

Milchkuhfütterungsversuch

Untersuchungen zum Futterwert und zum Einsatz von Raps- und Sojaextraktionsschrot in der Fütterung von Kühen mit hoher Milchleistung bei einer maisbetonten Ration



Dr. Dr. Katrin Mahlkow-Nerge

Dr. Werner Lüpping

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein

Abteilung Tierhaltung und Tierzucht

Futterkamp, 24327 Blekendorf



Milchkuhfütterungsversuch

Untersuchungen zum Futterwert und zum Einsatz von Raps- und Sojaextraktionsschrot in der Fütterung von Kühen mit hoher Milchleistung bei einer maisbetonten Ration

**Landwirtschaftskammer, Futterkamp
Institut für Tierzucht, Universität Kiel**

Arbeitsgruppe:

Dr. Katrin Mahlkow-Nerge

Dr. Werner Lüpping

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Tierhaltung und Tierzucht

Futterkamp, 24327 Blekendorf

Tel. 4381/900999

e-mail kmahlkow@lksh.de

wluemming@lksh.de

1. Ausgangspunkt/Ziel der Versuchsdurchführung

Aus dem Einsatz von Rapsextraktionsschrot (RES) zum vollständigen Ersatz von Sojaextraktionsschrot (SES) als Proteinergänzung für Milchkühe könnten sich verschiedene Möglichkeiten und Vorteile ergeben:

- GVO-freie Fütterung von Milchkühen (Bedeutung hinsichtlich Verfügbarkeit GVO-freier Futtermittel, Verbraucherwünsche, spezieller Produktmarken)
- Versorgung von Milchkühen auf Basis regional erzeugter Futtermittel (Bedeutung hinsichtlich nachhaltiger Produktion, Verbraucherwünsche, spezieller Produktmarken)
- futterökonomische Vorteile (Bedeutung für Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion)
- möglicherweise höhere Versorgung mit UDP und gleichwertige oder höhere Versorgung mit nXP, bei geringerer RNB (Umweltaspekte)

In der Vergangenheit wurde der Einsatz von RES aufgrund der Angabe vergleichsweise geringer UDP5-Gehalte (25 %, SES 35 %) für Hochleistungskühe kritisch gesehen. Aufgrund neuerer Untersuchungen (Südekum et al., 2001) und abgeleiteter Erkenntnisse kam es im DLG-Tabellenwerk zur Angleichung auf 30 % UDP5-Gehalte für beide Extraktionsschrote. Verschiedene aktuelle Untersuchungen (Baum, 2005, Hiendl et al., 2007, Kneer et al., 2010, LKS, 2010) deuten jedoch darauf hin, dass die UDP-Gehalte von RES oberhalb dieses Niveaus liegen (*in situ* Untersuchungen: 35 % UDP5, XP-Fraktionierung nach Shannak et al. 2000: 40 – 65 %) und die UDP-Gehalte von SES zum Teil deutlich darunter liegen können (XP-Fraktionierung: 10 – 55 % UDP5). Daraufhin wurde aktuell der UDP5-Gehalt von Rapsextraktionsschrot auf 35 % angehoben, während für Sojaextraktionsschrot ein UDP5-Gehalt von 30 % angegeben wird (www.futtermittel.net).

Zur Untersuchung der Futterwerte und Fütterungseigenschaften von RES im Vergleich zu SES als Proteinergänzung wurden bereits verschiedene Fütterungsversuche mit Milchkühen durchgeführt. Diese zeigten, dass SES teilweise oder vollständig in hohen Anteilen in Rationen für Hochleistungskühe durch RES (Einsatzmengen 2-3 kg/Tier und Tag) ersetzt werden konnte, ohne dass Leistungseinbußen oder andere Nachteile auftraten (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 1998; Raab und Jahnknecht, 2002; Spiekers et al., 2000; Steingaß et al. 2010). In einem Gruppenfütterungsversuch in Iden (Kluth et al., 2005) kamen sogar 4 kg RES oder SES zum Einsatz. Auch dort realisierten die Tiere ähnliche Milchleistungen (RES: 40,5 kg Milch je Tier und Tag, SES: 40,0 kg) und gleiche Eiweißgehalte (RES/SES: 3,34 %). In der Milch der Tiere, die ausschließlich mit RES gefüttert wurden, waren die Milchharnstoffgehalte niedriger (247 g/l) als nach ausschließlicher SES-Fütterung (265 mg/l). Höhere mittlere Milchfettgehalte zum Laktationsstart sowie ein höherer Abbau von Rückenfett in der RES-Gruppe während der Früh-laktation könnten Hinweise auf eine vergleichswei-

se ungünstigere Energieversorgung sein, die trotz der Zulage von pansenstabilem pflanzlichen Futterfett auftrat.

Dennoch existieren auch Meinungen in der Praxis, dass besonders bei maisbetonten Futterrationen, in denen eine sehr hohe Eiweißergänzung notwendig ist, der ausschließliche Einsatz von RES (mit > 4 kg je Tier und Tag) zu Leistungseinbußen führen kann. Hohe Maissilageanteile in der Ration und hohe UDP-Gehalte im RES können ggf. eine stark negative RNB der Gesamtration hervorrufen, die sich im Extremfall nachteilig auf die Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen auswirken könnte. Die Erhöhung der RNB, vorzugsweise durch den Einsatz von Futterharnstoff, wäre dann erforderlich. Diese Situation soll im aktuellen Fütterungsversuch der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein geprüft werden.

Der Versuch war Teil eines Projektes, in dem weitere Fütterungsversuche mit RES und SES (Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Sachsen-Anhalt und Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) sowie Untersuchungen zum Futterwert der beiden Extraktionsschrote (Universität Hohenheim, LKS Lichtenwalde mbH, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) durchgeführt wurden. Die Ergebnisse stehen zusammengefasst zur Verfügung (Steingäß et al., 2012; Pries et al., 2012). Die Projektdurchführung wurde durch die Verbände UFOP und OVID unterstützt.

2. Versuchsanstellung

Datenerhebungen

Zur Datenerhebung zählten die tägliche tierindividuelle Futter- und Wasseraufnahme sowie die Milchmenge, die Gewichte und das Wiederkauverhalten jedes Versuchstieres. Letzteres erfolgt mittels Transponder. In diesen Transpondern befinden sich berührungssensitive Mikrofone, welche die Geräusche beim Wiederkauen aufnehmen. Die Transponder sind den Kühen so um den Hals gehängt, dass sie an der linken Seite des Halses sitzen. Diese Geräusche werden dann in entsprechende Signale umgewandelt und die Messwerte anschließend an im Stall befindliche Antennen gesendet. Diese Antennen befinden sich direkt über den Tränken. Bei jedem Tränkebesuch werden die im Transponder des Tieres gesammelten Daten an diese abgegeben und über eine Receiverbox zum angeschlossenen PC weitergeleitet.

Die Messwerte umfassen dabei immer die Wiederkauzeit im Zwei-Stunden-Rhythmus.

Wöchentlich wurden zudem die Milchinhaltsstoffe (Fett, Eiweiß, Laktose, Harnstoff, Zellzahl) bestimmt und achtmal während des Versuchszeitraumes die Körperkondition (BCS) beurteilt sowie die Rückenfettdicke mittels Ultraschall gemessen.

Die Probennahme für die Untersuchung der Stoffwechselfparameter im Harn erfolgte an 3 Stichtagen – zu Versuchsbeginn (1.Versuchstag), in der Versuchsmitte und am –ende (12.Versuchswoche). Die Proben wurden jeweils 2-3 Stunden nach der letzten Futtervorlage gewonnen. Die Untersuchungen fanden im Zentrum für Tierhaltung und Technik, Iden, der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt nach anerkannten Methodenvorschriften statt.

Begleitet wurden die Untersuchungen durch ständiges Erfassen von Erkrankungen, Behandlungen und sonstigen Auffälligkeiten der Versuchstiere.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte in der Universität Kiel mit dem Programmpaket SASS. Dabei wurde für die tägliche Futter- und Wasseraufnahme sowie die Milchmenge, die Wiederkaudauer und das Gewicht folgendes lineares, gemischtes Wiederholbarkeitsmodell gewählt:

$$y = \mu + \text{TAG} + \text{GRP} + \text{LNO} + f(\text{Itg}) (\text{LNO}) + \text{Kuh} + e$$

Für die wöchentlichen Milchinhaltsstoffe, die energiekorrigierte Milch und die Körperkondition wurde das folgende lineare, gemischte Wiederholbarkeitsmodell:

$$y = \mu + \text{TAG} + \text{GRP} + \text{LNO} + f(\text{ltg}) + \text{Kuh} + e$$

und für die Stoffwechselfparameter das lineare, gemischte Wiederholbarkeitsmodell gewählt:

$$y = \mu + \text{TAG} + \text{GRP} + \text{LNO} + \text{LAB} + \text{Kuh} + e$$

mit: y = Beobachtungswert des jeweiligen Merkmals

μ = allgemeines Mittel

TAG = fixer Effekt des Beobachtungstages

LAB = fixer Effekt des Laktationsabschnittes (40-120, 121-200, 201-305)

GRP = fixer Effekt der Versuchsgruppe (1,2)

LNO = fixer Effekt der Laktationsnummer (1,2,3, >4)

$f(\text{ltg})$ = Laktationskurve

$$\text{Laktationskurve: } \text{ltg}/310 + (\text{ltg}/310)^2 + \ln(310/\text{ltg}) + (\ln(310/\text{ltg}))^2$$

Kuh = zufälliger Effekt der Kuh (1,2,.....,71)

e = zufälliger Restfehler

Material und Methodik

Der Versuch begann nach der Eingruppierung der 72 Versuchstiere (Tabelle 1; ein Tier musste aus betrieblichen Gründen den Versuch vorzeitig beenden, so dass in die Auswertung insgesamt 71 Tiere einbezogen werden konnten) und einer entsprechenden Adaptation von 2,5 Wochen (04.04.- 19.04.2011) am 20.04.2011 und endete am 12.08.2011. Damit betrug die Versuchsdauer 115 Tage.

Tabelle 1: Charakterisierung der Versuchstiere: Laktationsstadium, Alter, Vorlaktationsleistung

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja		Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff	
	Mittelwert	Standard- abweichung	Mittelwert	Standard- abweichung
Tierzahl	35		36	
davon Erstkalbskühe	13		15	
Laktationsnummer	2,14	1,17	2,19	1,21
Laktationstag am 20.04.2011	112	50,07	124	48,31
letzte Milchkontrolle: Milch kg	39,6	8,14	38,8	6,56
letzte Milchkontrolle: Fett %	3,63	0,46	3,78	0,71
letzte Milchkontrolle: Eiweiß %	3,16	0,28	3,15	0,24
letzte Milchkontrolle: ECM kg	37,3	7,32	37,1	6,67
letzte Milchkontrolle: Zellzahl	50	49,97	60	75,97
letzte BCS	3,00	0,40	2,98	0,37
tgl. Milchmenge (Wochenmittel vor Versuchsbeginn), kg	39,0	10,15	38,0	8,42
Vorlaktation, Milch kg	10750	1920,77	10411	1485,84
Vorlaktation, Fett %	3,75	0,38	3,85	0,30
Vorlaktation, Eiweiß %	3,16	0,13	3,19	0,14
Vorlaktation, Milch kg/Melktag	35,8	6,37	35,1	4,45
Gewicht, kg (Versuchsbeginn: Mittelwert der ersten 7 Versuchstage)	619	63,89	629	49,21

Rationsvorlage und Fütterungsvarianten

Grundlage für den Fütterungsversuch war eine betriebsübliche maisbetonte Ration, die täglich zweimal frisch vorgelegt wurde. Die Grobfuttermischung war für beide Varianten identisch.

Das Grobfutter:Krafffutter-Verhältnis betrug 60:40 %.

Da im Mittelpunkt dieses Versuches die Eiweißversorgung mit unterschiedlichen Eiweißträgern stand, unterschied sich das Krafffutter v.a. bzgl. der Eiweißlieferung (Tabelle 2).

Tabelle 2: Zusammensetzung und deklarerter Futterwert der Krafffuttermischungen

Futtermittel	Einheit	Krafffutter für Ver-	Krafffutter für Ver-
		suchsgruppe 1 Raps+Soja	suchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
Melassierte Trockenschnitzel	% der FM	33,4	25,4
Roggen, Körner	% der FM	16,0	16,0
Rapsextraktionsschrot 00-Typ	% der FM	23,0	54,0
Sojalextraktionsschrot (42 % XP)	% der FM	23,0	
Mineral	% der FM	2,6	2,2
Melasse	% der FM	2,0	2,0
Harnstoff	% der FM		0,45
Kennwert			
TM-Gehalt	% der FM	89,7	89,6
Energie (1997)	MJ NEL/kg FM	6,64	6,41
Energie (2010)	MJ NEL/kg FM	6,51	6,31
XP	g/kg FM	220	231
nXP**	g/kg FM	175	178
UDP*	% XP	28,4	31,4
RNB**	g/kg FM	8	9
ADF	% der FM	14,4	17,3
ADF _{org}	% der FM	13,8	16,6
NDF	% der FM	23,4	27,0
NDF _{org}	% der FM	21,4	24,3
Stärke	g/kg FM	109	107
Zucker	g/kg FM	122	113
Fett	g/kg FM	15	16
P	g/kg FM	5,8	7,2
Na	g/kg FM	2,9	3,0
Ca	g/kg FM	11,2	9,7
Mg	g/kg FM	3,0	3,9
Zn	mg/kg FM	161	168
Mn	mg/kg FM	136	142
Cu	mg/kg FM	26	23
Se	mg/kg FM	0,63	0,60
Co	mg/kg FM	1,3	1,3
J	mg/kg FM	3,7	3,7

S	g/kg FM	5,7	9,0
Vit A	i. E./kg FM	20.000	20.000
Vit D3	i. E./kg FM	2.000	2.000
Vit E	i. E./kg FM	80	80

** UDP-Gehalte berücksichtigen für Rapsextraktionsschrot einen UDP-Wert von 35 % und für Sojaextraktionsschrot einen UDP-Wert von 25 % des XP*

*** nXP- und RNB-Gehalte basieren auf den unter * angegebenen UDP-Werten*

Diese wurde bei den Tieren der Versuchsgruppe 1 mit einem Gemisch aus Raps- und Sojaextraktionsschrot - im Verhältnis 50:50 % -, bei den Tieren der Versuchsgruppe 2 ausschließlich mit Rapsextraktionsschrot (bei einer unterstellten Futteraufnahme von 20,9 kg TM entspricht das einer Tagesmenge von 4,9 kg/Kuh), in Kombination mit Futterharnstoff, vorgenommen.

Die angestrebte Einstellung gleicher Kennwerte zur Eiweißversorgung verlangte bei der Rationsgestaltung für die Tiere der Versuchsgruppe 2 ein Anheben der RNB. Deshalb erfolgte im Kraffutter dieser Kühe das Einmischen von Futterharnstoff. Dieses entsprach letztlich einer Einsatzmenge von 41 g je Tier und Tag.

Bei der Rationsberechnung wurden für beide Extraktionsschrote folgende UDP-Gehalte angenommen:

- Rapsextraktionsschrot: 35 %,
- Sojaextraktionsschrot: 25 %.

Da beide Rationen isokalorisch sein sollten, erfolgte bei der Versuchsgruppe 2 (Raps+Harnstoff) ein Energieausgleich durch die entsprechend höhere Einsatzmenge an pansenstabilem Pflanzenfett (Ca-Seifen kamen in beiden Versuchsgruppen zum Einsatz) - in der Versuchsgruppe 1 Raps+Soja mit 80 g, in der Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff mit 280 g/Tier und Tag (Tabelle 3).

Die Rationsgestaltung für die Tiere beider Gruppen richtete sich an den allgemeinen Empfehlungen für die Versorgung von hochleistenden Milchkühen aus.

Futter und Wasser standen den Tieren ad libitum zur Verfügung.

Tabelle 3: Rationszusammensetzung und Eckparameter (Versuchsplanung)

	Einheit	Versuchs- gruppe 1 Raps+Soja	Versuchs- gruppe 2 Raps+Harnstoff
Grassilage 1.Schnitt 2010 Futterkamp	kg TM	3,30	3,30
Maissilage 2010 Futterkamp	kg TM	9,00	9,00
Stroh Weizen	kg TM	0,34	0,34
Futterfett, geschützt (Ca-verseift, Höveler Lactofett)	kg TM	0,08	0,27
Krafftuttermischung für VG 1 Raps+Soja	kg TM	8,26	
Krafftuttermischung für VG 2 Raps+Harnstoff	kg TM		8,00
<i>Kennwerte der Ration</i>			
Futteraufnahme	kg TM/Tag	21,0	20,9
Energie	MJ NEL/kg TM	7,1	7,1
Milchbildungsvermögen aus Energie (MJ NEL)	kg/Tag	33,8	33,8
XP	% der TM	16,1	16,4
nXP	g/kg TM	159	159
UDP	% des XP	25,5	27,4
RNB	g	7	14
Milchbildungsvermögen aus Protein (nXP)	kg/Tag	33,8	33,8
Rohfaser	% der TM	16,0	16,6
strukturwirksame Rohfaser	% der TM	10,1	10,1
ADF _{org}	% der TM	20,2	21,3
NDF _{org}	% der TM	35,2	36,6
NFC	% der TM	39,2	36,9
Zucker + Stärke	% der TM	25,9	25,2
Zucker	g	1321	1208
Fett	% der TM	2,8	3,7
Ca	g/kg TM	6,9	6,6
P	g/kg TM	4,0*	4,5**
Na	g/kg TM	1,8	1,8
Mg	g/kg TM	2,2	2,5

* P-Gehalt im Mineralfutter für die Raps+Soja-Versuchsgruppe wurde erhöht, um in der Gesamtration einen ähnlichen P-Gehalt zu erreichen wie in der Ration mit Raps+Harnstoff

** der hohe P-Gehalt ergibt sich ausschließlich aus den Futterkomponenten (v.a. Raps); das Mineralfutter für die Raps+Harnstoff-Ration war P-frei

3. Versuchsergebnisse

3.1. Futteruntersuchungen

Die Futteruntersuchungen fanden nach anerkannten Methoden in der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Service-GmbH (LKS) Lichtenwalde, einem akkreditierten Untersuchungslabor, statt.

Für die Erstellung der Futtermischung wurden vor Versuchsbeginn je eine Querschnittsprobe der Gras- und der Maissilage untersucht. Darüber hinaus erfolgten während des gesamten Versuchszeitraums wöchentlich ebenfalls die Beprobung und die Untersuchung der daraus gebildeten Sammelproben beider Grobfuttersilagen (Tabelle 4).

Tabelle 4: analysierte Nährstoff- und Energiegehalte der verfütterten Gras- und Maissilage

Kennwert	Einheit	Grassilage 1.Schnitt 2010		Maissilage 2010	
		vor Versuchsbeginn	Sammelprobe während des Versuches	vor Versuchsbeginn	Sammelprobe während des Versuches
TM-Gehalt	% der FM	33,4	30,31	36,0	33,41
XA	g/kg TM	94	90	36	34,5
XP	g/kg TM	164	177,5	74	77,5
nXP	g/kg TM	144	136*/142**	135	140,5
RNB	g/kg TM	3,2	6,7*/5,7**	-9,7	-10,0
XF	g/kg TM	232	266,5	170	182,5
ADF _{org}	g/kg TM	236	287,5		197,5
NDF _{org}	g/kg TM		452,5	369	361,5
ADL	g/kg TM		26,5		20
XL	g/kg TM	32	40,5	31	38
NFC	g/kg TM		239,5		488
Stärke	g/kg TM			387	391,2
Zucker	g/kg TM	140	24		
ELOS	% der TM		73,15	71,1	74,1
Gb	ml/200 mg TM	51	48,1		
Energie, ME (GfE 2008)	MJ/kg TM	10,8	10,5*/11,0**	11,3	11,75
Energie, NEL (GfE 2008)	MJ/kg TM	6,6	6,3*/6,6**	6,9	7,25
K	g/kg TM		27,9		9,8
P	g/kg TM		4,15		2,0
Na	g/kg TM		2,7		0,17
Ca	g/kg TM		5,7		2,05
Mg	g/kg TM		2,2		1,35

Cl	g/kg TM		5,7		1,4
S	g/kg TM		3,1		0,9
DCAB	meq/kg TM		484		162
pH-Wert		4,5	4,1	3,9	3,9
Ammoniak-N	% des Gesamt-N	5,5	7,4	6,4	7,2
Pepsinunlösliches XP	% des XP	20	17,65		
Proteinlöslichkeit	% des XP	58,6	63,5	56,9	

* auf Basis Gasbildung, ** auf Basis ELOS

Sowohl die Gras-, als auch Maissilage zeichneten sich durch einen sehr guten Konservierungserfolg aus.

Vom Raps- und Sojaextraktionsschrot wurde je eine Probe im Werk vor der Erstellung der Krafftuttermischungen genommen, die neben der Futtermittelanalyse auch der Untersuchungen der Eiweißfraktionierung dienen (Tabelle 5).

Tabelle 5: analysierte Nährstoff- und Energiegehalte der Extraktionsschrote

Kennwert	Einheit	Rapsextraktionsschrot	Sojaextraktionsschrot
TM-Gehalt	% der FM	89,8	89,4
XA	g/kg TM	76	79
XP	g/kg TM	379	430
nXP*	g/kg TM	283	230
RNB*	g/kg TM	15,4	31,9
nXP**	g/kg TM	314	269
RNB**	g/kg TM	10,5	25,8
XF	g/kg TM	118	113
ADF	g/kg TM	209	148
ADF _{org}	g/kg TM	201	144
NDF _{org}	g/kg TM	266	197
PNDF	g/kg TM	309	210
ADL	g/kg TM	88	36
XL	g/kg TM	43	19
NFC	g/kg TM	236	275
Stärke	g/kg TM		103
Zucker	g/kg TM	98	76
Gb	ml/200 mg TM	nicht bestimmt	47,9
Energie, ME (GfE 2008)	MJ/kg TM	12,1	13,4
Energie, NEL (GfE 2008)	MJ/kg TM	7,4	8,4
Pepsinunlösliches XP	% des XP	12,7	6,9
Proteinlöslichkeit	% des XP	17,9	25,8

A (NDN)	% des XP	5,8	1,1
B1 (pufferlösliches Reinprotein)	% des XP	12,1	24,7
B2 (puffer-unlösliches Reinprotein)	% des XP	66,0	69,9
B3 (zellwandgebundenes lösliches Reinprotein)	% des XP	10,5	0,1
C (zellwandgebundenes unlösliches Reinprotein)	% des XP	5,6	4,2
UDP2	% des XP	24	2
UDP5	% des XP	45	19
UDP8	% des XP	55	30

* Berechnung des nXP und RNB über UDP5 aus der Bestimmung der Rohproteinfraktionen (Rapsex.: 45 % UDP, Sojaex.: 19 % UDP)

** Berechnung des nXP und RNB über UDP8 aus der Bestimmung der Rohproteinfraktionen (Rapsex.: 55 % UDP, Sojaex.: 30 % UDP)

Beide Versuchskrafftutter wurden für den gesamten Versuchszeitraum aus je einer Charge erstellt und eingelagert. Die Beprobung erfolgte sieben Mal im gesamten Versuchszeitraum. Die jeweils daraus erstellte Mischprobe ergab folgende Analysenwerte (Tabelle 6).

Tabelle 6: analysierte Nährstoff- und Energiegehalte der Kraffttermischungen

Kennwert	Einheit	Krafftutter für die Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Krafftutter für die Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
TM-Gehalt	% der FM	88,9	89,9
XA	g/kg TM	80	80
XP	g/kg TM	247	269
UDP	% XP	28	31
nXP*	g/kg TM	197	209
RNB*	g/kg TM	8,0	9,5
XF	g/kg TM	133	125
ADF _{org}	g/kg TM	158	173
NDF _{org}	g/kg TM	306	318
ADL	g/kg TM	51	54
XL	g/kg TM	31	35
NFC	g/kg TM	336	299
Stärke	g/kg TM	181	178
Zucker	g/kg TM	85	80
Gb	ml/200 mg TM	61,8	58,1
Energie, ME (GfE 2008)	MJ/kg TM	12,5	12,5
Energie, NEL (GfE 2008)	MJ/kg TM	7,9	7,8
K	g/kg TM	14,1	12,6

P	g/kg TM	6,0	7,8
Na	g/kg TM	3,3	3,6
Ca	g/kg TM	11,0	10,0
Mg	g/kg TM	4,0	4,9
Cl	g/kg TM	5,7	5,9
S	g/kg TM	3,3	4,6
DCAB	meq/kg TM	138	30

* Berechnung des nXP und RNB über angenommene UDP für Rapsex.: 35 %, Sojaex.: 25 % UDP

Unter Berücksichtigung sämtlicher Analysen der Gras- und Maissilage sowie beider Kraffttermischungen aus der laufenden Beprobung während des Versuches ergaben sich folgende Eckwerte der tatsächlich vorgelegten Futterrationen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Eckparameter der vorgelegten Futterrationen (basierend auf den Analysen der während der Versuchsdauer beprobten Silagen und Kraffttermischungen sowie den in Tabelle 6 unterstellten UDP-Gehalten beider Kraffttermischungen)

	Einheit	Versuchs- gruppe 1 Raps+Soja	Versuchs- gruppe 2 Raps+Harnstoff
Energie	MJ NEL/kg TM	7,4	7,5
XP	% der TM	16,1	16,8
nXP (auf Basis UDP RES: 35 %, SES 25 %)	g/kg TM	162	165
UDP (auf Basis UDP RES: 35 %, SES 25 %)	% des XP	25,6	27,6
RNB (auf Basis UDP RES: 35 %, SES 25 %)	g/kg TM	-0,2	0,5
nXP (auf Basis Proteinfraktionierung)	g/kg TM	164	171
UDP (auf Basis Proteinfraktionierung)	% des XP	27,3	32,1
RNB (auf Basis Proteinfraktionierung)	g/kg TM	-0,5	-0,5
Rohfaser	% der TM	17,8	17,3
strukturwirksame Rohfaser	% der TM	10,4	10,4
ADF _{org}	% der TM	19,9	20,4
NDF _{org}	% der TM	35,8	36,0
NFC	% der TM	38,0	36,1
Zucker + Stärke	% der TM	27,8	27,2
Zucker	g	782	726
Fett	% der TM	3,8	4,8
Ca	g/kg TM	6,5	6,5
P	g/kg TM	3,9	4,6

Mg	g/kg TM	2,6	2,9
Na	g/kg TM	1,8	1,9
K	g/kg TM	14,2	13,5
DCAB	meq/kg TM	197	151

Die Rationsgestaltung erfolgte dabei in beiden Versuchsgruppen unter der Maßgabe einer bedarfsgerechten Versorgung mit Energie und Nährstoffen und orientierte sich dafür an den allgemeinen Bedarfsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie.

Trotz der unterschiedlich eingesetzten Eiweißfuttermittel wiesen beide Rationen vergleichbare bzw. sehr ähnliche Gehalte an Rohprotein, nXP, UDP und RNB auf.

Insbesondere aufgrund der im Vergleich zum RES höheren Kalium- und geringeren Schwefelgehalte im SES war die kalkulierte DCAB in der Ration mit Sojaschrot höher als für die mit Rapschrot. Eine Angleichung bzw. den Bedarf deckende Einstellung des Phosphorgehaltes erfolgte über differenzierte Gehalte in den eingesetzten Mineralfuttermitteln.

Vergleichende Untersuchungen zur Eiweißqualität

Die UDP-Gehalte der im Fütterungsversuch eingesetzten Chargen Raps- und Sojaextraktionsschrot wurden *in situ* an Kühen mit großer Pansenfistel und mit Hilfe der Eiweißfraktionierung nach Shannak et al. (2000) untersucht (Tabelle 8) (STEINGASS et al., 2012).

Tabelle 8: Untersuchungen zum UDP-Gehalt

Kennwert	Einheit	Rapsextraktionsschrot		Sojaextraktionsschrot	
		<i>In situ</i>	Chemische Fraktionierung	<i>In situ</i>	Chemische Fraktionierung
XP	g/kg TM	379		430	
UDP5	% des XP	32	45	27	19
nXP	g/kg TM	243	283	255	227
RNB	g/kg TM	21,8	15,4	28,0	32,5

Die *in situ*-UDP5-Werte stimmen recht gut mit den für diesen Versuch geplanten UDP-Werten von 35 % für Raps- und 25 % für Sojaextraktionsschrot überein.

Im Gegensatz dazu fiel der Wert aus der chemischen Fraktionierung für Rapsextraktionsschrot viel höher und für Sojaextraktionsschrot deutlich niedriger aus.

Mögliche Gründe für diese Diskrepanzen beschreibt Steingaß im Tagungsband des Forums angewandte Forschung, Fulda (2012).

Mit den UDP5-Werten für Raps- und Sojaextraktionsschrot aus der chemischen Fraktionierung wurden die Kraftfuttermischungen (Tabelle 9) sowie die Rationen nochmals berechnet (Tabelle 10).

Tabelle 9: Eiweißqualität der Kraftfuttermischungen *unter Berücksichtigung der UDP5-Gehalte von Soja- und Rapssextraktionsschrot aus der chemischen Eiweißfraktionierung*

Kennwert	Einheit	Kraftfutter für die Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Kraftfutter für die Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
XP	g/kg TM	247	269
UDP	% des XP	31,14	38,32
nXP	g/kg TM	202	223
RNB	g/kg TM	7,2	7,4

Dabei ergab sich für die Kraftfuttermischung der Raps+Soja-Variante mit 202 g/kg TM ein leicht höherer nXP-Wert als ursprünglich mit 197 g/kg TM angenommen. Für die Kraftfuttermischung der Raps+Harnstoff-Variante zeigte sich mit 223 g/kg TM ein um 14 g/kg TM höherer nXP-Gehalt als ursprünglich mit 209 g/kg TM angenommen. Demnach würde die Differenz in der nXP-Lieferung zwischen beiden Kraftfuttermischungen und folglich auch zwischen den Futterrationen beider Versuchsgruppen größer (Tabelle 10).

Tabelle 10: Rationseckwerte zur Eiweißversorgung *unter Berücksichtigung der UDP5-Gehalte von Soja- und Rapssextraktionsschrot aus der chemischen Eiweißfraktionierung (vgl. Tabelle 7)*

Kennwert	Einheit	Ration der Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Ration der Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
XP	g/kg TM	161	168
UDP	% des XP	27,3	32,1
nXP	g/kg TM	164	171
RNB	g/kg TM	-0,5	-0,5

3.2. Leistungen der Tiere

Die Ergebnisdarstellung bezieht sich immer auf das jeweilige Versuchsgruppenmittel. Eine statistische Auswertung getrennt für Erst- und Mehrkalbskühe erfolgte aufgrund der geringen Anzahl an Erstlaktierenden nicht; die Effekte sind aber im Modell erfasst.

3.2.1. Futter-, Wasseraufnahme und Fressverhalten

Die Tiere der Versuchsgruppe 2 mit Raps+Harnstoff hatten mit 22,3 kg TM eine um 2,4 kg TM signifikant höhere Futteraufnahme als die Tiere der Versuchsgruppe 1 mit Raps+Soja, die täglich 19,9 kg TM fraßen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Futter- und Wasseraufnahme

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
TM-Gehalt der Futterrationen (%)		
Anzahl der Bestimmungen	14	14
Mittelwert	43,7	43,7
Standardabweichung	1,78	1,23
Futteraufnahme (kg TM/Tier/Tag)		
LSM	19,9	22,3
LSM-Differenz	-2,45	
Standardfehler	0,42	
F-Test	0,0001	
Wasseraufnahme (l/Tier/Tag)		
LSM	90,2	92,7
LSM-Differenz	-2,48	
Standardfehler	2,08	
F-Test	0,4225	

Wenngleich die Anzahl an Erstkalbskühen mit 13 bzw. 15 nicht sehr groß war, soll erwähnt werden, dass sich diese Differenz sowohl bei den Färsen (Differenz betrug 2,5 kg TM), als auch bei den älteren Kühen (Differenz betrug 2,4 kg TM) ergab.

Lediglich die Fett- und P-Gehalte beider Rationen wichen etwas stärker voneinander ab, gestatteten aber eine bedarfsgerechte Versorgung. Nach Untersuchungen von Engelhard (2012) wären selbst P-Gehalte von 10-15 % unterhalb der DLG-Norm (Kuh mit 40 kg Milch: 3,9 g/kg TM) auch für hochleistende Milchkühe ausreichend, während demgegenüber höhere P-Gehalte von z.B. 4,5 g/kg TM nicht zu höheren Futteraufnahmen und Milchleistungen führen.

Darüber hinaus waren alle anderen Eckparameter beider Futterrationen vergleichbar (siehe Tabelle 7). Wenn sich die UDP5-Gehalte für Raps- und Sojaschrot aus der Eiweißfraktionie-

rung bestätigen würden, ergäbe sich bei den nur mit Raps gefütterten Kühen eine deutlich höhere nXP-Versorgung als bei den mit Raps+Sojaschrot gefütterten Kühen. Diese dürfte aber die Futteraufnahme nicht beeinflusst haben.

Da für beide Versuchsgruppen auch die gleichen Haltungs-, Fütterungs- und Umweltbedingungen herrschten, bleibt als mögliche Ursache für diese Diskrepanz bei der Futteraufnahme eventuell die etwas unterschiedliche Versorgung mit Aminosäuren zu diskutieren. So lieferte die Futtermischung der Raps+Harnstoff-Variante bei einer (ursprünglich geplanten) Futteraufnahme von 21 kg TM insgesamt 1 g Methionin je Tier und Tag mehr als die Ration mit Raps+Soja.

Die Wasseraufnahme unterschied sich mit 2,5 l/Tier und Tag nur geringfügig und nicht signifikant zwischen den Tieren beider Gruppen. Diese Differenz ergab sich nur aus der unterschiedlichen Wasseraufnahme der Erstkalbskühe beider Versuchsvarianten (Raps+Soja-Variante: 81,5 l, Raps+Harnstoff-Variante: 85,6 l). Hingegen war die Wasseraufnahme der älteren Kühe mit 94,6 l identisch.

Die Tiere der Gruppe Raps+Harnstoff hatten neben ihrer höheren Futteraufnahme letztlich auch mehr Futtertischbesuche. Die Kühe der Raps+Soja-Variante gingen täglich 53 Mal, die der Raps+Harnstoff-Variante 69 Mal zum Futtertisch und nahmen dort Futter auf.

Junge Kühe gingen allgemein häufiger zum Futtertisch als ältere, im Durchschnitt 7 Mal in der Raps+Soja-Variante und 8 Mal in der Raps+Harnstoff-Variante.

Die Dauer der Futteraufnahme hingegen war im Mittel aller Tiere in beiden Gruppen mit 4,2 Stunden/Tag identisch. Bedingt durch die höhere Futteraufnahme der Kühe der Raps+Harnstoff-Variante benötigten diese aber letztlich für jedes Kilogramm Trockenmasse weniger Zeit für die Futteraufnahme als die Vergleichstiere der Raps+Soja-Variante.

Weiterhin zeigte sich, dass die Färsen der Raps+Soja-Variante durchschnittlich 39 min, die der Raps+Harnstoff-Variante sogar 62 min länger mit der Futteraufnahme verbrachten und folglich ca. 4 min mehr Zeit je Kilogramm Futtertrockenmasse benötigten als die älteren Kühe.

Die Tiere beider Versuchsgruppen besuchten durchschnittlich 11 Mal die Tränke und benötigten für die Wasseraufnahme 15 min.

3.2.2. Selektionsverhalten

Im Verlauf der letzten 10 Versuchstage wurden an vier Tagen die in den Futterschalen befindlichen Rationen (Probennahme erfolgte dabei aus jeder 2. Futterschale) jeweils dreimal täglich beprobt:

- um 8 Uhr: 1,5 h nach der morgendlichen Futtervorlage; noch relativ volle Futterschalen mit ca. 82 %,
- um 11 Uhr: Futterschalen noch zu ~ 36 % gefüllt,
- um 14 Uhr: 1,5 h vor der nachmittäglichen Futtervorlage; Futterschalen zu weniger als 20 % gefüllt, in einigen Schalen nur noch Futterreste.

Anschließend erfolgte das Ausschütteln dieser Proben mittels der Schüttelbox mit einer dreimaligen Wiederholung. Die eingesetzte Schüttelbox besteht aus drei Kästen, den beiden oberen Kästen jeweils mit einem gelochten Boden (19 mm und 8 mm) durch den die Partikel beim Schütteln hindurchfallen, und dem unteren geschlossenen Kasten.

Nach dem Schütteln bleiben im oberen Kasten diejenigen Partikel, die größer als 19 mm sind. Das sind i.d.R. Grassilage und Stroh. Im mittleren Kasten finden sich Partikel zwischen 8 und 19 mm Länge. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Maissilage. Im unteren Kasten bleibt alles zurück, was kleiner als 8 mm ist. Das sind fast ausschließlich Kraffutterkomponenten und kleinste Teilchen der Maissilage.

Um 8 Uhr wurde im Mittel der Erhebungen aller vier Tage im oberen Sieb ein Anteil von 21 % (Grassilage, Stroh) registriert, der bei der Erhebung um 11 Uhr nur geringfügig auf 23 % und dann bis 14 Uhr nochmals auf 27 % leicht anstieg. Im mittleren Sieb (vor allem Maissilage) ergab sich um 8 Uhr ein Anteil von 44 %, der bei den beiden nachfolgenden Tageszeiten auf 38 und dann auf 35 % abnahm. Im unteren Kasten (hauptsächlich Kraffutter) wurde morgens ein Anteil von 35 %, um 11 Uhr 39 % und um 14 Uhr 38 % ermittelt.

Diese Ergebnisse lassen auf kein ausgeprägtes Selektionsverhalten der Tiere schließen. Unterschiede zwischen den Tieren beider Versuchsvarianten wurden keine festgestellt.

3.2.3. Wiederkauverhalten

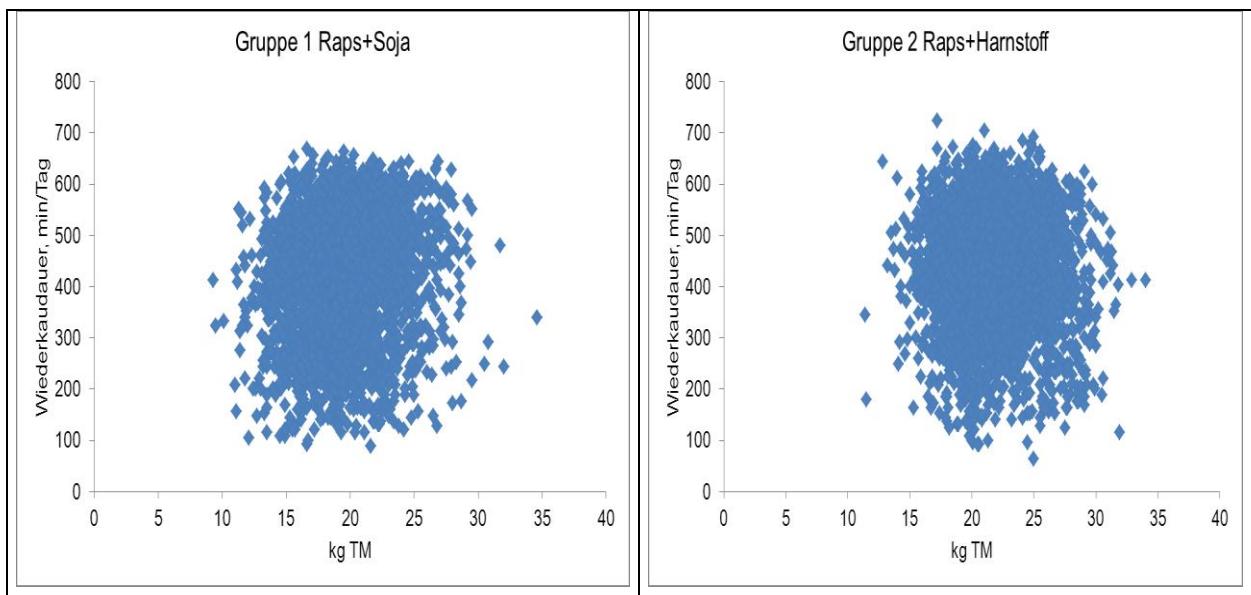
Trotz der großen Differenzen bei der Futteraufnahme zwischen den Tieren beider Versuchsvarianten wurden kaum Unterschiede bei der Wiederkaudauer festgestellt. Diese betrug im Mittel 7,1 (Raps+Soja-Variante) bzw. 7,3 h (Raps+Harnstoff-Variante) (Tabelle 12).

Tabelle 12: Wiederkaudauer

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
Wiederkaudauer (min/Tier/Tag)		
LSM	425	440
LSM-Differenz	-14,5	
Standardfehler	21,1	
F-Test	0,4953	

Eine Beziehung (auf Einzeltierebene) zwischen der Wiederkaudauer und der Höhe der Futteraufnahme bestand dabei nicht (Grafik 1).

Grafik 1: Wiederkaudauer und Futteraufnahme der Tiere beider Versuchsgruppen



3.2.4. Milchleistung

Die Milchmengen der Versuchstiere wurden täglich erfasst. Zudem erfolgte wöchentlich eine Milchkontrolle, die der Bestimmung der Milchinhaltstoffe Fett, Eiweiß, Laktose, Zellzahl und Harnstoff diente.

Die Tiere der Raps+Harnstoff-Variante gaben im Durchschnitt täglich 1,6 kg mehr Milch (Tabelle 13). Dieses erklärt sich allein schon durch die mit der höheren Futteraufnahme verbundene höhere Energie- und nXP-Versorgung dieser Kühe im Vergleich zu den Tieren der Raps+Soja-Variante. Diese Leistungsdifferenz war jedoch nicht statistisch abzusichern.

Tabelle 13: Milchmenge

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
Milchmenge (kg/Tier/Tag)		
LSM	36,7	38,4
LSM-Differenz	-1,64	
Standardfehler	1,25	
F-Test	0,1962	

Die getrennte Auswertung zwischen Jung- und Mehrkalbskühen zeigte dabei die größere Leistungsdifferenz bei den Färsen der Versuchsvarianten. Jungkühe der Raps+Harnstoff-Variante hatten eine um 2,1 kg höhere tägliche Milchleistung als die entsprechenden Vergleichstiere der Raps+Soja-Variante. Bei den älteren Kühen betrug die Differenz nur 0,6 kg zugunsten der Raps+Harnstoff-Gruppe.

Bei insgesamt recht niedrigen Milchinhaltsstoffen war die höhere Milchleistung der Tiere der Raps+Harnstoff-Variante mit einem noch niedrigeren Fett- und einem leicht geringeren Eiweißgehalt kombiniert (Tabelle 14). Dieses betraf besonders die Mehrkalbskühe dieser Variante. Der sich daraus ergebene Fett:Eiweiß-Quotient betrug bei den Tieren der Raps+Soja-Variante 1,12 und bei denen der Raps+Harnstoff-Variante 1,10.

Tabelle 14: Milchinhaltsstoffe und Menge an energiekorrigierter Milch

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
Milchfettgehalt (%)		
LSM	3,56	3,43
LSM-Differenz	0,13	
Standardfehler	0,07	
F-Test	0,0572	
Milcheiweißgehalt (%)		
LSM	3,18	3,13
LSM-Differenz	0,06	
Standardfehler	0,03	
F-Test	0,0487	
Energiekorrigierte Milchmenge (kg/Tier und Tag)		
LSM	34,3	35,2
LSM-Differenz	-0,94	
Standardfehler	1,13	
F-Test	0,4084	

Fettmenge (kg/Tier und Tag)		
LSM	1,30	1,31
LSM-Differenz	-0,01	
Standardfehler	0,04	
F-Test	0,7826	
Eiweißmenge (kg/Tier und Tag)		
LSM	1,16	1,20
LSM-Differenz	-0,04	
Standardfehler	0,04	
F-Test	0,3506	

Die niedrigen Milchfettgehalte der Versuchskühe waren während dieser Zeit der Versuchsdauer vergleichbar mit denen der gesamten Milchkuhherde in Futterkamp. Trotz der insgesamt recht hohen Versorgung mit Zucker+Stärke zeigten sich im Rahmen der intensiven Fütterungs- und Gesundheitskontrollen (die NSBA-Werte lagen ebenfalls im physiologischen Bereich) keine weiteren Hinweise für das Auftreten azidotischer Stoffwechsellagen.

Letztlich war bei gleicher erzeugter Fettmenge die tägliche Menge an Eiweiß und an energiekorrigierter Milch bei den Kühen der Raps+Harnstoff-Variante tendenziell etwas höher als bei den Vergleichstieren der Raps+Soja-Variante.

Die Laktose- und Harnstoffgehalte sowie die Zellzahl in der Milch waren zwischen beiden Varianten identisch (Tabelle 15).

Tabelle 15: Gehalte der Milch an Laktose, Zellen und Harnstoff

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
Milchlaktosegehalt (%)		
LSM	4,76	4,74
LSM-Differenz	0,02	
Standardfehler	0,02	
F-Test	0,4699	
Milchharnstoffgehalt (mg/kg)		
LSM	224	218
LSM-Differenz	5,8	
Standardfehler	4,5	
F-Test	0,2042	

Log.Zellzahl		
LSM	1,91	1,86
LSM-Differenz	0,05	
Standardfehler	0,18	
F-Test	0,7977	

Dabei zeigten die jungen Kühen in beiden Gruppen etwas höhere Laktosewerte in der Milch als die älteren Kühe.

Die Zellzahl war dabei mit 100.000/ml und weniger auf einem sehr niedrigen Niveau und unterstreicht den sehr guten Eutergesundheitszustand der Tiere.

Die Milchharnstoffgehalte lagen mit 224 bzw. 218 mg/kg Milch im physiologischen Bereich, in dem weder Leistungseinbuße durch zu niedrige Gehalte, noch negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit durch zu hohe Werte zu erwarten sind.

Bei Eiweißgehalten der Futterrationen unter 17 % in Kombination mit einer RNB von -0,2 (Raps+Soja-Variante) bzw. 0,5 g/kg TM (Raps+Harnstoff-Variante) liegen diese Milchharnstoffgehalte in einem zu erwartendem Bereich.

3.2.5. Körperkondition, Rückenfettdicke und Gewicht

Beide Tiergruppen wiesen im Durchschnitt des Versuches eine nahezu identische Körperkondition und Rückenfettdicke sowie ein gleiches Gewicht auf (Tabelle 16).

Tabelle 16: Körperkondition, Rückenfettdicke und Gewicht der Versuchstiere im Versuchsmittel

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
Körperkondition (Note)		
LSM	2,91	2,97
LSM-Differenz	-0,06	
Standardfehler	0,08	
F-Test	0,4544	
Rückenfettdicke (mm)		
LSM	18,9	19,1
LSM-Differenz	-0,15	
Standardfehler	0,47	
F-Test	0,7565	

Gewicht (kg)		
LSM	651	648
LSM-Differenz	2,6	
Standardfehler	11,3	
F-Test	0,8202	

Das betraf Jung- und Mehrkalbskühe gleichermaßen.

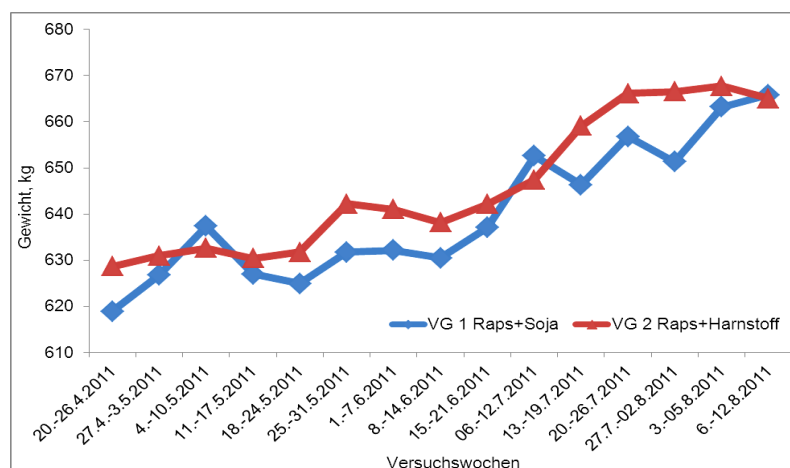
Auch der Verlauf der Gewichts- und Körperkonditions- bzw. Rückenfettdickenentwicklung war in beiden Tiergruppen fast deckungsgleich (Tabelle 17, Grafik 2).

Tabelle 17: Körperkondition, Rückenfettdicke und Gewicht der Versuchstiere zu Beginn und am Ende des Versuches

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja		Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
Körperkondition, BCS-Note				
Versuchsbeginn*	2,89	0,28	2,84	0,38
Versuchsende**	2,99	0,41	3,08	0,44
Rückenfettdicke, mm				
Versuchsbeginn*	17,6	3,06	17,1	2,87
Versuchsende**	21,5	2,06	21,4	2,54
Gewicht, kg				
Versuchsbeginn***	619	63,89	629	49,21
Versuchsende****	666	65,58	665	61,95

* Messung erfolgte am 20.04.2011; ** Messung erfolgte am 03.08.2011; *** Mittel der ersten 7 Versuchstage; **** Mittel der letzten 7 Versuchstage

Grafik 2: Gewichtsentwicklung im Versuchszeitraum



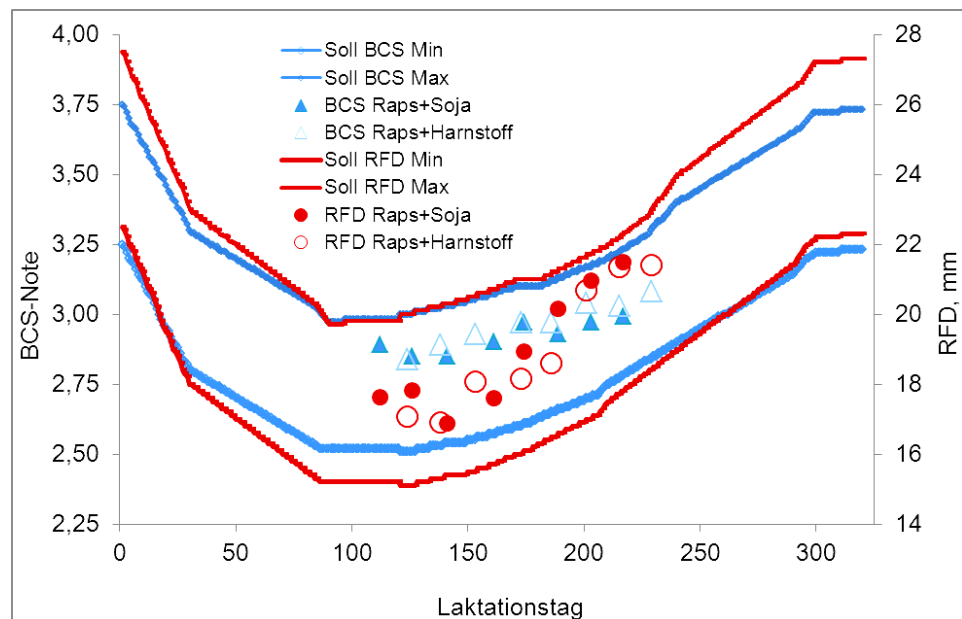
Die erste Bestimmung der Körperkondition und Messung der Rückenfettdicke erfolgte zu einem Laktationsstadium von 112 (Versuchsgruppe 1 Raps+Soja) bzw. 124 (Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff) Laktationstagen.

Die letzte Körperkonditionsbeurteilung und Rückenfettdickenmessung fand mit 217 (Versuchsgruppe 1 Raps+Soja) bzw. 229 (Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff) Laktationstagen, also zu Beginn des dritten Laktationsdrittels, statt.

Beide Versuchsgruppen zeigten während dieser Zeit eine sehr ähnliche Zunahme der Fettauflage von 3,9 (Versuchsgruppe 1 Raps+Soja) bzw. 4,3 mm (Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff). Parallel dazu wurde eine Zunahme der Körperkondition von 0,1 bzw. 0,2 Noten und ein Gewichtszuwachs von 47 bzw. 36 kg registriert.

Sowohl die BCS-Noten, als auch die RFD befanden sich im Gruppenmittel immer innerhalb des Optimalbereiches (Grafik 3).

Grafik 3: Entwicklung der Körperkondition und Rückenfettdicke im Versuchszeitraum



3.2.6. Futtereffizienz

Der durchschnittliche Laktationstag beider Versuchsgruppen war 170 bzw. 181. Hierfür wäre eine Futtereffizienz von ca. 1,5 kg ECM je kg TM zu erwarten gewesen. Bei einer fortgeschrittenen Laktationsdauer (> 200 Laktationstage) sollte die Futtereffizienz bei Kühen einen Wert von 1,3-1,5 und bei Färsen 1,2-1,4 einnehmen.

Die tatsächlich realisierte Futtereffizienz betrug 1,7 (Versuchsgruppe 1 Raps+Soja) bzw. 1,6 (Versuchsgruppe 1 Raps+Harnstoff) kg ECM je Kilogramm Futtertrockenmasse (Tabelle 18). Da sie nicht mit einem Körperfettabbau der Tiere einhergeht, sind diese Werte als sehr gut zu beurteilen.

Tabelle 18: Futtereffizienz

Merkmal	Einheit	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
Futterraufnahme	kg TM/Tag	19,9	22,4
Energieaufnahme	MJ NEL/Tag	147	168
nXP-Aufnahme <i>(auf Basis UDP RES: 35 %, SES 25,%)</i>	g/Tag	3224	3696
Erhaltungsbedarf	MJ NEL/Tag	37,8	37,6
Leistungsbedarf*	MJ NEL/Tag	107,7	110,4
Energiebilanz	MJ NEL/Tag	1,5	19,9
Futtereffizienz	kg ECM/kg TM	1,7	1,6

* unter Berücksichtigung der tatsächlichen Milchinhaltstoffe

3.2.7. Stoffwechseldaten

An drei Terminen – zu Versuchsbeginn (1.Versuchstag), in der Versuchsmitte und am –ende (12.Versuchswoche) - wurden allen Tieren zum Zweck der Untersuchung von Stoffwechselparametern, insbesondere zur Beurteilung des Säure-Basen-Haushaltes, Harnproben entnommen. Die Harnprobennahme erfolgte spontan, ohne Katheter.

Die Untersuchungen fanden im Zentrum für Tierhaltung und Technik, Iden, der der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt nach standardisierten Methoden statt.

Die untersuchten Tiere befanden sich zum Zeitpunkt der ersten Probennahme am Ende des ersten Laktationsdrittels, bei der zweiten Beprobung in der Mitte der Laktation und zum Zeitpunkt der letzten Probennahme am Beginn des dritten Laktationsdrittels.

Die erste Probennahme zu Versuchsbeginn charakterisierte dabei die Ausgangssituation, wobei berücksichtigt werden muss, dass die Tiere beider Versuchsgruppen zu diesem Zeitpunkt bereits seit 2,5 Wochen auf ihre verschiedenen Versuchsrationen vorbereitet worden waren. Insofern wurden die Harnparameter aller drei Probennahmen für jede Versuchsgruppe gemittelt.

Dabei zeigten sich z.T. größere und signifikante Unterschiede zwischen den Tieren beider Versuchsvarianten (Tabelle 19).

Tabelle 19: Harnparameter

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
BSQ (ohne NH₄)		
LSM	3,43	2,87
LSM-Differenz	0,56	
Standardfehler	0,15	
F-Test	0,0003	
NSBA (mmol/l)¹		
LSM	176	140
LSM-Differenz	35,7	
Standardfehler	9,2	
F-Test	0,0002	
Säuren (mmol/l)		
LSM	91,4	93,7
LSM-Differenz	-2,26	
Standardfehler	3,72	
F-Test	0,5446	
Basen (mmol/l)		
LSM	291	254
LSM-Differenz	37,1	
Standardfehler	8,9	
F-Test	0,0001	
pH²		
LSM	8,30	8,23
LSM-Differenz	0,07	
Standardfehler	0,03	
F-Test	0,0110	
Ammonium (mmol/l)		
LSM	24,5	20,5
LSM-Differenz	4,01	
Standardfehler	2,64	
F-Test	0,1327	

¹⁾ 83-215 mmol/l, ²⁾ 7,8-8,3 mmol/l = Toleranzbereiche, Fülll (2002)

Die Netto-Säuren-Basenausscheidungen im Harn (NSBA) lag bei den Tieren beider Versuchsgruppen im physiologischen Bereich, der von Staufenbiel (2008) mit 107 – 193 mmol/l

angegeben wird, und deutete nicht auf Probleme der wiederkäuergerechten Versorgung durch mangelnde Strukturwirksamkeit der Ration hin.

Ungeachtet dessen waren die NSBA und Basenausscheidung bei den Tieren der Raps+Harnstoff-Variante hoch signifikant niedriger. Daraus folgte der ebenfalls hoch signifikant geringere Basen-Säuren-Quotient, bedingt durch die mit der großen Rapsmenge aufgenommene größere, basisch wirkende Schwefelmenge. Rapsextraktionsschrot hat einen höheren Gehalt an Anionen und damit einen Anionenüberhang. Im Gegensatz dazu hat Sojaextraktionsschrot einen Kationenüberhang.

So zeichneten sich beide Kraftfuttermischungen für die Versuchsgruppen vor allem durch ungleiche Schwefelgehalte und in Folge dessen durch sehr unterschiedlich hohe DCAB aus. Insofern wies die Futtermischung der Versuchsgruppe Raps+Harnstoff bei nahezu gleichem Kalium- und Natrium- und identischem Chlorgehalt wie die Ration der Gruppe Raps+Soja, aber einem um 0,5 g je Kilogramm Trockenmasse höheren Schwefelgehalt letztlich eine um 46 meq/kg TM niedrigere DCAB auf (Tabelle 20).

Tabelle 20: Analytierte Gehalte an Kalium, Natrium, Chlor und Schwefel sowie berechnete DCAB der Kraftfuttermischungen sowie der aufgenommenen Futtermischungen

Kennwert	Einheit	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
<i>Kraftfuttermischungen</i>			
K	g/kg TM	14,1	12,6
Na	g/kg TM	3,3	3,6
Cl	g/kg TM	5,7	5,9
S	g/kg TM	3,3	4,6
DCAB	meq/kg TM	138	30
<i>Futtermischungen</i>			
K	g/kg TM	14,2	13,5
Na	g/kg TM	1,8	1,9
Cl	g/kg TM	3,8	3,8
S	g/kg TM	2,2	2,7
DCAB	meq/kg TM	197	151

Beide Rationen wiesen vergleichbare bzw. sehr ähnliche Gehalte an Rohprotein, nXP, UDP und RNB auf. Auch die Rationseckparameter zur Beurteilung der Versorgung mit Struktur und mit leicht löslichen Kohlenhydraten (Zucker und Stärke) waren sehr ähnlich. Daraus wird geschlussfolgert, dass der Einfluss auf die unterschiedlich ausgelenkten Harnparameter vordergründig durch die unterschiedliche DCAB der Rationen ausgeübt wurde.

Zu gleichen Aussagen, nämlich dass der vermehrte Einsatz von Rapsextraktionsschrot zu signifikant niedrigeren NSBA-Werten im Vergleich zu Rationen mit höheren Sojaschrotmengen führt, kommen Scholz et al. (2010). Das Verhältnis der Anteile an Raps- und Sojaextraktionsschrot in der Futtermischung bzw. die DCAB der Ration beeinflussen die NSBA-Werte im Harn der Milchkühe nachhaltig.

Trotz der recht hohen Gehalte beider Futtermischungen an Nichtfaser-Kohlenhydraten (38 bzw. 36,1 % i.d.TM) bzw. an leicht verdaulichen Kohlenhydraten Zucker+Stärke (27,8 bzw. 27,2 % i.d.TM) befanden sich die NSBA-Werte bei den untersuchten Versuchskühen in einem von Gelfert und Staufenbiel (2002) mit 103-197 mmol/l angegebenen physiologischen Rahmen bzw. einem von Fürll (2002) mit 83-215 mmol/l angegebenen Toleranzbereich und deuteten nicht auf pansenazidotische Verhältnisse hin.

3.3. Gesundheit bzw. Erkrankungsgeschehen

Ungefähr die Hälfte aller Versuchstiere musste im Versuchszeitraum behandelt werden, v.a. bzgl. Fruchtbarkeitsstörungen/Erkrankungen des Geschlechtsapparates (Gebärmutter-schleimhaut- und Gebärmutterentzündungen, Zysten, Zyklusstörungen) sowie der Klauen (Tabelle 21).

Tabelle 21: Gesundheits- bzw. Krankheitsdaten

Merkmal	Versuchsgruppe 1 Raps+Soja	Versuchsgruppe 2 Raps+Harnstoff
Behandelte Tiere während des Versuchszeitraums	16	19
Behandlungstage insgesamt (Tier*Behandlungstage)	45	53
Erkrankungen		
Fruchtbarkeitsstörungen/Erkrankungen des Geschlechtsapparates (Gebärmutter-schleimhaut- und Gebärmutterentzündungen, Zysten, Zyklusstörungen)	12 Tiere, 20 Behandlungen	8 Tiere, 24 Behandlungen
Mastitis	1 Tier, 10 Behandlungen	2 Tiere, 12 Behandlungen
Klauen	9 Tiere, 15 Behandlungen	10 Tiere, 17 Behandlungen
Behandlungstage je erkranktes Tier	2,0	2,6
Behandlungstage je Versuchstier der Gruppe	1,3	1,5

Den Auswertungen zufolge hat in beiden Versuchsvarianten ein sehr ähnliches Gesundheits- bzw. Erkrankungsgeschehen vorgelegen.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In einer maisbetonten Futtermischung, in der eine sehr hohe Eiweißergänzung notwendig war, wurde der ausschließliche Einsatz von Rapsextraktionsschrot im Vergleich zur Eiweißergänzung mit einer Kombination aus Raps- und Sojaschrot geprüft. Die theoretisch unterstellte Futteraufnahme von 20,9 kg TM hätte einer Einsatzmenge an Rapsextraktionsschrot von 4,91 kg entsprochen. Bedingt durch die mit durchschnittlich 22,3 kg TM deutlich höhere Futteraufnahme lag die im Mittel aufgenommene Rapsextraktionsschrotmenge bei 5,24 kg je Tier und Tag.

Die Rationsgestaltung erfolgte in beiden Versuchsgruppen unter der Maßgabe einer bedarfsgerechten Versorgung mit Energie und Nährstoffen und orientierte sich dafür an den allgemeinen Bedarfsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie.

Anders als bei vorherigen Versuchen wurden bei der Rationsgestaltung für Rapsextraktionsschrot ein UDP von 35 % und für Sojaextraktionsschrot ein UDP von 25 % angenommen.

Da alle Rationsparameter in beiden Versuchsgruppen möglichst gleich und folglich auch die RNB vergleichbar sein sollten, wurde die Futtermischung bei den nur mit Rapsschrot gefütterten Tieren einerseits mit Futterharnstoff, andererseits mit einer etwas größeren Einsatzmenge an geschütztem Fett ergänzt.

Ohne die Harnstoffzulage könnte in einer sehr maisbetonten Ration mit einer großen Einsatzmenge an Rapsschrot die zu negative Ausprägung der RNB leistungsbegrenzend wirken.

Die Futteraufnahme und die Menge an Milch sowie an ECM zeigten entweder signifikante (bei Futteraufnahme) bzw. tendenzielle (bei Milchleistung, ECM) Vorteile zugunsten einer ausschließlichen Proteinversorgung über Rapsextraktionsschrot (in Kombination mit Futterharnstoff). Demnach scheint beim Ersatz von Soja- durch Rapsschrot kein Mangel an nutzbarem Rohprotein und RNB vorgelegen zu haben, so dass sich die dafür unterstellten UDP5-Gehalte von 35 % für RES und 25 % für SES als realistisch erwiesen.

Da die Futteraufnahme selbst bei einer sehr großen Rapsschrotmenge von mehr als 5 kg je Tier und Tag nicht nachteilig beeinflusst wurde, dürften Alkaloide bei dem hier eingesetzten Rapsextraktionsschrot vermutlich keine Rolle gespielt haben.

In der Praxis der Milchkühhütterung zeigt sich jetzt schon ein verstärkter Trend zum Einsatz von RES. Aufgrund der hohen und zukünftig eher steigenden Bedeutung von RES in der

Fütterung erschien die Durchführung dieser Untersuchungen zum Futterwert (UDP/nXP/RNB) und zu den Fütterungseigenschaften von Rapsschrot erforderlich. Mit diesen hier gewonnenen Ergebnissen kann der Einsatz von RES in Milchkuhrationen optimiert und die Möglichkeiten des Ersatzes von SES durch RES präziser quantifiziert werden. Der Abgleich analytisch unterschiedlich ermittelter UDP-Gehalte von RES und SES bleibt auch weiterhin notwendig und anzustreben.

Es bleibt abschließend festzustellen, dass RES bei Einhaltung einer insgesamt und in allen Parametern bedarfsdeckenden Rationsgestaltung als alleiniges Proteinkonzentrat in Rationen für Hochleistungskühe zum Einsatz kommen kann. Dafür können u.a. auch ökonomische Gründe sprechen. So hatte in diesem Fütterungsversuch das eingesetzte Krafftutter mit SES einen um 2,29 €/dt höheren Preis. Unter Berücksichtigung der beim Verzicht auf SES höheren Einsatzmenge an pansengeschütztem Fett würden sich bei gleicher Futteraufnahme für die ausschließlich mit RES gefütterten Kühe um 9 Cent/Tier und Tag geringere Kosten für den Krafftuttereinsatz (incl. Fett) ergeben.

Angesichts der um 2,5 kg TM höheren Futteraufnahme der ausschließlich mit Rapsschrot gefütterten Tiere waren letztlich die Futterkosten je Kilogramm ECM bei den Kühen der Raps+Soja-Variante mit 12 Cent nicht geringer als die bei den Kühen der Raps+Harnstoff-Variante (11 Cent/kg ECM).

Eine Rationsergänzung und/oder -kombination mit SES ist auch bei hochleistenden Milchkuhen nicht erforderlich. Jedoch ist bei einem Ersatz von SES durch RES die dadurch entstehende Energielücke zu schließen und auch- zumindest bei maisreichen Rationen – die möglicherweise entstehende stark negative RNB entsprechend auszugleichen.

5. Literaturangaben

- Baum, M. (2005): Schätzung des UDP-Gehaltes von Soja- und Rapsextraktionsschrot. Forum für angewandte Forschung in der Rinder und Schweinefütterung, Tagungsband, 28 – 29
- Fürll, M. (2002): Stoffwechselstörungen bei Wiederkäuern: Erkennen-Behandeln-Vorbeugen; Leipzig
- Hiendl, J., H.-J. Alert, K.H. Südekum, M. Gabel, A. Zeyner (2007): Degradation of crude protein from different feedstuffs in the rumen of dairy cows measured in sacco. Tagungsband 13th International Conference – Production Diseases In Farm Animals, 38.
- Engelhard, T. (2012): Wie viel Phosphor braucht die Hochleistungskuh? www.proteinmarkt.de
- Kluth, H., M., M. Rodeutschord und T. Engelhard (2005): Zum Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Rapsextraktionsschrot in der Fütterung von Hochleistungskühen. Züchtungskunde 77 (01), 58 -70
- Kneer, G., H. Steingaß und M. Rodehutschord (2010): Ruminale Abbau der Trockenmasse und des Rohproteins von Rapsschroten. 122. VDLUFA Kongress, Kurzfassung der Referate, 79.
- LKS (2010): Analysenprotokolle zu Gehaltswerten von Raps- und Sojaextraktionsschroten: Landwirtschaftliche Kommunikations- und Service Gesellschaft mbH, Lichtenwalde
- McDonald, I. (1981): A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. (Camb.) 96, 251 - 252.
- Pries, M., Mahlkow-Nerge, K., Engelhard, T., Meyer, A. und Steingaß, H. (2012): Einsatz von Raps- und Sojaextraktionsschrot in der Fütterung von Kühen mit hoher Milchleistung und unterschiedlichen Anteilen an Maissilage in der Grobfuttermischung – Teil 2: Fütterungsversuche, Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 14. und 15.3.2012
- Raab, L. und G. Janknecht (2002): Einsatz von Rapsschrot in der Fütterung hochleistender Kühe. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Tagungsband, 34 - 37
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (1998): Untersuchungen zum ökonomischen Anbau von Raps für die Herstellung von Biodiesel im ländlichen Raum, Abschlussbericht zum Forschungsschwerpunkt „Untersuchungen zur Verwertung von Nebenprodukten in der Tierernährung“
- Scholz, H., T. Fischer, T. Döhler, T. Engelhard (2010): Einfluss der Zusammensetzung und unterschiedlicher Gehaltswerte von Futtermischungen auf die NSBA im Harn laktierender Milchkühe; Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 24.-25.03.2010
- Shannak, S., K.H. Südekum und A. Susenbeth (2000): Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures. Animal feed sciences and technology 85, 195 -214
- Spiekers, H., N. Wirtz, K.H. Südekum und E. Pfeffer (2000): Vergleichende Untersuchungen zum Einsatz von Soja- und Rapsextraktionsschrot im Milchleistungsfutter. 112. VDLUFA Kongress, 91.
- Steingaß, H., G. Kneer, C. Essig-Kozó und C. Koch (2010): Aktuelle Untersuchungen zum Proteinwert von Raps-Nebenprodukten und deren Einsatz in Rationen für Milchkühe. Proceedings, 19. International Scientific Symposium on Nutrition of Domestic Animals. Radenci, 11. U. 12.11.2010
- Steingaß, H., Pries, M., Mahlkow-Nerge, K., Engelhard, T. und Richardt, W. (2012): Untersuchungen zum Futterwert von Raps- und Sojaextraktionsschrot, Teil 1: Futterwert, Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 14. und 15.3.2012
- Südekum, K.H., D. Nibbe, H. Steingaß, H. Spiekers und P. Lebzién (2001): Untersuchungen zum Umfang und zur Geschwindigkeit des ruminalen Abbaus von Raps- und Sojaextraktionsschroten. 113. VDLUFA Kongress, 115.
- Weisbjerg, M.R., P.K. Bhargava, T. Hvelplund und J. Madsen (1990): Anvendelse af nedbrydningsprofiler i fodermiddelvurderingen. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, No. 679.