES traf dies auch für die Übereinstimmung der UDP-Gehalte für die einzelnen Proben zu.

Für die Berechnung der nXP-Gehalte in Blauen Lupinen und RES kam nach fachlicher Abstimmung auch die Formel VIa für die Kalkulation bei Gehaltswerten von ≤ 70 g Rohfett/kg TM zum Einsatz, wenn der Rohfettgehalt in einzelnen Proben diesen Grenzwert überschritt (1 x RES, 76 g/kg TM, 2 x Blaue Lupine, 71 bis 72 g/kg TM).

Tabelle 3: Ausgewählte Gehaltswerte der Trockenmasse von Proben der im Versuch eingesetzten Eiweißfuttermittel

| Probe Nr. | ME / NEL, MJ | Rohprotein, g | nXP / RNB ¹⁾ , g | UDP ²⁾ , % | nXP / RNB ³⁾ , g | Rohfett, g |
|---|-------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------|
| Blaue Lupinen (Sorten Boregine und Regent) | | | | | | |
| 1 | 14,2 / 8,9 | 334 | 219 / 18 | 18 | 214 / 19 | 65 |
| 2 | 14,3 / 9,0 | 293 | 211 / 13 | 9 | 189 / 15 | 70 |
| 3 | 14,3 / 9,0 | 294 | 212 / 13 | 7 | 185 / 16 | 71 |
| 4 | 14,3 / 9,0 | 363 | 226 / 22 | 26 | 242 / 19 | 63 |
| 5 | 14,3 / 9,0 | 311 | 215 / 15 | 18 | 211 / 16 | 66 |
| 6 | 14,4 / 9,0 | 302 | 213 / 14 | 15 | 203 / 16 | 72 |
| 7 | 14,4 / 9,0 | 342 | 221 / 19 | 26 | 238 / 17 | 69 |
| 8 | 14,3 / 9,0 | 310 | 215 / 15 | 15 | 204 / 17 | 66 |
| 9 | 14,1 / 8,9 | 339 | 219 / 19 | - | - | 63 |
| Mittelwert | 14,3 / 9,0 | 321 | 217 / 16 | 17 | 211 / 17 | 67 |
| <i>Stabw</i> | <i>0,1 / 0,0</i> | <i>24</i> | <i>5 / 3</i> | <i>7</i> | <i>21 / 1</i> | <i>3</i> |
| Rapsextraktionsschrot (RES) | | | | | | |
| 1 | 11,9 / 7,2 | 389 | 254 / 22 | 36 | 257 | 38 |
| 2 | 12,1 / 7,3 | 383 | 253 / 21 | 34 | 250 | 53 |
| 3 | 11,9 / 7,2 | 389 | 254 / 22 | 36 | 257 | 39 |
| 4 | 12,2 / 7,4 | 390 | 253 / 20 | 36 | 260 | 56 |
| 5 | 12,4 / 7,5 | 380 | 255 / 20 | - | - | 76 |
| Mittelwert | 12,1 / 7,3 | 386 | 254 / 21 | 35 | 256 / 21 | 52 |
| <i>Stabw</i> | <i>0,2 / 0,1</i> | <i>4</i> | <i>1 / 1</i> | <i>1</i> | <i>4 / 0</i> | <i>15</i> |

¹⁾ nXP-Kalkulation für Einzelkomponenten unter Verwendung von Tabellenwerten (DLG 1997, 2011) für UDP, Passagerate 5%/h, Verwendung Formel VIa (DLG, 1997) für alle Futtermittelproben

²⁾ Untersuchung mittels Rohproteinfraktionierung nach Licitra et al. (1996), Shannak et al. (2000), bei LKSmbH, nach FMUAA 140, Passagerate 5%/h, s. auch unten erweiterte Futtermittelanalytik Proteinqualität

³⁾ nXP-Kalkulation für Einzelkomponenten unter Verwendung UDP²⁾, Passagerate 5%/h, Verwendung Formel VIa (DLG, 1997) für alle Futtermittelproben

Für zwei Proben der im Versuch eingesetzten Blauen Lupinen, die den beiden verwendeten Sorten zugeordnet werden konnten, erfolgte die Untersuchung der typischen Lupinenalkaloide (Hauptalkaloid Lupanin, Nebenalkaloide 13-Hydroxylupanin, Angustifolin) mittels Kapillar-GLC. Es ergaben sich Werte von 0,012 und 0,014 %, damit keine Unterschiede zwischen den Sorten und Gehalten, die keine negativen Wirkungen auf die Futteraufnahme oder andere antinutritive Wirkungen in der Nutztierernährung erwarten lassen (Jeroch et al., 1993).

Die Reaktion der Kühe auf die differenzierte Fütterung im Versuch wurde nach dem nachfolgend dargestellten Schema der Datenfassung gemessen und bewertet.

- Messung Futteraufnahmen, kalkulierte TM-, Energie- und Nährstoffaufnahmen
 - täglich (Fress-Wiege-Tröge mit automatischer Tiererkennung, Verrechnung)
- Milchmengen
 - täglich (Milchmengenmessung Melkstand)
- Gehalte Milchfett, Milcheiweiß, Milchwahnhstoff
 - wöchentlich (LKV Sachsen-Anhalt, Milcoscan)

- Körpermassen und Rückenfettdicken
 - Versuchsbeginn und Versuchsende (Waage, bildgebendes Ultraschallgerät)
- NSBA im Harn, Stichprobe 1 x (Titration)

Die statistische Auswertung für die Daten der Futteraufnahmen sowie der Milchleistungen und Milchinhaltsstoffe erfolgte mittels gemischtem linearem Modell (Testtagsmodell) mit der SAS-Prozedur MIXED. Neben dem interessierenden festen Effekt der Proteinversorgung waren als weitere Einflussgrößen der Laktationstag (fest) sowie wiederholte Leistungen (zufällig) zu berücksichtigen. Für die Körpermassen und Rückenfettdicken sowie für die NSBA im Harn erfolgte die Prüfung der Mittelwertdifferenzen auf Signifikanz mittels t-Test für eine unabhängige Stichprobe (Programm SPSS). Mittels t-Test wurden auch die Mittelwertdifferenzen der Futter- und Nährstoffaufnahmen sowie Leistungsdaten zwischen den Gruppen für die einzelnen Versuchswochen auf Signifikanz geprüft.

In den in das Projekt integrierten erweiterten Futterwertanalysen der eingesetzten Eiweißfuttermittel wurden die Rohproteinfraktionierungen bei der LKSmbH Lichtenwalde nach den von Licitra et al. (1996) und Shannak et al. (2000) beschriebenen Methoden durchgeführt. Für die Schätzungen des UDP fanden die von Shannak et al. (2000) aufgestellten Schätzgleichungen Anwendung. Die Angabe des UDP erfolgt für die zwei ruminalen Passageraten 5 %/h und 8 %/h.

Für die Untersuchungen mittels *in situ* Methode an der Universität Hohenheim standen drei laktierende Jersey-Kühe mit großer Pansenfistel zur Verfügung. Die Kühe wurden zwei Mal täglich um 8 und 16 Uhr gefüttert und erhielten als Ration eine TMR aus Maissilage, Grassilage, Heu und 42 % Krafffutter. 1,5 g Probe wurden in ANKOM concentrate bags (5 x 10 cm, ca. 50 µm Porenweite) über 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 und 72 h in zweifacher Wiederholung in jeder Kuh und für jeden Zeitpunkt inkubiert. Nach der Panseninkubation wurden die Beutel mit kaltem Wasser abgespült, in einer Haushaltswaschmaschine gewaschen (3 Spülzyklen à 6 Minuten mit kaltem Wasser, dreimaliger Wasserwechsel, kein Schleudern), getrocknet und der Rohproteingehalt analysiert. Da die wasserlösliche Fraktion dem gesamten Auswaschverlust entsprach, entfiel eine Korrektur der Kleinpartikelfraktion. Ausmaß und Rate des ruminalen Abbaus wurde mit Hilfe des Modells nach Ørskov und McDonald (1979) unter Verwendung der Gleichung $p = a + b(1 - e^{-ct})$ berechnet, wobei "p" das Verschwinden zur Zeit t, "a" die lösliche Fraktion, "b" die potenziell abbaubare Fraktion und "c" die Abbaurate der Fraktion "b" darstellen. Der effektive Abbau (ED) wurde nach Ørskov und McDonald (1979) berechnet: $ED = a + (b \times c) / (c + k)$ für "k" als Passagerate von 5 %/h und 8 %/h.

Untersuchungen zur Feststellung des ruminalen Rohproteinabbaus bzw. des UDP-Anteils bzw. der nXP-Gehalte wurden an den im Versuch eingesetzten Eiweißfuttermitteln durchgeführt, um in der Versuchsauswertung Verwendung zu finden (s. oben). Zusätzlich kam es zu identischen Analysen an weiteren Futtermittelproben von Blauen Lupinen. Dabei sollten insbesondere Effekte technischer Wärmebehandlungen zur Erhöhung des Gehaltes an UDP und nXP geprüft werden. Einbezogen wurden dabei folgende Sorten und Behandlungsverfahren:

- Sorten Boregine und Regent (= Fütterungsversuch) vor und nach thermischer Behandlung in einer mobilen Toastanlage, Erhitzung in einem Toaster auf eine Temperatur von 115 bis 120 °C am Lupinenkorn für ca. eine Minute, anschließendes Belassen für ca. 30 Minuten zur Konditionierung im Kühlturm, anschließendes Abkühlen auf 20 °C (Thüringer Landdienste GmbH, www.tld-agrar.de, Mobile Toastanlage Möhler Technik, www.mobilersojatoaster.de)
- Sorte Boruta vor und nach hydrothermischer Behandlung durch Toasten der ganzen Lupinenkörner in einem Drehtrommeltoaster (Fa. CROCUS mit Flüssiggasbetrieb), nach Feuchteconditionierung Erhitzung im Hochtemperatur-Kurzzeitverfahren mit trockener Hitze auf > 130°C am Korn, anschließend im Luftgegenstrom auf Lagerfähigkeit gekühlt und gezielt auf eine Restfeuchte von ca. 6% getrocknet, (BÖRDE-KRAFTKORN-SERVICE GmbH, www.boerde-kraftkorn-service.de)

Die technischen Behandlungen fanden an praxisrelevanten Futtermittelmengen statt. Vor und nach der Behandlung wurden aus dem Futtermittelstapel Proben zur Untersuchung gezogen.

3. Ergebnisse des Fütterungsversuchs und der erweiterten Futtermittelanalytik

Tabelle 4 zeigt die im Testtagsmodell berechneten und auf Signifikanz der zwischen den Gruppen auftretenden Differenzen geprüften Mittelwerte ausgewählter Parameter der Versuchsdatenerfassung. Die mittleren Aufnahmen an TM, Energie, Rohprotein und nutzbarem Protein unterschieden sich im Zeitraum der differenzierten Fütterung nicht signifikant zwischen den Gruppen. Bei den Aufnahmen an Struktur- und leicht verdaulichen Kohlenhydraten waren ebenfalls keine signifikanten Mittelwertdifferenzen zu verzeichnen.

Der Mittelwert der kalkulierten täglichen nXP-Aufnahme der Kühe lag in der Gruppe *Kontrolle RES* um 145 g höher (nicht sign.) als in der Gruppe *Versuch RES + LUP*. Dabei resultiert ca. $\frac{1}{3}$ dieser berechneten Mehraufnahmen aus dem kalkulierten höheren nXP-Gehalt der Ration und ca. $\frac{2}{3}$ aus der höheren gemessenen TM-Aufnahme.

In der ersten Woche der Fütterung im Abteil für Einzeltierfütterungsversuche ergaben die Messungen bei einheitlicher Fütterung mit der Ration *Versuch RES + LUP* noch sehr ähnliche Futteraufnahmen. Danach zeigt die Betrachtung der 13 Wochendurchschnittswerte für die dann differenzierte Fütterung der Gruppen im Mittel höhere Futteraufnahmen für die *Kontrolle RES* (nicht. sign., Abbildung 1). Eine Erklärung dafür kann nicht aus der Rationszusammensetzung, den Gehaltswerten und/oder speziellen antinutritiven Wirkungen abgeleitet werden (s. Material und Methoden).

So kam es nach dem Zeitraum der differenzierten Fütterung über 13 Wochen bei wiederum einheitlicher Versorgung beider Gruppen mit der Ration *Kontrolle RES* für den Zeitraum von fünf Wochen nicht zu einer Angleichung oder deutlichen Annäherung der Futter- und Proteinaufnahmen (Abbildung 1).

Für die 10. Versuchswoche waren als Folge höherer Futteraufnahmen und nXP-Gehalte der TMR signifikant höhere nXP-Aufnahmen in der Gruppe *Kontrolle RES* zu verzeichnen als in der Gruppe *Versuch RES + LUP* ($p < 0,05$), in der 4. und 12. Versuchswoche war dahingehend eine Tendenz erkennbar ($p < 0,1$).

Bei den Milchleistungen und den wichtigen Milch Inhaltsstoffen traten ebenfalls keine signifikanten Mittelwertdifferenzen im Versuch zwischen den Gruppen auf (Tabelle 4).

Die im Mittel um 88 g tägliche Milcheiweißleistung in der Gruppe *Kontrolle RES* kann nur als Tendenz gewertet werden ($p < 0,1$). Die kalkulierte mittlere Mehraufnahme an nXP der Tiere in der Gruppe *Kontrolle RES* (s. oben, 145 g/Kuh/Tag) entspricht einer Milcheiweißmenge von 69 g je Kuh und Tag unter Berücksichtigung des Nettobedarfs.

In der Tabelle 5 ist anhand der Messwerte des Versuchs (Tabelle 4) der kalkulierte mittlere Nettoprotein- sowie nXP-Bedarf für die Gruppen ausgewiesen und mit der jeweiligen berechneten nXP-Aufnahme in einer nXP-Bilanz abgeglichen. Diese zeigt eine relativ gute Übereinstimmung des ermittelten Bedarfs und der Versorgungslage. Der Unterschied zwischen den Gruppen deutet eine bessere Proteineffizienz und/oder eine bessere tatsächliche Versorgungslage in der Gruppe *Kontrolle RES* gegenüber der Gruppe *Versuch RES + LUP* an.

Die Wochenmittelwerte der von den Kühen in den Gruppen produzierten Milch- und Eiweißmengen im Versuchsverlauf (Abbildung 2) zeigen nach einem vergleichbaren Niveau zum Versuchsbeginn nachfolgend eine zunehmende Differenzierung. Am deutlichsten ist dies wiederum bei den produzierten Milcheiweißmengen der Fall. Signifikant höhere Mittelwerte ($p < 0,05$) wurden bei diesem Parameter für die Gruppe *Kontrolle RES* in der 5. und 6. Versuchswoche sowie in der Tendenz ($p < 0,1$) in der 4. und 10. Versuchswoche festgestellt.

Nach der Phase der differenzierten Versorgung mit den beiden unterschiedlichen Rationen kam es in der Nachphase bei einheitlicher Fütterung der Gruppen mit der Ration *Kontrolle RES* zu einer Annäherung der Milch- und Milcheiweißleistungen der Gruppen. Zu beachten

ist, dass eine beginnende Annäherung der Mittelwerte auch schon vor der einheitlichen Fütterung bei fortschreitender Laktation und insgesamt zurückgehenden Leistungen der einbezogenen Kühe auf noch hohem Niveau erkennbar ist.

Zu beachten ist bei der Betrachtung der Leistungsdaten weiterhin, dass die Kühe der Gruppe *Kontrolle RES* im Mittel mit 38 kg Zunahmen im Versuchszeitraum (367 g/Versuchstag) einen signifikant höheren Zuwachs an Körpermasse aufwiesen ($p = 0,044$) als die Tiere der Gruppe *Versuchsgruppe RES + LUP* (26 kg, 246 g). Die Zunahme der Rückenfettdicke (RFD) unterschied sich im Mittel mit 1,3 und 1,0 mm dagegen nicht zwischen den Gruppen ($p = 0,603$).

Die mittleren Milcheiweißgehalte unterscheiden sich kaum zwischen den Gruppen. Auch die mittleren Milchwahnstoffgehalte im Versuch (Tabelle 4) weisen keinen deutlichen und/oder signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen auf, was als Folge der ähnlichen Rohproteingehalte und der kalkulierten RNB der Rationen eingeordnet werden könnte. Der Verlauf der Milchwahnstoffgehalte im Versuch (Abbildung 3) zeigt jedoch zumeist etwas geringere Wochenmittelwerte für die Gruppe *Kontrolle RES*, was auf einen Zusammenhang mit den etwas höheren nXP-Werten und der etwas geringeren RNB der Rationsrechnung einzuordnen wäre (s. Tabelle 2). Zu beachten ist, dass sich für die Gruppe *Kontrolle RES* beim Milchwahnstoffgehalt aus dem Testtagsmodell im Versuch ein etwas geringerer Mittelwert ergab (nicht sign.), obwohl dieser zwischen den Gruppen für den Parameter Rohproteinaufnahme höher bzw. für die RNB nahezu identisch ist. Die erkennbare Differenz der mittleren Milchfettgehalte konnte ebenfalls nicht statistisch abgesichert werden und ist in ihrer Ausprägung nicht über die Versorgungslage der Tiere in den Gruppen zu erklären (Aufnahme an Struktur- und leicht verdaulichen Kohlenhydraten sowie Rohfett).

Tabelle 4: Mittlere Futter-, Energie- und Nährstoffaufnahmen sowie Milchleistungen und Milchinhaltsstoffe der Kuhgruppen im Fütterungsversuch (Testtagsmodell, Abschnitt 70. bis 220. Laktationstag)

| Parameter | Gruppe | | Differenz | SE | p-Wert |
|--|----------------------|------------------|-----------|------|--------|
| | Versuch RES + LUP | Kontrolle RES | | | |
| TM-Aufnahme, kg/Kuh/Tag | 25,5 | 26,1 | -0,6 | 1,0 | 0,520 |
| Energieaufnahme, MJ NEL/Kuh/Tag | 184 | 186 | -2 | 7 | 0,825 |
| Rohproteinaufnahme, g/Kuh/Tag | 4119 | 4237 | -118 | 159 | 0,460 |
| nXP-Aufnahme¹⁾, g/Kuh/Tag | 4030 | 4175 | -145 | 157 | 0,358 |
| RNB, g/Kuh/Tag | 38 | 40 | -2 | 1 | 0,197 |
| Rohfaseraufnahme, g/Kuh/Tag | 4166 | 4341 | -175 | 161 | 0,281 |
| ADFom-Aufnahme, g/Kuh/Tag | 5045 | 5128 | -83 | 194 | 0,674 |
| aNDFom-Aufnahme, g/Kuh/Tag | 7628 | 7864 | -237 | 295 | 0,426 |
| Stärkeaufnahme, g/Kuh/Tag | 5595 | 5586 | 9 | 222 | 0,971 |
| Zuckeraufnahme, g/Kuh/Tag | 902 | 927 | -25 | 34 | 0,466 |
| Rohfettaufnahme, g/Kuh/Tag | 964 | 944 | 20 | 37 | 0,601 |
| | | | | | |
| Milchmenge, kg/Kuh/Tag | 42,7 | 44,4 | -1,7 | 1,7 | 0,337 |
| ECM-Menge, kg/Kuh/Tag | 40,6 | 42,0 | -1,4 | 1,2 | 0,269 |
| Milchfettgehalt, % | 3,67 | 3,55 | 0,12 | 0,12 | 0,312 |
| Milchweißgehalt, % | 3,43 | 3,45 | -0,02 | 0,05 | 0,645 |
| Milchfettmenge, g/Kuh/Tag | 1534 | 1556 | -22 | 59 | 0,713 |
| Milchweißmenge, g/Kuh/Tag | 1442 | 1530 | -88 | 47 | 0,068 |
| Milchharnstoffgehalt, g/l | 198 | 192 | 6 | 5 | 0,286 |

¹⁾ nXP-Kalkulation unter Verwendung Tabellenwerte UDP (DLG 1997, 2011), Passagerate 5%/h

Abbildung 1: Aufnahmen der Kühe an TM, Rohprotein und nXP im Versuchsverlauf

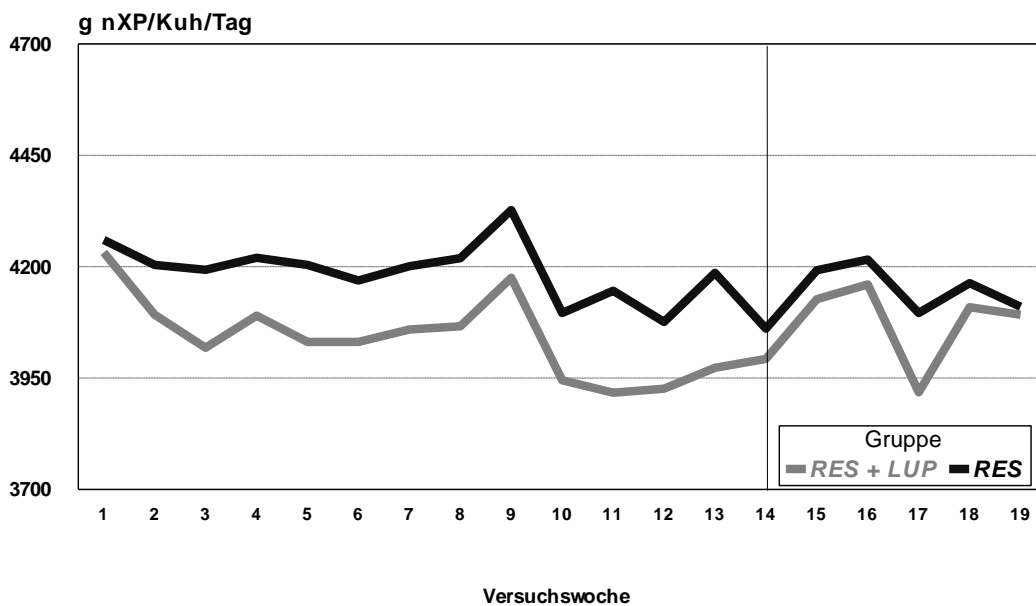
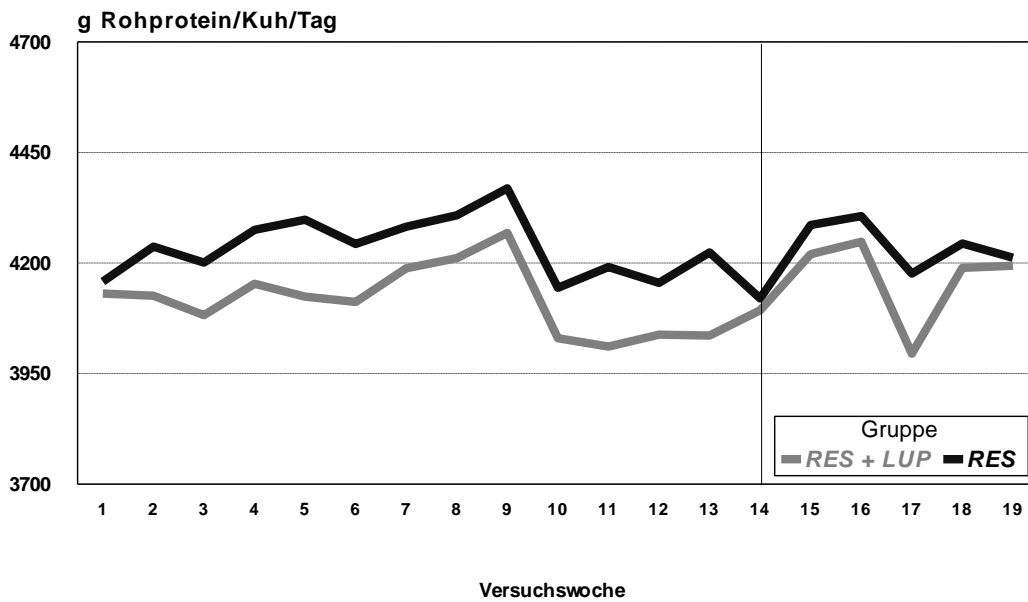
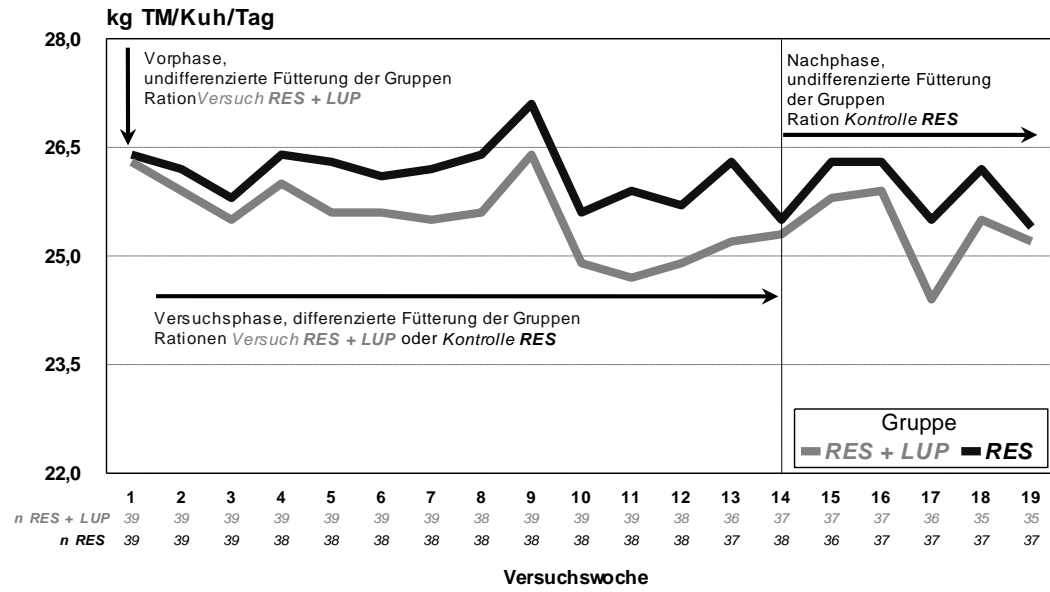


Abbildung 2: Milch-, ECM- und Milcheiweißmengen der Kühe im Versuchsverlauf

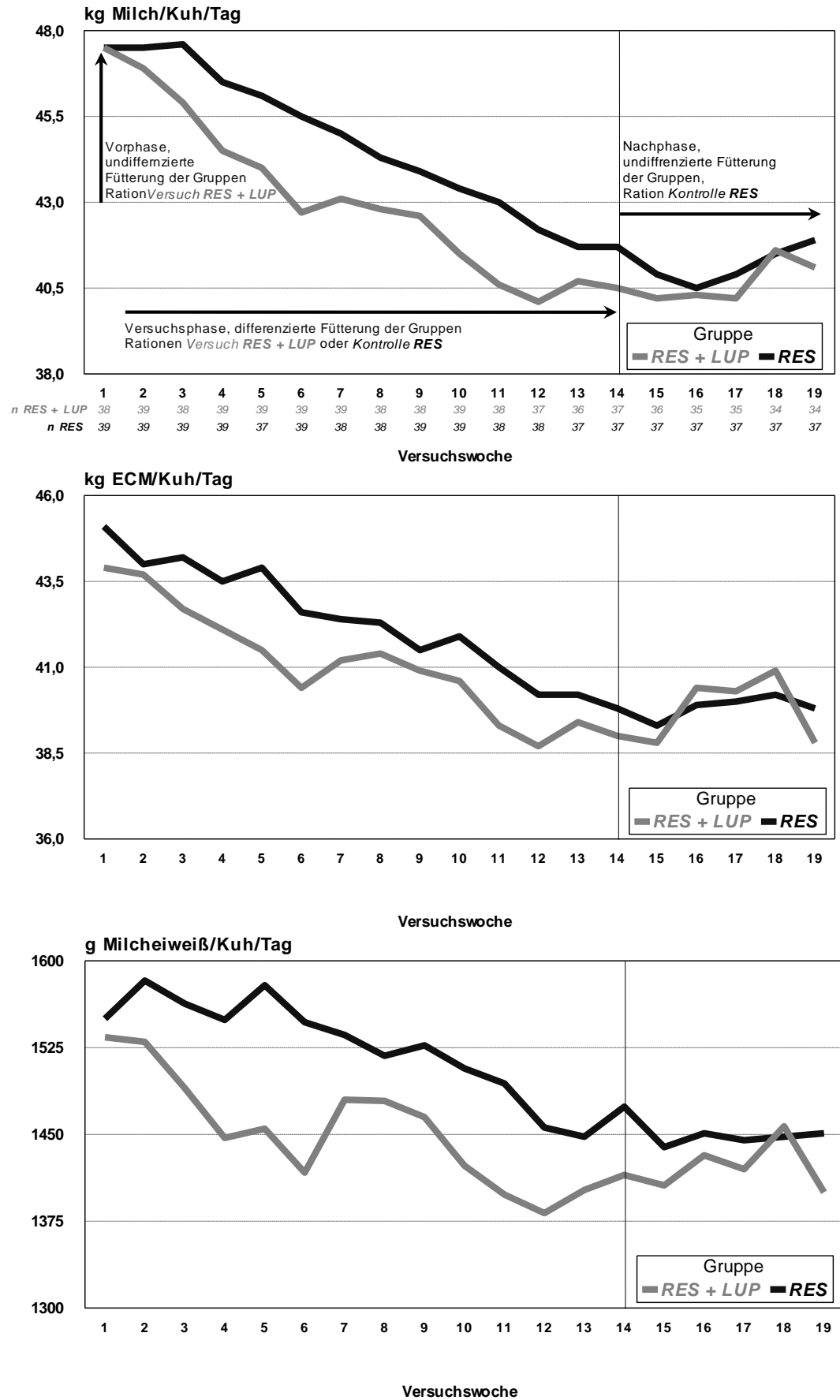
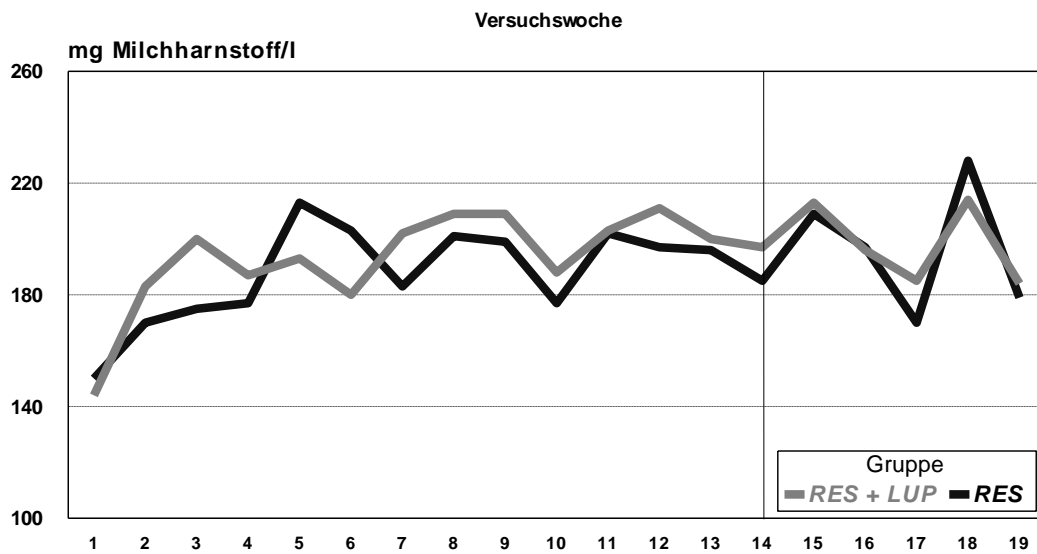
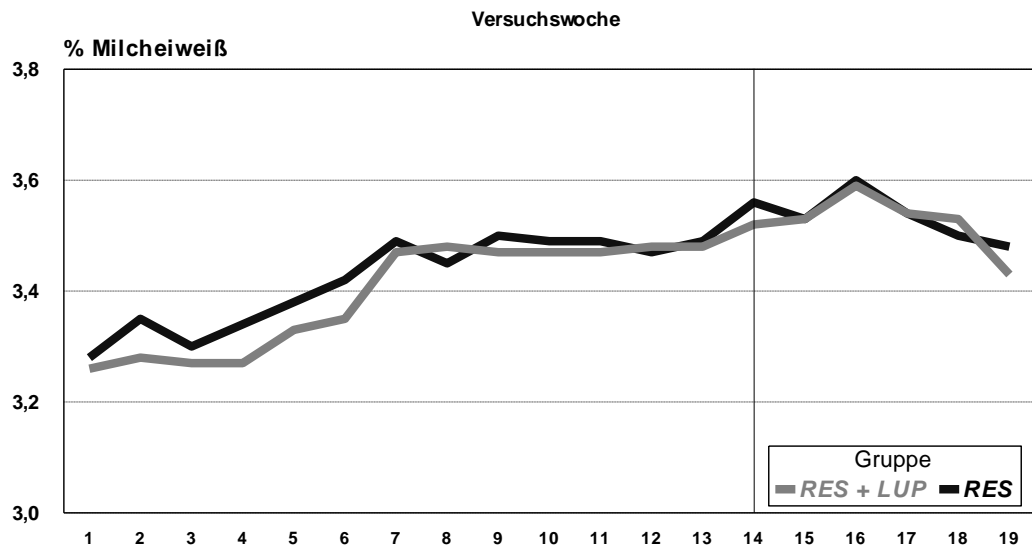
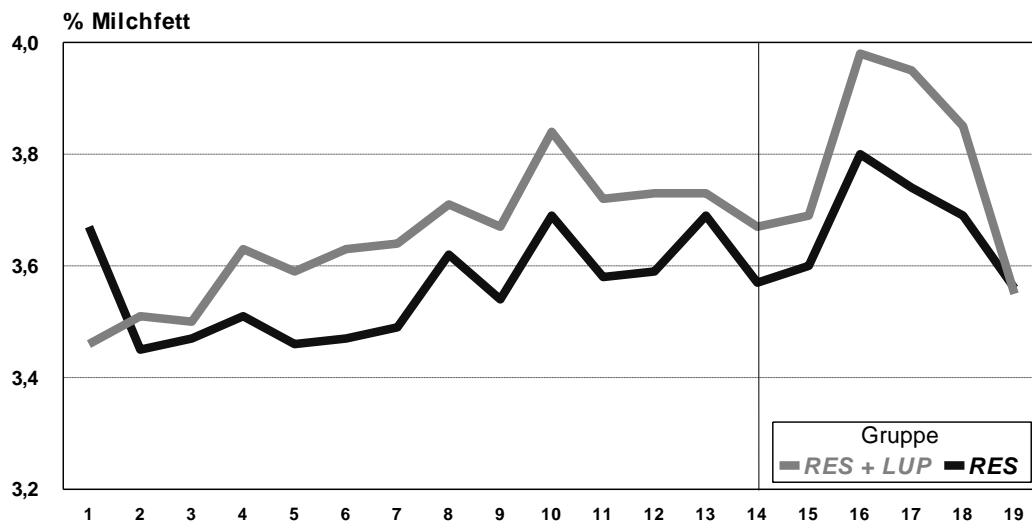


Abbildung 3: Milchfett-, Milcheiweiß- und Milchharnstoffgehalte der Kühe im Versuchsverlauf



Versuchswoche

Tabelle 5: Kalkulation des mittleren Nettoprotein- und nXP-Bedarfs und der Bedarfsdeckung für die Gruppen im Fütterungsversuch

| Bedarfsgröße | Berechnung | Messwert Fütterungsversuch | Gruppenmittelwert Messwert Versuch | | Resultierender Bedarf | |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | | Gruppe | | | |
| | | | <i>Versuch RES + LUP</i> | <i>Kontrolle RES</i> | <i>Versuch RES + LUP</i> | <i>Kontrolle RES</i> |
| Endogene Harn-N-Verluste x 6,25 | $(5,9206 \log \text{ kg KM} - 6,76) \times 6,25$ | Körpermasse ¹⁾ , kg | 669 | 685 | 77 | 78 |
| + Oberflächenverlust an N x 6,25 | $(0,018 \times \text{ kg KM}^{0,75}) \times 6,25$ | | | | | |
| + Endogener Kot-N-Verlust x 6,25 | $(2,19 \times \text{ kg TM}) \times 6,25$ | TM-Aufnahme, kg/Kuh/Tag | 25,5 | 26,1 | 349 | 357 |
| + Milchprotein | Milchmenge x Eiweißgehalt x 10 | Milcheiweißmenge, g/Kuh/Tag | = | | 1442 | 1530 |
| + Proteinansatz | tägliche KM-Zunahme g x 0,138 | Körpermassezunahme, g/Kuh/Tag | 246 | 367 | 34 | 51 |
| Nettobedarf gesamt, g/Kuh/Tag | Σ | | | | 1902 | 2016 |
| nXP-Bedarf, g/Kuh/Tag | x 2,1 | | | | 3994 | 4233 |
| nXP-Aufnahme | Gehalt Futtermittel x Aufnahme | nXP-Aufnahme, g/Kuh/Tag | 4030 | 4175 | | |
| Bilanz nXP, g/Kuh/Tag | Aufnahme - Bedarf | | 36 | -58 | | |

¹⁾ Körpermasse Versuchsbeginn + ½ Zunahme im Versuch

In den Berechnungen der Rationsplanung für die Versuchsfütterung (s. Tabelle 2) sowie in der Versuchsauswertung (s. Tabelle 4, Abbildung 1) kamen für alle eingesetzten Futtermittel unter Verwendung von UDP-Tabellenwerten (Passagerate 5 %/h) kalkulierte nXP-Gehalte zur Anwendung. Bei den eingesetzten Eiweißfuttermitteln wurden für das RES mit 35 % und für die Blauen Lupinen mit 20 % dementsprechende UDP-Anteile unterstellt, die mit denen mittels Rohproteinfraktionierung untersuchten UDP-Anteilen im Mittel eine gute Übereinstimmung aufwiesen (s. Tabelle 3).

Bei der Annahme des bei den Untersuchungen *in situ* für die im Versuch eingesetzten Blauen Lupinen festgestellten UDP-Anteils von 17 % (Passagerate 5 %/h, Mittelwert Sorte 1 und 2, Tabelle 6) und Verwendung der in Tabelle 3 ausgewiesenen mittleren Rohprotein- und ME-Gehalte ergibt sich aus der dann durchgeführten Kalkulation ein Gehalt von 210 g nXP/kg TM. Dieser ist nur geringfügig geringer als bei der Kalkulation auf Basis des UDP-Tabellenwertes (217 g nXP/kg TM, s. Tabelle 3) und nahezu identisch zu dem auf Basis der Rohproteinfraktionierung berechneten (211 g nXP/kg TM). Bei identischem Vorgehen für das im Versuch gefütterte RES resultiert aus der Einbeziehung des *in situ* untersuchten UDP-Anteils von 23 % (s. Tabelle 6) in die Kalkulation ein nXP-Gehalt von 217 g/kg TM. Dieser liegt damit deutlich tiefer als der bei Verwendung des UDP-Anteiles nach DLG-Tabelle bzw. aus der Rohproteinfraktionierung kalkulierte Wert (255 g nXP/kg TM, s. Tabelle 3).

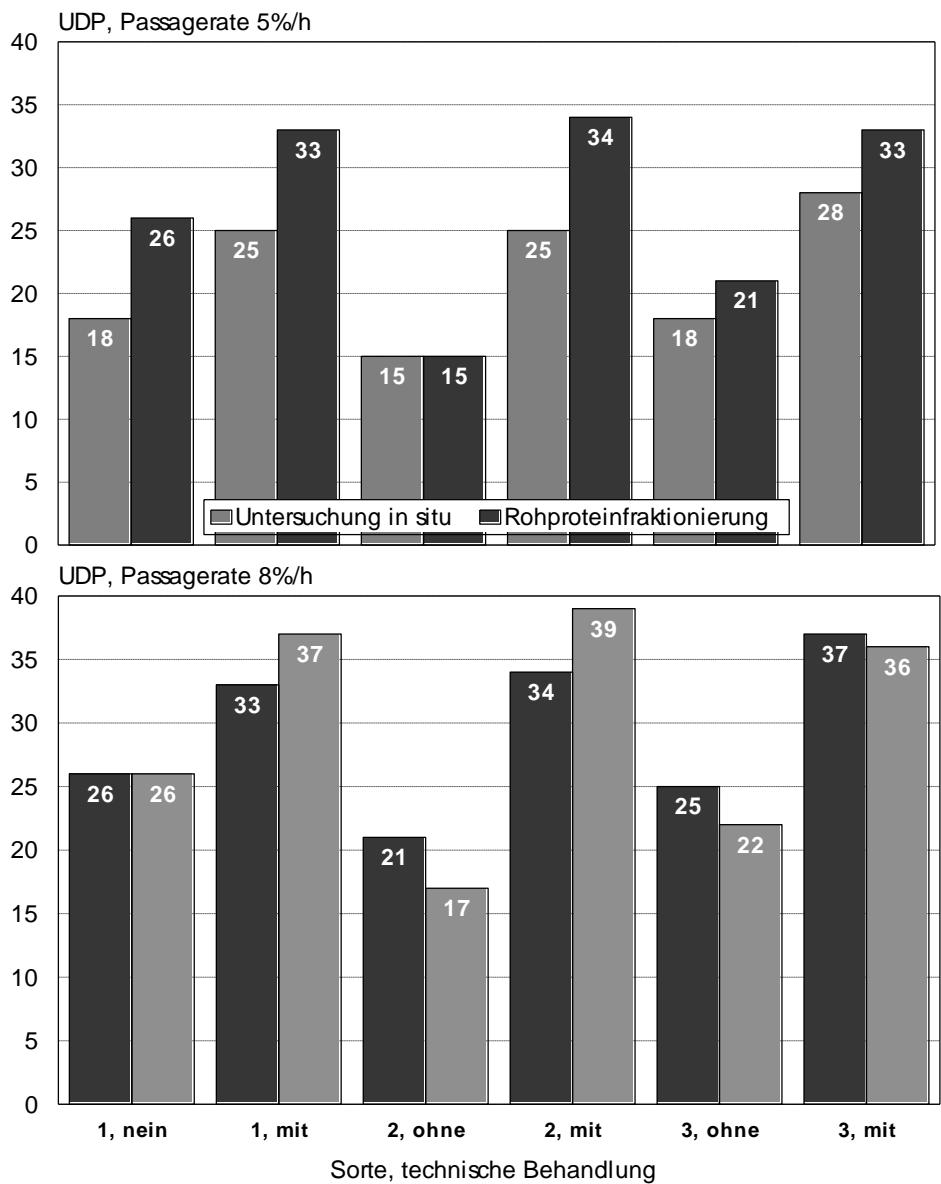
Bei Verwendung der *in situ* untersuchten Werte in der Versuchsauswertung verringert sich die vorher berechnete Differenz in der nXP-Aufnahme zwischen den beiden Gruppen von 145 g je Kuh und Tag (s. Tabellen 4 und 5) um 47 g. Die kalkulierten unterschiedlichen nXP-Gehalte und nXP-Aufnahmen würden bei diesem Vorgehen in der Berechnung einen noch geringeren Anteil der festgestellten Leistungsdifferenz beim Milcheiweiß erklären als die vorher dargestellten Auswertungen.

Zusätzlich zu den schon dargestellten Parametern der Versorgungslage, der Leistung und des Zuwachses der Kühe im Versuch wurde die NSBA im Harn aller Kühe in einer Stichprobe an einem Versuchstag gemessen. Diese unterschied sich nicht zwischen den Gruppen (*Versuch RES + LUP*: 126 mmol/l, *Kontrolle RES*: 123 mmol/l). Damit liegen sie im physiologischen Bereich des Säuren-Basen-Haushaltes (107 bis 193 mmol/l, nach Staufenbiel, 2008). Dies kann als ein Hinweis auf eine wiederkäuergerechte Versorgung in beiden Gruppen und für das Ausbleiben nachteiliger Wirkungen der relativ geringen DCAB der Rationen gewertet werden. Das gilt auch für die ebenfalls in den Proben gemessenen Harn-pH-Werte, die im Mittel für beide Proben bei 8,1 lagen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen *in situ* sowie mittels Rohproteinfraktionierung an den Proben von Blauen Lupinen vor und nach thermischer bzw. hydrothermischer Behandlung zeigten jeweils einen Anstieg der UDP-Anteile als Behandlungseffekt an (Abbildung 4). Aus den Untersuchungen *in situ* ergaben sich Erhöhungen des UDP-Anteiles bei einer angenommenen Passagerate von 5%/h um 6 bis 10 Prozentpunkte nach thermischer und um 10 Prozentpunkte nach hydrothermischer Behandlung (Tabelle 6). Bei Annahme einer Passagerate von 8%/h erhöhen sich die UDP-Anteile nach der Behandlung um 7 bis 12 bzw. um 15 Prozentpunkte.

Aus den Untersuchungen mittels Rohproteinfraktionierung lassen sich vergleichbare Behandlungseffekte auf den UDP-Anteil in den Lupinen ableiten. Es ergaben sich bei der angenommenen Passagerate von 5 %/h nach thermischer Behandlung Erhöhungen um 7 bis 19 Prozentpunkte und nach hydrothermischer Behandlung um 12 Prozentpunkte. Bei angenommener Passagerate von 8 %/h wurden Erhöhungen des UDP-Anteils um 11 bis 22 bzw. 14 Prozentpunkte ermittelt. Die Kalkulation der nXP-Gehalte für die drei untersuchten unbehandelten Proben von Blauen Lupinen ergab im Mittel 207 g/kg TM bei Annahme einer Passagerate von 5 %/h. Für die Proben von behandelten Blauen Lupinen liegt dieser Wert um 23 g/kg TM bzw. 11 % höher. Bei Annahme einer Passagerate von 8 %/h kommt es zu einer Steigerung des berechneten nXP-Gehaltes von 222 g von auf 249 g/kg TM um 27 g bzw. wiederum 11 %.

Abbildung 4: Mit verschiedenen Methoden untersuchte Anteile an UDP am Rohprotein bei differenzierter angenommener Passagerate in Proben unterschiedlicher Sorten von Blauen Lupinen mit und ohne thermische Behandlung¹⁾



¹⁾ Sorte 1: Boregine, Behandlung thermisch
 Sorte 2: Regent, Behandlung thermisch
 Sorte 3: Boruta, Behandlung hydrothermisch

Tabelle 6: Ergebnisse der Bestimmung des ruminalen Rohproteinabbaus *in situ* in Proben der im Fütterungsversuch eingesetzten Futtermittel sowie weiterer Proben unbehandelter und thermisch behandelter Blauer Lupinen

| Futtermittel | Behandlung | TM, g/kg FM | Rohprotein, g/kg TM | Abbauparameter des Rohproteins, % | | | | Effektiver Rohproteinabbau ⁵⁾ , % | | UDP, % | |
|-----------------------------|------------|----------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|--|-------|--------|-------|
| | | | | a ¹⁾ | b ²⁾ | a + b ³⁾ | c ⁴⁾ , %/h | Passagerate | | | |
| | | | | | | | | 5 %/h | 8 %/h | 5 %/h | 8 %/h |
| Rapsextraktionsschrot | ohne | 914 | 375 | 18,1 | 76,4 | 83,4 | 16,5 | 76,6 | 69,4 | 23,4 | 30,6 |
| Blaue Lupinen ⁶⁾ | | | | | | | | | | | |
| Sorte 1 | ohne | 924 | 298 | 23,2 | 76,3 | 99,4 | 16,3 | 81,5 | 74,3 | 18,5 | 25,7 |
| | mit | 940 | 320 | 24,2 | 75,8 | 100,0 | 10,5 | 75,4 | 67,0 | 24,6 | 33,0 |
| Sorte 2 | ohne | 928 | 285 | 27,2 | 72,4 | 99,5 | 19,9 | 84,9 | 78,7 | 15,1 | 21,3 |
| | mit | 93,8 | 297 | 19,7 | 80,3 | 100,0 | 11,1 | 75,0 | 66,3 | 25,0 | 33,7 |
| Sorte 3 | ohne | 914 | 319 | 27,9 | 71,8 | 99,7 | 15,7 | 82,2 | 75,3 | 17,8 | 24,7 |
| | mit | 941 | 328 | 19,7 | 80,3 | 100,0 | 9,3 | 71,8 | 62,8 | 28,2 | 37,2 |

¹⁾ löslich, ²⁾ potenziell abbaubar, ³⁾ Plateau, ⁴⁾ Abbaurrate von b, ⁵⁾ $a + bc/(c + \text{Passagerate})$

⁶⁾ Sorte 1: Boregine, Behandlung thermisch, Sorte 2: Regent, Behandlung thermisch, Sorte 3: Boruta, Behandlung hydrothermisch

Tabelle 7: Ergebnisse der Schätzung des UDP-Anteils am Rohproteinabbau mittels Rohproteinfraktionierung in Proben der im Fütterungsversuch eingesetzten Futtermitteln sowie weiterer Proben unbehandelter und thermisch behandelter Blauer Lupinen

| Futtermittel | Behandlung | TM, g/kg FM | Rohprotein, g/kg TM | Rohproteinfraktionen, % | | | | | UDP, % | | |
|-----------------------------|------------|----------------|------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------|-------|--|
| | | | | A ¹⁾ | B1 ²⁾ | B2 ³⁾ | B3 ⁴⁾ | C ⁵⁾ | Passagerate | | |
| | | | | | | | | | 5 %/h | 8 %/h | |
| Rapsextraktionsschrot | ohne | 889 | 390 | 7,0 | 22,5 | 57,3 | 7,1 | 6,1 | 36 | 46 | |
| Blaue Lupinen ⁶⁾ | | | | | | | | | | | |
| Sorte 1 | ohne | 916 | 342 | 7,2 | 68,8 | 22,4 | 0,6 | 1,0 | 26 | 26 | |
| | mit | 936 | 330 | 8,0 | 26,1 | 61,8 | 2,9 | 1,2 | 33 | 37 | |
| Sorte 2 | ohne | 918 | 302 | 9,1 | 63,4 | 25,5 | 0,5 | 1,5 | 15 | 17 | |
| | mit | 930 | 317 | 8,3 | 24,3 | 60,8 | 5,1 | 1,5 | 34 | 39 | |
| Sorte 3 | ohne | 908 | 320 | 1,9 | 67,2 | 29,3 | 0,6 | 1,0 | 21 | 21 | |
| | mit | 931 | 342 | 7,9 | 31,3 | 56,0 | 3,5 | 1,3 | 33 | 36 | |

¹⁾ NPN, ²⁾ pufferlösliches Reinprotein, ³⁾ pufferunlösliches Reinprotein, ⁴⁾ zellwandgebundenes lösliches Reinprotein, ⁵⁾ zellwandgebundenes unlösliches Reinprotein

⁶⁾ Sorte 1: Boregine, Behandlung thermisch, Sorte 2: Regent, Behandlung thermisch, Sorte 3: Boruta, Behandlung hydrothermisch

4. Zusammenfassung der Ergebnisse und abgeleitete Schlussfolgerungen für die Milchkuhfütterung

In einem Einzeltierfütterungsversuch wurde die Versorgung von zwei Tiergruppen mit je 39 Milchkühen ausschließlich mit Rapsextraktionsschrot (RES) sowie mit der Kombination von RES und Blauen Lupinen als Eiweißfuttermittel miteinander verglichen.

Das im Versuch eingesetzte Rapsextraktionsschrot (RES) wurde im gesamten Versuchsverlauf von einer Ölmühle und einem Landhändler bezogen. Es wies hinsichtlich Futterwertparameter Rohprotein- und nXP-Gehalt eine hohe Konstanz auf.

Bei den verwendeten Blauen Lupinen waren für die Proben aus den einzelnen Anlieferungen für diese Parameter deutliche Variationen zu verzeichnen, die z. T. über die notwendige Nutzung von zwei unterschiedlichen Sorten erklärt werden können.

Mit dem alleinigen Einsatz von RES als Eiweißfuttermittel sowie bei Versorgung mit einer Kombination aus RES und unbehandelten Blauen Lupinen zu etwa gleichen Anteilen konnten Rationen berechnet und zusammengestellt werden, die ähnliche Gehalte an Energie, Protein und anderen relevanten Nährstoffen aufwiesen und Fütterungsempfehlungen für Kühe mit hoher Milchleistung entsprachen.

Die mittleren Aufnahmen an Trockenmasse, Energie, Rohprotein und nXP im Versuch unterschieden sich nicht signifikant zwischen der Gruppe, die ausschließlich RES als Eiweißfutter erhielt (*Kontrolle RES*) und der Gruppe, für die ca. 50 % des Eiweißfutters aus unbehandelten Blauen Lupinen bestand (*Versuch RES + LUP*).

In den vorgenommenen Kalkulationen der Versuchsauswertung deutet sich insbesondere aufgrund höherer Messwerte für die Futteraufnahmen (nicht sign.) eine etwas bessere Versorgungslage der Kühe mit nXP an, die mit der Ration *Kontrolle RES* gefüttert wurden.

Mögliche Ursachen für unterschiedliche Futteraufnahmen zwischen den Gruppen konnten nicht ermittelt werden.

Zwischen den Gruppen traten im Mittel im Versuch keine signifikanten Mittelwertdifferenzen bei den wichtigen Leistungsparameter (Milchmenge, ECM, Milcheiweißmenge) und bei den Milchinhaltsstoffen auf.

Passend zur kalkulierten Versorgungslage der Kühe in den Gruppen deutet sich für den Versuch und aus den Verläufen im Versuchszeitraum eine etwas höhere Milch- und insbesondere Milcheiweißleistung bei ausschließlicher Versorgung mit RES als Eiweißfutter gegenüber einer anteiligen Substitution des RES durch unbehandelte Blaue Lupinen an.

Rationen, die eine Kombination aus RES und unbehandelten Blauen Lupinen als Eiweißfutter enthalten, können für die Versorgung von Milchkühen mit sehr hohem Leistungspotenzial zum Einsatz kommen. Das Erreichen hoher Milch- und Milcheiweißleistungen ist mit solcher Fütterung möglich.

Die anteilige Verwendung von unbehandelten Lupinen bietet sich insbesondere an, wenn diese aus eigenem oder unmittelbar regionalem Anbau für die innerbetriebliche oder regionale Verwertung in der Fütterung zur Verfügung stehen.

Für die Fütterung von Kühen mit sehr hohem Leistungspotenzial könnte bei ausschließlichem Einsatz von RES als Eiweißfuttermittel eine noch etwas stabilere Versorgungslage und Leistung als bei einer anteiligen Versorgung mit unbehandelten Blauen Lupinen erreicht werden.

Variierende Rohprotein- und nXP-Gehalte von Blauen Lupinen (wie im Fütterungsversuch) können sich ggf. bei deren Fütterungseinsatz nachteilig auf die Konstanz der Versorgungslage von Kühen auswirken.

Die Sicherung des Einsatzes möglichst einheitlicher Partien (Rohprotein und andere Futterwertparameter, Sorten) an Blauen Lupinen aus dem innerbetrieblichen Anbau oder dem

Handel muss angestrebt werden. Die Kenntnis zu den Gehalten an relevanten Futterwertparametern (Rohprotein, Rohfett u.a.) ist für eine bedarfsgerechte Fütterung mit diesem Futtermittel unbedingt notwendig und entsprechend durchgängig mit ausreichender Sicherheit zu erheben.

Für die Leistungsfütterung ist eine möglichst sichere Kenntnis zum UDP- und nXP-Gehalt der eingesetzten Eiweißfuttermittel notwendig. Dazu sind vorhandene Tabellenwerte zu prüfen und bei Bedarf anzupassen. Die Methoden der UDP-Feststellung sind in ihrer Anwendbarkeit weiter vergleichend zu prüfen und weiterzuentwickeln.

In begleitenden erweiterten Futterwertuntersuchungen zur Feststellung des ruminalen Rohproteinabbaus, der UDP-Anteile und der nXP-Gehalte in Proben von technisch mit Wärme unbehandelten und behandelten Lupinen wurde ein deutlicher Wärmebehandlungseffekt festgestellt.

Mittels thermischer oder hydrothermischer Behandlung kann der UDP- und nXP-Gehalt des Futtermittels bzw. in Rationen mit Lupinenanteil erhöht und die Versorgungslage von Kühen im Bedarfsfall verbessert werden.

Die Einsatzwürdigkeit von unbehandelten und behandelten Blauen Lupinen in der Milchkuhfütterung entscheidet sich am jeweiligen festgestellten Futterwert und an den konkret entstehenden Kosten für die betriebliche Produktion oder den Zukauf der Blauen Lupinen sowie ggf. für technische Behandlungen zur Erhöhung der Proteinqualität.

Blaue Lupinen sind für die Fütterung von Milchkühen gut geeignet. Sie können zusammen mit RES in Rationen zum Einsatz kommen, die nur mit einheimischen und gentechnisch unveränderten Eiweißfuttermitteln ausgestattet sein sollen. (Gleichzeitig sind ggf. mit ihrem Anbau im Betrieb positive ackerbauliche Effekte im Sinne einer nachhaltigen Landwirtschaft zu erreichen.)

Die Verfügbarkeit Blauer Lupinen aus einheimischem Anbau für die Milchkuhfütterung ist aufgrund von Fördermaßnahmen zunehmend, aber immer noch stark begrenzt und deckt nicht einen möglichen Bedarf ab.

Maßnahmen für eine höhere Verfügbarkeit von Blauen Lupinen als Ersatz von GVO-Sojaextraktionsschrot und zur Ergänzung auf hohem Niveau ebenfalls begrenzt verfügbarer einheimischer Extraktionsschrote (RES) in der konventionellen Milchkuhfütterung sollten angestrebt werden.

5. Literatur

- Bundesamt für Naturschutz, BfN (2013): Naturschutz und Landwirtschaft im Dialog: Konzepte zur Etablierung eines nachhaltigen und vielfältigen Leguminosenanbaus, 21. bis 24. Oktober 2013, Insel Vilm, Tagungsdokumentation
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, BLE (2013): Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit - Strategien für einen erfolgreichen Anbau
- DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7., erweiterte und überarbeitete Auflage, DLG-Verlag Frankfurt.
- DLG (2011): Proteinwert der Rapsprodukte neu gefasst. Stellungnahme des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung.
- Engelhard, T., Helm, L., Harbordt, M., Kluth, H. (2005): Zum Einsatz hydrothermisch behandelter Lupinen und Extraktionsschrote in der Fütterung der Hochleistungskuh. Forum für angewandte Forschung in der Rinder und Schweinefütterung, Tagungsband, 39-42
- Engelhard, T., Alert, H.J. (2012): Kühe ohne Extraktionsschrote füttern? Ergebnisse aus Fütterungsversuchen. www.proteinmarkt.de
- Engelhard, T. (1996): Körnerleguminosen in der Milchviehfütterung. Jahresbericht der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung und Technik des Landes Sachsen-Anhalt, 16-18
- GfE (1997): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Zum Proteinbedarf von Milchkühen und Aufzuchtrindern. 6:217-236
- GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Hoffmann, M., 1990: Tierfütterung. 2. Auflage, Dt. Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Jeroch, H., Flachowsky, G., Weißbach F. (1993): Futtermittelkunde. Verlag Gustav Fischer, Jena und Stuttgart.
- Licitra, G.,G.,Hernandez, T.M., Van Soest, P.J. (1996): Standardization of procedures for nitrogen fractions of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 57, 347-358.
- Ovid (2016): Daten und Grafiken, www.ovid-verband.de
- Peters, J. (2015): Anbau von Lupinen – Chancen und Risiken. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Fachinformationen, http://www.landwirtschaft-mv.de/cms/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen
- Pieper, R., Gabel, M., Ott, E.M., Pieper, B., Riesenstock, H., Souffrant, W.B., Gruis, D. (2007): Druckhydrothermisch behandelte Lupinen und Rapsextraktionsschrot in Rationen für Hochleistungskühe – ein möglicher Ersatz für Sojaextraktionsschrot. UFOP-Schriften, Heimische Körnerleguminosen mit geschütztem Protein in der Milchviehfütterung, Auflage 33, 50-62
- Pieper, R., Pieper B., Gabel, M. (2004): Einfluss der Verfütterung von opticon-behandelten Lupinen (*lupinus angustifolius*) auf Milchleistung, Inhaltstoffe und

Stoffwechselformparameter von Milchkühen. Vortragstagung der DGfZ und GfT am 29./30. September 2004 in Rostock

Pries, M., Hauswald, A., Schönwald, A., Spiekers, H., Freitag, M. (2005): Hydrothermisch behandelte Lupinen zur Eiweißversorgung der Milchkuh. Forum für angewandte Forschung in der Rinder und Schweinefütterung, Tagungsband, 35-38

Pries M., Mahlkow-Nerge, K., Engelhard, T., Meyer, A., Steingaß, H. (2012): Einsatz von Raps- und Sojaextraktionsschrot in der Fütterung von Kühen mit hoher Milchleistung und unterschiedlichen Anteilen an Maissilage in der Grobfütterung – Teil 2 Fütterungsversuche. Forum für angewandte Forschung in der Rinder und Schweinefütterung, Tagungsband, 45-48

Roth-Maier, D.A., Paulicks B.R., Steinhöfel, O., Weiß, J. (2004): Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Lupinen in der Nutztierfütterung. UFOP-Praxisinformation

Shannak, S., Südekum, K.-H., Susenbeth, A. (2000): Estimating ruminal crude protein degradation with *in situ* and chemical fractionation procedures. Anim. Feed Sci. Technol. 85, 195-214.

Steingaß, H. (2015): Persönliche Mitteilung

Staufenbiel, R. (2008): Referenzwerte zur Bestanduntersuchung, Tierärztliche Nutztierambulanz und Diagnostischer Dienst am Rind, Freie Universität Berlin.

UFOP (2016): Agrarstatistik. www.ufop.de/agrar-info/agrar-statistik

WWF(2012): Alternativen zu importiertem Soja in der Milchviehfütterung. WWF-Studie, WWF Deutschland, Berlin



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de