



Das Lebensministerium



Berichte aus der Tierfütterung

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft
Heft 3 – 9. Jahrgang 2004

Freistaat  Sachsen
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Berichte aus der Tierfütterung

Abschlussbericht zum gemeinsamen Projekt* des Institutes für Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und dem Fachbereich Tierische Erzeugung der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft:

Zur Bewertung des energetischen Futterwertes von Mischrationen (TMR) für Milchkühe 1

Jeannette Boguhn ^a, Dr. Holger Kluth ^a, Dr. Olaf Steinhöfel ^b, Dr. Martina Peterhänsel ^c und Prof. Dr. Markus Rodehutschord ^a,

^a Institut für Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; ^b Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch, ^c Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Bernburg

Untersuchungen zur Misch- und Verteilgenauigkeit von Mischwagen verschiedener Systeme 21

Dr. Olaf Steinhöfel ^a und Dipl. Ing. agr. Markus Pahlke ^b,

^a Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch, ^b dlz-Agrarmagazin, München

(*gefördert vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft)

Fütterungskonzepte zur Schweinemast mit einheimischen pflanzlichen Eiweißfuttermitteln 34

Dr. Hans-Joachim Alert ^a, Reinhard Uhlig ^a, Brigitte Fröhlich ^a, Dipl. chem. Doris Krieg ^b, Dr. Jens Schönherr ^b, Frau Dr. Schöberlein ^b, Herr Dr. Westphal ^b, Prof. Dr. M. Wink ^c, Dr. Schumann, Dr. Stölken ^d

^a Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch, ^b Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig, ^c Institut für Pharmazie und Molekulare Biologie, Heidelberg, ^d Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Einsatz von pansenstabilen Aminosäuren und Proteinen in der Fütterung von Hochleistungskühen 66

Dr. Hans-Joachim Alert

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierische Erzeugung Köllitsch

Zur Bewertung des energetischen Futterwertes von Mischrationen (TMR) für Milchkühe

Jeannette Boguhn^a, Dr. Holger Kluth^a, Dr. Olaf Steinhöfel^b, Dr. Martina Peterhänsel^c und Prof. Dr. Markus Rodehutschord^a,

^a Institut für Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; ^b Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch, ^c Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Bernburg

1 Zielstellung

In der Milchkuhfütterung setzen sich immer mehr Totale Mischrationen (TMR) durch, in welchen alle Einzelfuttermittel der Tagesration homogen miteinander vermischt sind.

Insbesondere bei hohem Leistungsniveau können die Vorteile der TMR gezielt genutzt werden, um einerseits den gestiegenen Anforderungen an die Versorgung mit Energie und Nährstoffen sowie andererseits den Ansprüchen der Wiederkäuergerechtigkeit der Ration zu entsprechen. Voraussetzung dafür ist die genaue Kenntnis des Futterwertes, vor allem des Gehaltes an Energie, der TMR. Da bisher jedoch nur Schätzverfahren zur Ableitung des Energiegehaltes für Einzelfuttermittel vorliegen, ist eine energetische Bewertung der TMR aus Analysendaten derzeit nicht möglich. Daher war es Ziel dieses Projektes, Schätzverfahren zur Bewertung der Energie in TMR abzuleiten, um Landwirten und Untersuchungseinrichtungen Entscheidungshilfen zur Verfügung zu stellen. Es ist allgemein akzeptiert, dass die Grundlage für solche Ableitungen nur der standardisierte Verdaulichkeitsversuch mit Hammeln sein kann, wenn keine direkten ME-Messungen möglich sind.

2 Material und Methoden

2.1 Rationskalkulation

Für die Ableitung sicherer Schätzgleichungen zur energetischen Bewertung der TMR auf der Grundlage von Verdaulichkeitsbestimmungen am Hammel ist eine möglichst große Variation in der Energiekonzentration der zu prüfenden TMR unerlässlich. Durch die Kombination von Grundfutter- und Konzentratfuttermitteln sollten daher Energiekonzentrationen in den TMR von 6,0 bis 7,2 MJ NEL/kg T abgedeckt werden, zumal dies auch praxisüblichen Bedingungen in der Milchkuhfütterung entspricht. Durch die Kombination von für Mitteleuropa typischen Futtermitteln konnte dieser Anforderung entsprochen werden. Unter diesem Aspekt sowie unter Beachtung der Empfehlungen zur Nährstoffversorgung der Hammel für eine standardisierte Verdaulichkeitsbestimmung wurden die einzelnen Futterkomponenten beurteilt und für die jeweilige TMR zusammengestellt.

2.2 TMR-Zusammensetzung

TMR-Bestandteile waren Grundfutter und Konzentrate praxisüblicher Herkunft (Tabelle 1). Neben den in der Milchkuhfütterung am meisten eingesetzten Mais- und Grasanweilsilagen wurden auch

gezielt Grundfutterkomponenten wie Luzerne- und Ganzpflanzensilagen in die Untersuchung einbezogen, um ein möglichst breites Spektrum an Grundfutterarten abzudecken.

Als Grundfutterkomponenten kamen ausschließlich Silagen zum Einsatz. Dabei handelte es sich bei den Silagen der TMR 1 bis 25 bzw. 26 bis 30 um Herkünfte aus den Vegetationsjahren 2000 bzw. 2001. Grundlegend wurden bei allen TMR mit Ausnahme der TMR 30 mindestens zwei Silagen kombiniert. Mehrheitlich kam als zweite Silage eine Grasanwelksilage bis auf TMR 21 bis 25 und 30 zum Einsatz. Dabei konnten unterschiedliche Schnitzeitpunkte der jeweiligen Grasanwelksilage genutzt werden. Die Maissilage der TMR 21 bis 25 wurde mit einer GPS aus Triticale kombiniert.

Tabelle 1: Zusammensetzung der TMR (% in Frischmasse)

TMR	Grundfuttermittel								Konzentrate							Sonstiges		
	Maissilage	AWS 1. Schnitt	AWS 2. Schnitt	Pressschnitzelsilage	Luzernesilage	LKS-Silage	Biertreibersilage	GPS (Triticale)	Gerste, geschrotet	Weizen, geschrotet	Sojaextraktionsschrot	Sojaextrakts. geschützt	Rapsextraktionsschrot	Süßlupine, weiß	Erbsen, geschrotet	Trockenschnitzel	Hofmischung ^a	Harnstoff
1 ^b	44,2	15,9		13,3													25,9	
2	37,6	17,7		18,8													25,9	
3 ^c	33,0	26,4				11,0	13,2	8,8		1,8	3,3	1,8						0,2
4 ^c	33,1	26,5				11,0	13,2	8,8		1,8	3,3	1,8						
5 ^c	33,1	26,5				11,0	13,2	6,6		6,2		2,9						
6	47,4		31,6	10,5	10,5													
7	27,8		55,6		8,3			8,3										
8	23,0		46,0	11,5	8,6			10,9										
9	44,0		33,0	11,0						12,0								
10	13,1		45,8	13,1				16,3		9,8		1,9						
11		90,0					10,0											
12	36,8	63,2																
13	55,0	25,0					20,0											
14	26,8	53,7						13,4		6,1								
15	34,5	41,4						17,2		6,9								
16	31,8		68,2															
17	38,1		57,1											4,8				
18	63,1		29,1											7,8				
19	57,1		22,9						11,4			8,6						
20	25,0		50,0						12,5	12,5								
21	68,3						26,8			4,9								
22	69,3						24,8						5,9					
23	51,7						34,5	8,0		5,7								
24	59,2						17,7	14,8				8,3						
25	48,6						13,9	22,2				15,3						
26	18,0	82,0																
27		60,9			26,1											13,0		
28	20,4	61,2			8,2			10,2										
29	51,1	29,8			8,5									10,6				
30	88,2							4,5		7,2								

^a Hofmischung aus Lipiciafett H & J, Körnermais, Palmkernkuchen, Proteinträgern + Gerste + Propylenglykol

^b zusätzlich 0,7 % Mineralstoffgemisch (Vilomin)

^c zusätzlich je 0,5 % Propylenglykol und 0,003 % Natriumbikarbonat und Futterkalk

In Abhängigkeit vom Umfang der Grundfutterproduktion des jeweiligen Betriebes war es auch möglich, bis zu vier unterschiedliche Silagen wie bei TMR 3 bis 6 und 8 in die Rationskalkulation einzubeziehen.

Bei den TMR 1 bis 5 handelte es sich um komplette Mischungen aus den laufenden Produktionsabläufen, die nicht wie bei TMR 6 bis 30 unmittelbar aus den Einzelkomponenten zusammengestellt wurden.

Um den angestrebten Bereich von 6,0 bis 7,2 MJ/kg T im Energiegehalt in den Rationen abzudecken, war die Ergänzung der Silagen mit Konzentraten erforderlich. Dabei wurden hauptsächlich Gerste und Weizen verwendet. Neben Soja- und Rapsextraktionsschrot kamen auch einheimische Körnerleguminosen wie Erbsen und Weiße Süßlupinen zum Einsatz.

2.3 Rationsgewinnung und -lagerung

Um mikrobielle Umsetzungsprozesse auf ein Minimum zu reduzieren, wurden zunächst die Silagen zügig portioniert und anschließend bei -18° C eingefroren. Aus diesem Grund wurden die Konzentrate zu einem späteren Zeitpunkt separat eingewogen und gelagert. Die Silage- und Konzentrate der jeweiligen TMR wurden dabei als Tagesrationen eingewogen. Für die Futterprobenahme wurde nach der Methodenvorschrift von SCHIEMANN (1981) verfahren.

2.4 Verdaulichkeitsuntersuchung

Die Verdaulichkeitsbestimmungen wurden unter standardisierten Bedingungen im Nutztierwissenschaftlichen Zentrum Merbitz der Universität Halle-Wittenberg durchgeführt. Bei den Hammeln handelte es sich um Tiere der Herkunft Rauwolliges Pommersches Landschaf in einem Lebendmasseabschnitt von 40 bis 60 kg. Für jede TMR wurden mindestens drei, in der Regel vier Tiere gleichzeitig geprüft. Alle Tiere wurden über einen Zeitraum von 14 Tagen, bei krassem Futterwechsel über mindestens 20 Tage, an die jeweilige TMR adaptiert. Anschließend erfolgte eine quantitative Kotsammelperiode mittels Kotsammelgeschirr, das am Tier fixiert war, über mindestens sechs Tage. Zur Beurteilung der Lebendmasse wurden die Tiere zu Beginn und zum Ende jeder Kotsammelperiode gewogen. Die Tagesrationen an Silagen und Konzentraten der jeweiligen TMR wurden unmittelbar vor der Morgenfütterung vereinigt, gemischt und auf zwei Mahlzeiten um 7:00 und 14:00 Uhr annähernd gleich verteilt. Wasser stand zur freien Aufnahme zur Verfügung.

2.5 Chemische Analyse

Die Bestimmung der Weender Roh Nährstoffe, der Detergenzienfaser und der Enzymlöslichen Organischen Substanz (ELOS) folgte den Standardmethoden des VDLUFA (NAUMANN & BASLER, 1976). Die Angabe Enzymunlösliche Organische Substanz (EULOS) ergibt sich aus der Differenz

zwischen Organischer Substanz und ELOS. Die Zucker- bzw. Stärkebestimmung erfolgte nach der Methode LUFF-SCHOORL (VDLUFA-Methode 7.1.1 bzw. 7.2.1). Alle Einzelfutterkomponenten und Mischrationen wurden im Hohenheimer Futterwerttest (HFT) auf die Gasbildung untersucht (VDLUFA-Methode 25.1).

2.6 Berechnungen

Zur Berechnung der Gehalte an Bruttoenergie (GE), Umsetzbarer Energie (ME) und Nettoenergie für Laktation (NEL) wurden die Formeln der GfE (2001) verwendet:

- GE (MJ/kg) = 0,0239 XP + 0,0398 XL + 0,0201 XF + 0,0175 XX
- ME (MJ/kg) = 0,0312 DXL + 0,0136 DXF + 0,0147 (DOS – DXL - DXF) + 0,00234 XP
- NEL (MJ/kg) = 0,6 [1 + 0,004 (q - 57)] ME (MJ/kg), q = ME/GE*100

OS	-	Organische Substanz (g/kg)
XP	-	Rohprotein (g/kg)
XL	-	Rohfett (g/kg)
XF	-	Rohfaser (g/kg)
XX	-	N-freie Extraktstoffe (g/kg)
D	-	verdaulich

2.7 Mathematisch-Statistische Auswertung

Die für die Ableitung der Schätzgleichungen erforderliche Regressionsanalyse erfolgte mittels Software-Paket "STATISTIKA" von StatSoft (1996). Die Entscheidung über die Annahme einer Schätzgleichung für die Umsetzbare Energie wurde in Abhängigkeit der Abweichung der im Verdaulichkeitsversuch ermittelten von den geschätzten Energiewerten (Residuen) in MJ/kg T und dem korrigierten Bestimmtheitsmaß für multiple Regressionen r^2 getroffen. Weiterhin diente die Standardabweichung der Schätzung $s_{y,x}$ als Maß für die Güte der Schätzgleichung.

Die Auswahl der einfließenden Regressoren richtete sich nach dem Einfluss auf die Zielgröße ME (Regresssand). Die gewählten Regressoren wurden schrittweise ausgeschlossen. Als Maß diente die Absenkung des F-Wertes. Die Differenz F_0 zu F_1 wurde auf 0,5 festgelegt. Damit konnte die Mindestgröße der partiellen Regressionskoeffizienten β_x kontrolliert werden. β_x beschreibt die Änderung des Regressanden (ME) durch die Variable x bei Konstanz der übrigen Regressoren. Quadratische Abhängigkeiten der Regressoren wurden neben linearen Beziehungen ebenfalls geprüft.

Der Vergleich der berechneten und geschätzten Umsetzbaren Energie beruht auf der minimalen bzw. maximalen Abweichung der Schätzung vom ermittelten Wert in MJ/kg T und %. Die mittlere Standardabweichung s der geschätzten Werte von der berechneten ME unterstützt diese Bewertung. Korrelationen zwischen den geschätzten und den aus Verdaulichkeitsmessungen hervorgegangenen Werten der Umsetzbaren Energie werden durch den Korrelationskoeffizienten r einer einfachen linearen Regression ausgedrückt.

Alternativ wurde die Berechnung von Formeln nach der Vorgehensweise von WEIßBACH et al. (1996) vorgenommen.

3 Ergebnisse

3.1 Zusammensetzung der TMR

Der mittlere T-Gehalt der geprüften TMR lag bei 416 g/kg Futter in einem Bereich von 273 bis 566 g/kg Futter (Tabelle 2). Die Rationen enthielten zwischen 118 und 234 g XP/kg T, 26 und 48 g XL/kg T sowie 131 bis 250 g XF/kg T. Damit bewegen sich die Nährstoffgehalte der untersuchten TMR in Bereichen wie sie in der praktischen Fütterung auftreten. Hohe Anteile an Konzentratfuttermitteln bedingen den z. T. niedrigen Rohfasergehalt von nur 131 g/kg T. Wird die Strukturversorgung der Milchkuh noch auf Basis der Rohfaseraufnahme beurteilt, werden Defizite in diesen Rationen offensichtlich.

Insgesamt belegen die Daten, dass die gesamte Breite der Rationszusammensetzung unter Praxisbedingungen einschließlich der Extrembereiche voll einbezogen war. Auf Basis der verdaulichen Rohnährstoffe wurden für die 30 TMR Gehalte an ME von 9,6 bis 11,9 MJ/kg T berechnet. Daraus ergaben sich Gehalte an NEL von 5,7 bis 7,4 MJ NEL/kg T, wobei eine Energiekonzentration von 7,4 MJ NEL/kg T unter praxisüblichen Fütterungsbedingungen als sehr hoch einzuschätzen ist. Letztlich konnte damit der angestrebte Bereich in der Energiekonzentration der TMR von ursprünglich 6,0 bis 7,2 MJ NEL/kg T erweitert werden.

Tabelle 2: Rohrnährstoff-, Detergenzienfaser- und Energiegehalte der TMR

TMR	T	OS	XP	XF	XL	ELOS	Gb	NDF	ADF	ME ²	NEL ³
	g/kg FM ¹	g/kg T					l/200g T	g/kg T		MJ/kg T	
1	436,4	926,9	204,8	153,6	33,4	755,5	47,8	372,3	258,8	11,5	7,1
2	387,3	919,9	201,9	179,0	36,4	725,3	46,3	316,3	206,2	11,6	7,1
3	459,3	939,1	193,0	162,0	44,4	785,4	52,9	366,3	195,0	11,8	7,2
4	465,1	935,9	162,4	165,5	47,6	780,8	51,4	365,9	193,2	11,9	7,3
5	464,2	930,7	192,4	147,9	42,4	789,0	51,0	340,7	174,8	11,8	7,3
6	370,2	921,4	118,5	232,7	30,4	654,8	45,6	457,4	261,7	10,2	6,1
7	405,2	913,4	124,2	225,5	27,1	651,9	42,9	458,7	269,5	9,6	5,7
8	444,9	916,9	125,7	212,9	26,0	672,8	45,6	442,1	254,2	9,7	5,8
9	418,1	912,4	219,6	168,0	28,9	742,0	47,0	344,4	202,0	11,1	6,7
10	470,9	928,9	209,1	137,0	25,8	797,8	50,3	334,5	186,2	11,4	7,0
11	339,9	894,1	182,8	250,3	44,7	702,0	43,6	487,5	304,4	10,7	6,4
12	365,2	901,1	151,9	225,8	35,4	715,9	44,8	425,1	281,2	10,5	6,3
13	341,5	922,4	139,4	197,1	38,8	683,4	45,3	438,2	257,9	10,8	6,5
14	465,1	909,3	171,0	179,4	32,3	760,2	49,1	371,5	216,0	11,6	7,1
15	501,3	919,1	171,2	130,7	30,1	790,5	53,0	285,4	173,6	11,5	7,1
16	344,2	897,3	180,5	208,5	41,5	737,6	40,7	395,7	247,5	11,2	6,8
17	369,4	895,0	186,1	198,5	43,7	752,6	44,9	373,4	232,7	11,4	7,0
18	372,3	925,2	134,1	184,0	31,2	755,7	50,3	371,5	216,8	11,5	7,1
19	445,8	920,4	170,6	144,8	29,0	769,4	51,2	304,1	179,6	11,5	7,1
20	473,8	896,6	233,7	152,0	34,1	777,7	49,0	292,3	183,5	11,9	7,4
21	436,5	940,1	137,8	193,5	30,5	705,6	50,0	374,4	222,0	10,7	6,5
22	428,5	946,3	127,4	197,9	42,1	704,2	51,8	370,6	221,0	10,9	6,6
23	470,3	940,1	155,5	170,2	28,4	732,1	51,6	339,4	203,0	10,9	6,6
24	504,1	945,4	157,4	158,5	31,5	744,0	54,1	326,6	199,0	11,3	6,9
25	565,5	942,2	187,0	132,4	31,5	800,4	54,0	284,2	179,0	11,9	7,3
26	273,3	884,1	176,0	216,0	39,0	716,5	46,2	398,4	268,0	10,6	6,4
27	359,1	897,4	163,4	206,3	29,3	769,6	51,6	356,5	263,0	10,9	6,7
28	334,4	904,2	161,1	181,1	33,7	761,1	49,5	349,7	226,0	11,1	6,8
29	360,8	926,1	157,3	158,4	31,7	790,9	54,1	309,6	209,0	11,6	7,1
30	393,2	934,9	164,9	139,7	28,4	795,2	52,8	280,5	173,0	11,7	7,2
Mittel	415,5	919,6	168,7	180,3	34,3	744,0	48,9	364,4	221,8	11,2	6,8
Max.	565,5	946,3	233,7	250,3	47,6	800,4	54,1	487,5	304,4	11,9	7,4
Min.	273,3	884,1	118,5	130,7	25,8	651,9	40,7	280,5	172,5	9,6	5,7

Bitte mit Ausnahme der Angaben für die Gasbildung und die Energiegehalte keine Kommastellen angeben

¹ Futtermittel

² ME (MJ/kg) = 0,0312 DXL + 0,0136 DXF + 0,0147 (DOS – DXL - DXF) + 0,00234 XP; GfE (2001)

³ NEL (MJ/kg) = 0,6 [1 + 0,004 (q - 57)] ME (MJ/kg), q = ME/GE*100; GfE (2001)

Im Folgenden sollen die vorliegenden analysierten Rationsparameter in Beziehung zur berechneten umsetzbaren Energie aus den Mischrationen gesetzt werden, um deren Einfluss auf die Güte der abzuleitenden Schätzggleichungen des Energiegehaltes von Mischrationen beurteilen zu können.

Es war festzustellen, dass der Rohfasergehalt, der Gehalt an Detergenzienfasern NDF und ADF und die ELOS in enger Beziehung zum ermittelten Energiegehalt der TMR stehen. Mit zunehmendem Rohfasergehalt nahm die Energiekonzentration ab (Abbildung 1).

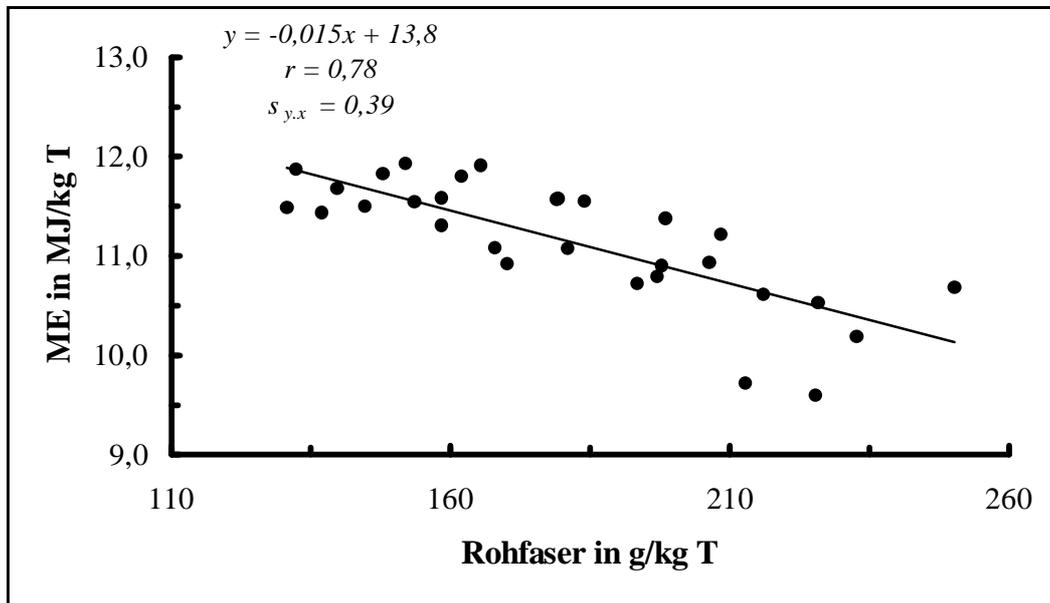


Abbildung 1: Beziehung des Rohfasergehaltes zur berechneten ME der TMR

Gleiches trifft für die NDF- und ADF-Fractionen zu. Der ME-Gehalt korrelierte hingegen positiv mit dem Gehalt an ELOS (Abbildung 2 und 3). Für die Parameter Organische Substanz, Rohprotein, Rohfett und Gasbildung konnte kein funktionaler Zusammenhang zur ME statistisch gesichert werden.

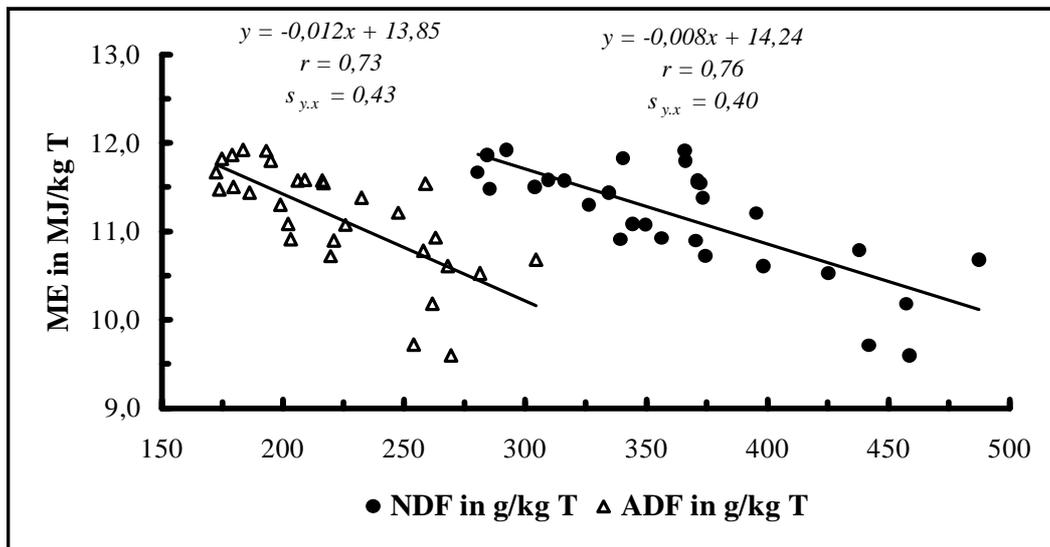


Abbildung 2: Beziehung des NDF- und ADF-Gehaltes zur berechneten ME der TMR

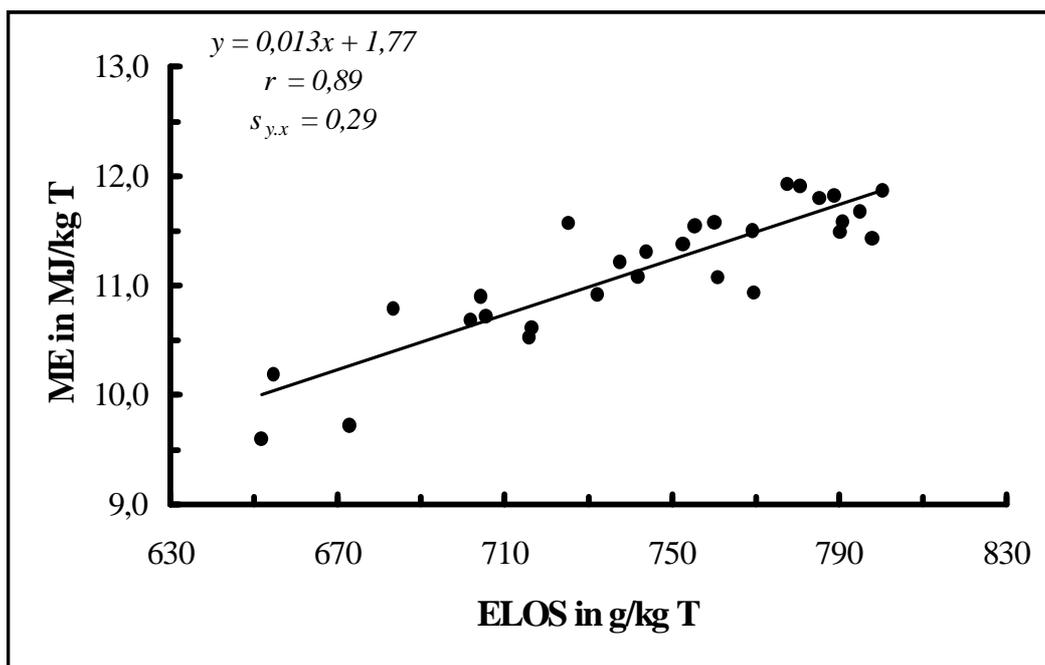


Abbildung 3: Beziehung der Enzymlöslichen Organischen Substanz (ELOS) zur berechneten ME der TMR

3.2. Verdaulichkeit der Rohnährstoffe

Die mittlere scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und der Detergenzienfasern sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe lag in einem Bereich, der die unterschiedliche Zusammensetzung der TMR gut widerspiegelt. Die Verdaulichkeit der Organischen Substanz lag in einem Bereich von 68,6 bis 84,0 %, wobei die hohe Verdaulichkeit nur mit qualitativ hochwertigen Grundfuttermitteln zu realisieren war.

Tabelle 3: Mittlere Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und der Detergenzienfasern (%)

Verdaulichkeit	Mittelwert	Minimum	Maximum	$\pm s^1$
OS	77,7	68,6	84,0	3,7
XP	72,5	55,4	82,7	6,3
XL	70,4	55,6	84,3	7,6
XF	67,0	55,0	77,8	6,9
NfE	82,8	75,4	87,5	3,5
NDF	68,1	57,6	77,1	6,2
ADF	68,7	53,1	79,6	7,7

¹ Standardabweichung

Die Verdaulichkeit der Organischen Substanz zeigt erwartungsgemäß eine sehr enge, positive Korrelation zur Umsetzbaren Energie (Abbildung 4).

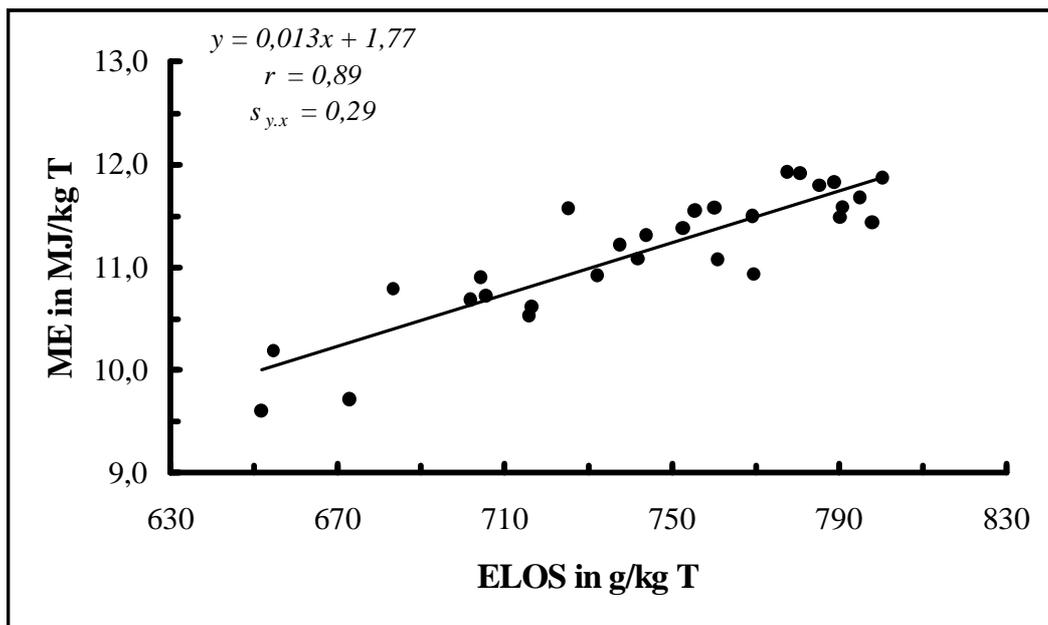


Abbildung 4: Beziehung der Verdaulichkeit der Organischen Substanz zur umsetzbaren Energie (ME) der TMR im Vergleich zur Verdaulichkeit der Rohfaser

Für die Verdaulichkeit der Rohfaser und der Detergenzienfaser war keine Beziehung zur ME festzustellen. Mit steigender Verdaulichkeit des Rohfettes steigt die Energiekonzentration tendenziell. Eine positive Korrelation zur ME lässt sich statistisch nicht absichern.

4 Ableitung von Schätzgleichungen zum Gehalt an ME in Mischrationen

4.1 Stochastischer Ansatz

4.1.1 Auf der Basis der Weender Rohnährstoffe

Die Analyse der Weender Rohnährstoffe von Futtermitteln ist in der Praxis etabliert. Deshalb liegt es nahe, diese Parameter zur energetischen Bewertung von Mischrationen heranzuziehen. Alle Gleichungen zur Schätzung der ME von TMR, die sich aus den folgenden Regressionsanalysen ergaben, sind in der Tabelle 1 des Anhanges aufgeführt. Die Ableitung dieser Gleichungen folgt dabei strikt den unter Punkt 2.7. genannten mathematischen Auswahlkriterien. Eine physiologische Interpretation der verwendeten Variablen ist daher nicht möglich. Die analysierten Werte der Rohasche, des Rohfettes, des Rohproteins und der Rohfaser wurden in die Regressionsanalyse einbezogen. Werden die Parameter Rohfett und Rohfaser durch die Rohasche ergänzt, erhöht sich das korrigierte Bestimmtheitsmaß r^2 auf 0,81 und die Standardabweichung $s_{y,x}$ verringert sich auf 0,26. (Tabelle 4, Nr. 3). Die Hinzunahme des Rohproteins kann die Güte der Schätzung nicht mehr erhöhen (Nr. 4).

Tabelle 4: Parameter der Regressionsanalyse auf Basis der Weender Rohnährstoffgehalte

Nr.	Regressoren	s _{y,x}	r ²	Residuen			
				MJ/kg T		%	
1	XF	0,39	0,59	+0,54	-0,97	+5,1	-10,0
2	XF, XL	0,28	0,80	+0,59	-0,52	+5,1	-5,4
3	XF, XL, XA	0,26	0,81	+0,63	-0,48	+5,4	-5,0
4	XF, XL, XA, XP	0,27	0,81	+0,68	-0,46	+5,8	-4,8
5	XF, XL, XF ² , XL ²	0,27	0,81	+0,54	-0,40	+4,6	-3,8
6	XL, XA, XF ² , XL ²	0,26	0,82	+0,54	-0,39	+4,6	-4,1
7	XL, XP, XF ² , XL ² , XP ²	0,25	0,83	+0,65	-0,37	+5,6	-3,5

Rohfett erweist sich in der Regressionsanalyse als wichtiges Kriterium zur Schätzung der ME und wird in Verbindung mit Rohfaser in der Berechnung verwendet. Hierbei zeigt sich sowohl beim linearen Ansatz (Nr. 2, r² = 0,80) als auch bei der Verwendung quadratischer Ableitungen (Nr. 5, r² = 0,81) eine hohe Schätzgenauigkeit.

Die Nutzung des Quadrates der Rohnährstoffe Rohfett und Rohfaser in Verbindung mit dem Rohprotein erhöht das korrigierte Bestimmtheitsmaß und senkt die Standardabweichung der Schätzung nur noch im geringen Maße (Nr. 7).

Die ebenfalls auf Basis von Rohnährstoffgehalten abgeleiteten Schätzgleichungen von SCHÖNER & TUSCHY (1983) und der GfE (1998) weisen mit ca. 10 % und ca. 6 % einen vergleichsweise hohen Schätzfehler auf.

Bei der Schätzung des Energiegehaltes der TMR auf Basis der Rohnährstoffe hatte das Rohfett maßgeblichen Einfluss auf die Schätzgenauigkeit. In Kombination mit der Rohfaser und dem Rohprotein ergab sich ein hohes Bestimmtheitsmaß bei einer geringen Standardabweichung der Schätzung. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird in den Untersuchungseinrichtungen zunehmend auf die aufwendige Rohfettanalyse verzichtet. Bei einem Verzicht auf das Rohfett ergeben sich die folgenden Schätzgleichungen, wobei zum Vergleich nochmals die Gleichungen angegeben sind, die das Rohfett als Regressor enthalten (Tabelle 5).

Tabelle 5: Parameter der Regressionsanalyse auf Basis der Weender Rohnährstoffgehalte

Regressoren	s _{y,x}	r ²	Residuen				
			MJ/kg T		%		
- mit Rohfett -							
XF, XL, XA, XP	0,27	0,81	+0,68	-0,46	5,8	4,8	
- ohne Rohfett -							
XF, XA, XP	0,36	0,65	+0,68	-0,76	5,9	7,8	
- mit Rohfett -							
XL, XP, XF ² , XL ² , XP ²	0,25	0,83	+0,65	-0,37	5,6	3,5	
- ohne Rohfett -							
XF, XP, XF ² , XP ²	0,33	0,71	+0,69	-0,61	6,0	6,3	

Generell nimmt die Schätzgenauigkeit ohne das Rohfett als Regressor ab. Das Bestimmtheitsmaß verringert sich, die Standardabweichung der Schätzung erhöht sich. Diese Tendenz bleibt auch erhalten, wenn die Weender Rohnährstoffe mit In-vitro-Kriterien oder Detergenzienfasern kombiniert werden.

4.1.2 Unter Einbeziehung von In-vitro-Parametern

Wird neben den Weender Rohnährstoffen die Gasbildung in die Regressionsanalyse einbezogen, lässt sich das korrigierte Bestimmtheitsmaß nicht mehr erhöhen. Die Güte der Schätzung steigt nicht ($s_{y,x} = 0,26$; Residuen zwischen +0,67 bis -0,40 MJ/kg T, Tabelle 6, Nr. 8).

In analoger Form wurde die Gasbildung zunächst in Kombination mit Rohfaser und Rohfett geprüft. Diese Kombination hatte jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die ME und erscheint deshalb nicht in der Ableitung.

Tabelle 6: Parameter der Regressionsanalyse auf Basis der Weender Rohnährstoffgehalte und In-vitro-Parameter

Nr.	Regressoren	$s_{y,x}$	r^2	Residuen			
				MJ/kg T		%	
8	Gb, XF, XL, XA, XP	0,26	0,83	+0,67	-0,40	+5,7	-4,1
9	ELOS	0,29	0,78	+0,65	-0,55	+5,6	-5,0
10	ELOS, XF	0,29	0,78	+0,61	-0,58	+5,3	-6,0
11	ELOS, XF, XL	0,22	0,88	+0,47	-0,37	+4,1	-3,8
12	ELOS, XF, XL, XP	0,22	0,88	+0,49	-0,35	+4,2	-3,7
13	ELOS, XL, XF ² , XL ²	0,19	0,90	+0,36	-0,31	+3,1	-2,9
14	ELOS, Gb, XL, Gb ² , XL ²	0,24	0,85	+0,46	-0,44	+4,0	-4,1

Die Einbeziehung der Enzymlöslichen Organischen Substanz steigert dagegen wesentlich die Schätzgenauigkeit. r^2 steigt auf 0,88 bei $s_{y,x}$ von 0,22 und Residuen zwischen +0,49 und -0,35 MJ/kg T (Nr. 12). Dies bestätigt die bereits oben gezeigte enge Beziehung zwischen Enzymlöslicher Organischer Substanz und Umsetzbarer Energie einer TMR. Dieses Kriterium scheint daher für die Ableitung von Schätzgleichungen zur Bestimmung der Umsetzbaren Energie gut geeignet.

Nutzt man zusätzlich die Quadrate der Rohnährstoffe und ELOS erreicht man ein Bestimmtheitsmaß von 0,90 bei einem Schätzfehler $s_{y,x} = 0,19$ (Nr. 13). Die Residuen können auf +0,36 und -0,31 MJ/kg T gesenkt werden. Das entspricht einer Abweichung von mindestens 3,1 %. Angewandte Schätzgleichungen für Grundfuttermittel auf der Basis der Enzymunlöslichen Organischen Substanz weisen Schätzfehler zwischen 2,4 und 3,3 % auf (WEIßBACH et al. 1996).

Bei der Verwendung beider In-vitro-Parameter findet die Gasbildung keinen Eingang in die Schätzgleichung. Die Kombination mehrerer Rohnährstoffe mit den In-vitro-Parametern vermindert die

Schätzgenauigkeit im Vergleich zu den Ableitungen unter Nutzung der Rohnährstoffe und der Enzymlöslichen Organischen Substanz als Regressoren.

SCHÖNER & TUSCHY (1983), SCHÖNER & PFEFFER (1985) sowie POTTHAST et al. (1997) fanden eine wesentliche Verbesserung der Schätzgüte bei Verwendung der Gasbildung in regressionsanalytischen Ableitungen. Das konnte für die Schätzung der Energiekonzentration von Mischrationen in dieser Untersuchung nicht bestätigt werden.

Als mögliche Ursache kann die geringe Spannweite der Werte für die Gasbildung von 40,7 bis 54,1 l/200 g T genannt werden. SCHÖNER (zitiert bei STEINGASS & MENKE, 1986) gibt einen Wertebereich von 20 bis 80 l/200 g T an, wobei neben Misch- auch verschiedene Einzelfuttermittel geprüft wurden. Die für eine gesicherte Ableitung erforderliche Heterogenität in der Futterzusammensetzung war anscheinend nicht gegeben.

4.1.3 Unter Einbeziehung der Detergenzienfasern

Durch die Kombination von Detergenzienfasern und Weender Rohnährstoffen verbessert sich die Genauigkeit der Schätzung im Vergleich zur alleinigen Verwendung der Weender Rohnährstoffe nur geringfügig. Das korrigierte Bestimmtheitsmaß liegt bei 0,84 bei einer Standardabweichung der Schätzung von 0,24 (Tabelle 7, Nr. 17).

Tabelle 7: Parameter der Regressionsanalyse auf Basis der Weender Rohnährstoffgehalte und Detergenzienfasern

Nr.	Regressoren	S _{y,x}	r ²	Residuen			
				MJ/kg T		%	
15	NDF, XL	0,28	0,78	+0,60	-0,57	+5,2	-5,2
16	NDF, XL, XF	0,25	0,83	+0,60	-0,44	+5,2	-4,0
17	NDF, XL, XF, XP	0,24	0,84	+0,69	-0,33	+5,9	-3,5
18	ADF, XL	0,36	0,66	+0,90	-0,70	+7,8	-7,2
19	NDF, ADF, XL, XF	0,25	0,83	+0,63	-0,41	+5,5	-3,7
20	NDF, XL, XF, XL ² , XF ²	0,25	0,83	+0,58	-0,43	+4,9	-3,9

Die Rohasche hat in diesem Fall keinen signifikanten Einfluss auf ME und findet demnach keinen Eingang in die Schätzgleichung. Bei Verwendung der Neutralen Detergenzienfaser können im Vergleich zur Sauren Detergenzienfaser genauere Schätzungen abgeleitet werden.

Das steht im Gegensatz zu Untersuchungen von SCHÖNER und PFEFFER (1985). Dort führte die Einbeziehung des NDF-Gehaltes neben den Rohnährstoffgehalten bei insgesamt 102 Grundfuttermitteln zu keiner weiteren Präzisierung der Schätzungen.

Der Einfluss der ADF als Regressor auf die Zielgröße ME ist zu gering, so dass dieser Parameter unter den verwendeten Prämissen nicht in quadratische Gleichungen einfließt.

Eine Anwendung der Detergenzienanalyse bietet demnach zur ME-Schätzung gegenüber XF keine Vorteile.

4.1.4 Unter Einbeziehung aller analysierten Parameter

Die Kombination aller analysierter Parameter kann die Güte der Schätzung im Vergleich zur Verwendung von ELOS und den Rohnährstoffen nicht mehr erhöhen. Auf eine Darstellung der Regressionsmodelle wird deshalb verzichtet werden.

4.2 Unter Einbeziehung fester Koeffizienten für Regressoren (sachlogischer Ansatz)

WEIßBACH et al. (1996) wenden bei Schätzung des Energiegehaltes von Einzelfuttermitteln eine andere methodische Vorgehensweise an. Dabei wurden zunächst die Gehalte an verdaulicher Organischer Substanz, verdaulichem Rohfett und verdaulicher Rohfaser des jeweiligen Futtermittels einzeln anhand des Gehaltes an Enzymunlöslicher Organische Substanz (EULOS) geschätzt und diese Funktionen anschließend zu einer Gleichung zusammengefasst. Dabei beinhaltet diese Gleichung feste Koeffizienten für die Rohasche mit 0,0147 und das Rohprotein mit 0,00234, die Teil der Formel zur Berechnung der ME nach der GfE (2001) sind. EULOS bedingt im Vergleich zur Rohfaser eine geringere Futterartabhängigkeit innerhalb von Regressionen und führt zu höheren Schätzgenauigkeiten. Gleichzeitig kann auf die Bestimmung des Rohfasergehaltes verzichtet werden, wenn EULOS vorliegt. Auf eine genauere Beschreibung des Modells soll hier jedoch nicht weiter eingegangen werden. Demnach sind nur das Intercept und der Koeffizient für EULOS zu berechnen.

Wird der Energiegehalt der TMR nach dieser Methode geschätzt, ergibt sich die folgende Regression (Tabelle 8).

Tabelle 8: Parameter zur Schätzung des Energiegehaltes von TMR nach der Methode von WEIßBACH et al. (1996)

	Basis: Rohasche und Rohprotein - feste Koeffizienten-
ME =	$13,903 - 0,0147 \times XA^1 - 0,01114 \times EULOS + 0,00234 \times XP^1$ $r^2 = 0,82, s_{y,x} = 0,26, \text{Residuen: } +0,54 \text{ bis } -0,54 \text{ MJ ME/kg T}$

¹ Koeffizienten laut GfE (1998)

Das Intercept beträgt 13,903 und der Koeffizient für EULOS -0,01114. Die Schätzung weist mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,82 bei einer Standardabweichung von nur 0,26 eine hohe Genauigkeit auf. Die maximale Abweichung beträgt 5,6 % und liegt damit in einem für Schätzgleichungen dieser Art üblichen Bereich.

4.3 Anwendung bestehender Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie

Für die unterschiedlichsten Futtermittel wie Grund- oder Mischfuttermittel existieren eine Vielzahl von Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie. Hierbei finden u.a. Weender Rohnährstoffe, die Faserfraktionen nach VAN SOEST (KIRCHGESSNER et al. 1977), die Enzymlösliche Organische Substanz (KIRCHGESSNER & KELLNER, 1981; WEIßBACH et al. 2000) sowie die Gasbildung (MENKE & STEINGASS, 1987; POTTHAST et al. 1997, RODEHUTSCORD et al. 1996) Anwendung. Durch die GfE (1998) wurden Schätzgleichungen für Grasprodukte und Maissilagen vorgeschlagen. Alle Schätzformeln unterlagen einer Validierung und stehen für die praktische Anwendung zur Verfügung.

Im NEL-System besteht das Prinzip der Additivität, wonach sich Energiegehalte von Futtermischungen summarisch aus den einzelnen Energiegehalten entsprechender Futtermittel ergeben. Trotz der Annahme, dass eine Übertragbarkeit dieses Prinzips auf Mischrationen aufgrund von Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Futtermitteln nicht möglich ist, soll im folgenden geklärt werden, inwieweit diese Gleichungen geeignet sind, die ME von TMR zu schätzen. In der Tabelle 9 sind die verwendeten Gleichungen angegeben. Angaben zur Schätzgüte der Beziehungen zwischen den berechneten und den nach diesen Gleichungen geschätzten Energiegehalten sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 9: Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie

Nr.	Gleichung	Quelle
1	$ME = 13,98 - 0,0147 \times XA - 0,0102 \times EULOS - 0,00000254 \times EULOS^2 + 0,00234 \times XP$	WEIßBACH et al. (2000)
2	$ME = 4,471 + 0,00932737 \times ELOS - 0,00001608 \times XA \times ELOS + 0,00002502 \times XP \times XP$	RODEHUTSCORD et al. (im Druck)
3	$ME = 0,54 + 0,01987 \times XP + 0,01537 \times ELOS + 0,000706 \times XL^2 - 0,00001262 \times ELOS \times XA - 0,00003517 \times ELOS \times XP$	GfE (1998) ¹
4	$ME = 14,27 - 0,0147 \times XA - 0,012 \times EULOS + 0,00234 \times XP$	GfE (1998) ²
5	$ME = - 2,6 + 0,1438 \times XL + 0,2353 \times Gb + 0,00002146 \times XP \times XF + 0,0002798 \times XL \times XP - 0,003768 \times Gb \times XL$ $ME = 14,27 - 0,0147 \times XA - 0,012 \times EULOS + 0,00234 \times XP$	GfE (1998) ³
6	$ME = 0,54 + 0,01987 \times XP + 0,01537 \times ELOS + 0,000706 \times XL^2 - 0,00001262 \times ELOS \times XA - 0,00003517 \times ELOS \times XP$ $ME = 14,27 - 0,0147 \times XA - 0,012 \times EULOS + 0,00234 \times XP$	GfE (1998) ⁴

¹ Grassilage auf Basis ELOS

² Maissilage

³ Grassilage auf Basis Gasbildung + Maissilage

⁴ Grassilage auf Basis ELOS + Maissilage

Tabelle 10: Parameter der Gleichungen aus Tabelle 9

Gleichung Nr.	Mittelwert		Minimum		Maximum		s		r
	MJ/kg T	%	MJ/kg T	%	MJ/kg T	%	MJ/kg T	%	
1	0,24	2,2	0,01	0,1	0,70	7,2	0,19	1,8	0,91
2	0,21	1,9	0,01	0,1	0,66	5,8	0,17	1,6	0,90
3	0,35	3,1	0,02	0,2	1,37	11,5	0,30	2,6	0,72
4	0,44	3,9	0,04	0,4	1,09	9,4	0,25	2,2	0,86
5	0,47	4,2	0,07	0,7	1,03	9,2	0,23	2,1	0,91
6	0,29	2,7	0,01	0,1	0,83	8,6	0,25	2,3	0,81

Die Verwendung der Gleichung 1 bzw. 2 von WEIßBACH et al. (2000) bzw. RODEHUTSCORD et al. (im Druck) weisen die höchsten Schätzgenauigkeiten auf. Das bestätigt die hohe Güte der Ableitung der ME von Mischrationen auf der Grundlage von ELOS. Die für Grassilagen abgeleitete Gleichung nach RODEHUTSCORD et al. (im Druck) weist nur einen Regressionskoeffizienten r^2 von 0,78 bei einem Variationskoeffizienten $s_{y,x}$ von 5,4 % auf. Die Diskrepanz zwischen niedriger Schätzgenauigkeit bei der Anwendung auf Grassilagen und die hohe Güte der Schätzung bei der Nutzung dieser Gleichung für Mischrationen kann nicht erklärt werden. Beide Gleichungen sind hinsichtlich ihrer Regressoren durchaus vergleichbar und verwenden nur Rohasche, Rohprotein und ELOS bzw. EULOS als Parameter zur Schätzung des Energiegehaltes. Das Rohfett findet keine Berücksichtigung.

Die Schätzungen nach den Gleichungen 3 und 4 unterstützen die Bedeutung der ELOS bzw. EULOS für die Güte der Schätzung. Die Gleichungen der GfE (1998) für Gras- bzw. Maissilage sind vergleichsweise genau. Für die Schätzung der Energiekonzentration der Silagen werden Standardabweichungen zwischen 3,0 und 3,5 % angegeben. Bei der Anwendung dieser Gleichungen auf die Mischrationen liegt die mittlere Standardabweichung bei 2,6 und 2,2 %.

Gleichungen 5 und 6 sind Schätzungen aus der Energiekonzentration der Grundfuttermittel einer Mischration in Kombination mit Tabellenwerten der ME laut DLG-Futterwerttabelle für die übrigen Komponenten der TMR. In Gleichung 5 wurde dabei auf die Schätzgleichung für Grassilagen auf Grundlage der Gasbildung, in der Gleichung 6 auf die Schätzgleichung für Grassilagen auf Grundlage von ELOS zurückgegriffen. Beide Gleichungen zeigen gleichfalls hohe Korrelationen von 0,91 bzw. 0,81 bei geringen Standardfehlern von 2,1 bzw. 2,3 %.

Einen Vergleich der Gleichungen von WEIßBACH et al. (2000) sowie RODEHUTSCORD et al. (im Druck) mit einer Schätzgleichung, die aus dieser Untersuchung abgeleitet wurde (Tabelle 1, Anhang, Nr. 13), zeigt Abbildung 5 bzw. 6. Die Abweichungen der geschätzten von den berechneten Energiekonzentrationen sind sehr gering.

Beide Schätzgleichungen zeigen im Vergleich zur eigenen Schätzgleichung einen höheren Anteil an systematischen Überschätzungen der ME von etwa 0,2 MJ ME/kg T. Eine Anwendung dieser Gleichungen auch für die Schätzung der Energiekonzentration von Total-Misch-Rationen scheint durchaus gerechtfertigt, da der Schätzfehler sich nicht erhöht.

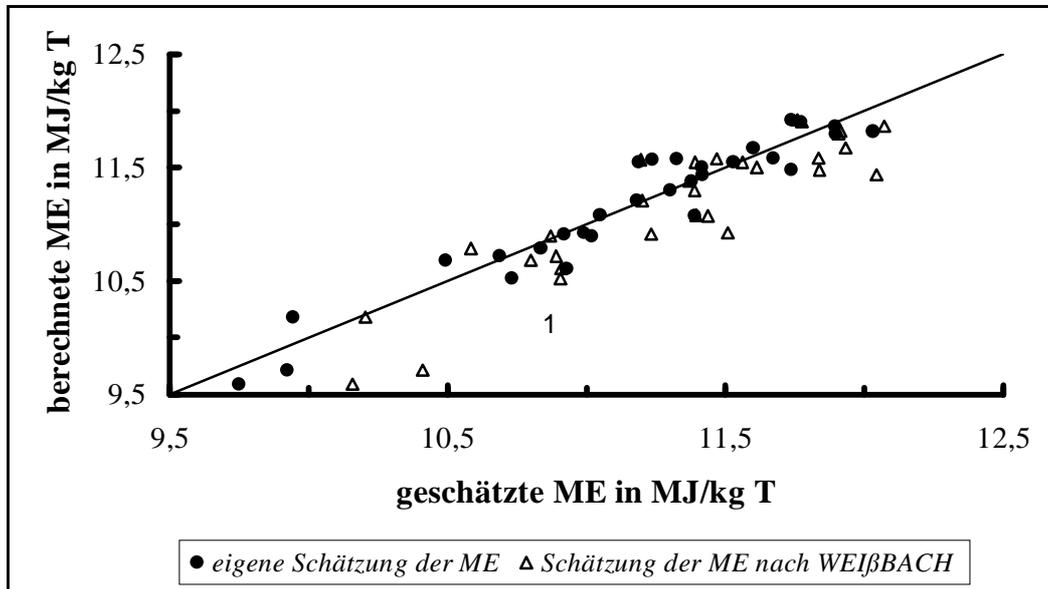


Abbildung 5: Vergleich der eigenen Untersuchung (Originaldaten und Schätzgleichung aus Tabelle 6, Nr. 13) mit der Schätzung nach WEIßBACH et al. (2000)

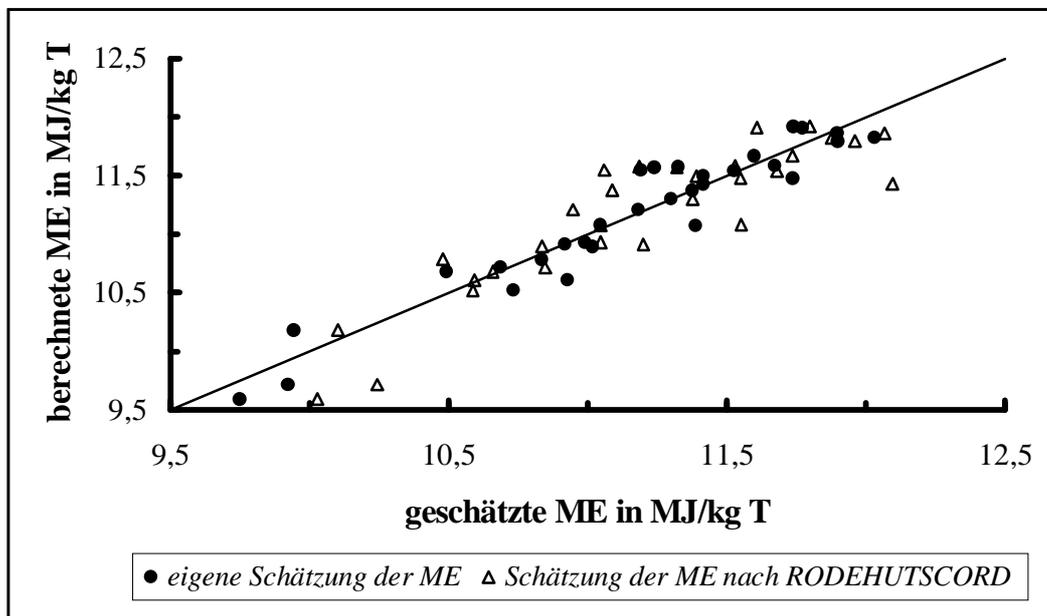


Abbildung 6: Vergleich der eigenen Untersuchung (Originaldaten und Schätzgleichung aus Tabelle 6, Nr. 13) mit der Schätzung nach RODEHUTSCORD et al. (im Druck)

5 Zusammenfassung

Der zunehmende Einsatz von Total-Misch-Ration (TMR) in der Milchkuhfütterung setzt eine zuverlässige Bewertung des Futterwertes hinsichtlich des Energiegehaltes voraus, um den Anforderungen der Milchkuh insbesondere im Hochleistungsbereich gerecht zu werden. Eine energetische Bewertung kann zur Zeit nur für Einzelfuttermittel anhand von anerkannten Schätzgleichungen vorgenommen werden (GfE, 1998). Eine unmittelbare Übertragbarkeit auf Mischrationen scheint nicht gegeben, da Wechselwirkungen zwischen den Futtermitteln in einer Mischung und die daraus resultierenden Einflüsse auf die Nährstoffverdaulichkeit nicht berücksichtigt werden.

Im Institut für Ernährungswissenschaften wurden 30 TMR mit den für Milchkuhrationen typischen Futtermitteln unter standardisierten Bedingungen zur Bestimmung ihres Gehaltes an Umsetzbarer Energie auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe geprüft. Auf dieser Grundlage wurden anhand von Rationsparametern Schätzgleichungen zur energetischen Bewertung von Mischrationen (TMR) regressionsanalytisch abgeleitet.

Zusätzlich wurden bereits vorhandene validierte und für die Praxis empfohlene Schätzgleichungen für Einzelfuttermittel hinsichtlich der Übertragbarkeit auf TMR geprüft.

Die alleinige Verwendung der Weender Rohnährstoffe erreichte eine hohe Genauigkeit der Schätzung. Insbesondere bei Verwendung von Rohfaser und Rohfett und deren Quadrat als Regressoren wurde ein Bestimmtheitsmaß von 0,81 bei Abweichungen in einem Bereich von +0,54 bis -0,40 MJ ME/kg T erzielt. Das entspricht einer relativen Abweichung von ± 5 %.

Die Verwendung von ELOS als In-vitro-Kriterium in Kombination mit Rohfett und Rohfaser erhöht die Schätzgenauigkeit. Die maximalen Differenzen betragen +0,36 bis -0,31 MJ ME/kg T. Die Einbeziehung der Detergenzienfasern NDF und ADF und der Gasbildung vermögen diese Schätzgüte nicht mehr zu erhöhen. Bei einem Verzicht auf die Variable Rohfett verringert sich die Schätzgüte der Gleichung. Dieses gilt auch bei der Kombination mit In-vitro-Kriterien oder Detergenzienfasern. Eine hohe Schätzgenauigkeit ist gleichfalls bei der Anwendung der Methode von WEIßBACH et al. (1996) möglich. Die Abweichungen zwischen geschätztem und berechnetem Energiegehalt in der TMR liegen bei maximal 0,54 MJ ME/kg T.

Der Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie hat aufbauend auf den Ergebnissen dieses Projektes nach einer unabhängigen Validierung folgende Formeln für die allgemeine Anwendung empfohlen (GfE, 2004):

$$\begin{aligned} 1) \quad \text{ME (MJ/kg T)} = & 6,0756 \\ & +0,19123 * \text{XL} \\ & +0,02459 * \text{XP} \\ & -0,000038 * \text{XF} * \text{XF} \\ & -0,002139 * \text{XL} * \text{XL} \\ & -0,000060 * \text{XP} * \text{XP} \end{aligned} \quad r^2 : 0,83, s_{y,x} : 0,25 \text{ MJ/kg T}$$

$$\begin{aligned}
 2] \quad \text{ME (MJ/kg T)} = & 11,9955 \\
 & -0,00753 * \text{NDF} \\
 & +0,00566 * \text{XP} \\
 & +0,03987 * \text{XL} \\
 & -0,00513 * \text{XA} \qquad \qquad \qquad r^2 : 0,81, s_{y,x} : 0,26 \text{ MJ/kg T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3] \quad \text{ME (MJ/kg T)} = & 1,5473 \\
 & +0,00764 * \text{ELOS} \\
 & +0,23292 * \text{XL} \\
 & -0,002760 * \text{XL} * \text{XL} \\
 & -0,000021 * \text{XF} * \text{XF} \qquad \qquad \qquad r^2 : 0,90, s_{y,x} : 0,19 \text{ MJ/kg T}
 \end{aligned}$$

6 Fazit

Für die regressionsanalytische Ableitung von Schätzgleichungen zur Bewertung des Energiegehaltes von Total-Misch-Rationen (TMR) wurden insgesamt 30 TMR hinsichtlich ihres Gehaltes an Umsetzbarer Energie (ME) auf ihre Rohnährstoffverdaulichkeit geprüft. Mit unterschiedlichen mathematischen Verfahren wurden Gleichungen abgeleitet, die eine hinreichend genaue Schätzung des ME-Gehaltes ermöglichen.

Für die Praxis und die routinemäßige Bewertung des Energiegehaltes von TMR stehen jetzt vom Ausschuss für Bedarfsnormen empfohlene Schätzgleichungen zur Verfügung.

7 Literaturverzeichnis

GfE (2001)

Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtsrinder. DLG-Verlag Frankfurt

GfE (1998)

Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Maisganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 7, S. 141-150

GfE (2004)

Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Prediction of Metabolisable Energy in total mixed rations (TMR) for ruminants. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 13, im Druck

KIRCHGESSNER, M. und R. J. KELLNER (1981)

Schätzung des energetischen Futterwertes von Grün- und Raufutter durch die Cellulasemethode. Landwirtschaftliche Forschung, 34, 4, S. 276-281

KIRCHGESSNER, M., R. J. KELLNER, F. X. ROTH und K. RANFFT (1977)

Zur Schätzung des Futterwertes mittels Rohfaser und Zellwandfraktionen der Detergenzien-Analyse. Landwirtschaftliche Forschung, 30, S. 245-250

MENKE, K. H., und H. STEINGASS (1987)

Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in-vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II Regressionsgleichungen. Übersichten Tierernährung, 15, 59-94

NAUMANN, C. und R. BASSLER (1976)

Methodenbuch Band III. Die chemischen Untersuchungen von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt

POTTHAST, V., R. HAVERKAMP und M. RODEHUTSCORD (1997)

Ableitung von Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Grasprodukten unter Verwendung von In-vitro-Parametern (Gasbildung, Cellulase-Löslichkeit). Das Wirtschaftseigene Futter, 43, 2, S. 205-216

RODEHUTSCORD, M., R. HAVERKAMP und V. POTTHAST (im Druck)

Bedeutung der Auswahl analysierter Kenngrößen für die Genauigkeit der Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Grasprodukten für Wiederkäuer. Das Wirtschaftseigene Futter

RODEHUTSCORD, M., H. HANSEN, M. SAAKEL, O. SCHRIEVER und E. PFEFFER (1996)

Untersuchungen zum Energiegehalt des Heus von langfristig extensiv genutzten Flächen. Das Wirtschaftseigene Futter, 40 (2-3): S. 266-276

SCHIEMANN, R. (1981)

Methodische Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen für die Futterwertschätzung. Archiv Tierernährung, 31, 1, S. 1-19

SCHÖNER, F.-J. und E. PFEFFER (1985)

Zur Schätzung des energetischen Futterwertes im Grundfutter. 1. Mitteilung: Zell-Wandfraktionen der Detergenzienanalyse. Das Wirtschaftseigene Futter, 31, 1, S. 80-86

SCHÖNER, F.-J. und D. TUSCHY (1983)

Schätzung des Energiegehaltes von Grundfutter nach dem Hohenheimer Futterwerttest. Das Wirtschaftseigene Futter, 28, 3, S. 173-181

STATSOFT, INC. (1996)

Statistica for Windows, StatSoft, Inc., 2300East 14th Street Tulsa, OK 74104, USA

WEIßBACH, F., S. KUHLA und L. SCHMIDT (1996)

Schätzung der umsetzbaren Energie von Grundfutter mittels einer Cellulase-Methode. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 5, 115

WEIßBACH, F., S. KUHLA und L. SCHMIDT (2000)

Über die Schätzung der Verdaulichkeit und des energetischen Futterwertes von Gras und Grasprodukten. In: Qualität von Futtermittel und tierischen Primärprodukten, S. 100-108, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

8 Tabellenanhang

Tabelle 1: Gleichungen zur Schätzung des Energiegehaltes der TMR (in MJ/kg T, Roh Nährstoffe in g/kg T)

Nr.	Basis: Weender Roh Nährstoffe
1	ME = 13,80 - 0,01465 × XF
2	ME = 12,5756 - 0,01662 × XF + 0,04609 × XL
3	ME = 12,3986 - 0,01829 × XF + 0,04576 × XL + 0,00609 × XA
4	ME = 11,9992 - 0,01651 × XF + 0,04277 × XL + 0,00367 × XA + 0,00223 × XP
5	ME = 8,8793 - 0,01390 × XF + 0,24357 × XL - 0,000007 × XF ² - 0,002734 × XL ²
6	ME = 8,4036 + 0,18297 × XL + 0,00537 × XA - 0,000049 × XF ² - 0,001910 × XL ²
7	ME = 6,0756 + 0,19123 × XL + 0,02459 × XP - 0,000038 × XF ² - 0,002139 × XL ² - 0,000060 × XP ²
Basis: Weender Roh Nährstoffe und In-vitro-Kriterien	
8	ME = 8,9695 + 0,04095 × Gb - 0,01267 × XF + 0,04108 × XL + 0,00508 × XA + 0,00387 × XP
9	ME = 1,7690 + 0,01262 × ELOS
10	ME = 3,6504 + 0,01080 × ELOS - 0,00294 × XF
11	ME = 5,8787 + 0,00747 × ELOS - 0,00801 × XF + 0,03402 × XL
12	ME = 6,0250 + 0,00690 × ELOS - 0,00780 × XF + 0,03249 × XL + 0,00175 × XP
13	ME = 1,5473 + 0,00764 × ELOS + 0,23292 × XL - 0,000021 × XF ² - 0,002760 × XL ²
14	ME = - 10,2701 + 0,01192 × ELOS + 0,23668 × XL + 0,32096 × Gb - 0,00292 × XL ² - 0,00321 × Gb ²
Basis: Weender Roh Nährstoffe und Detergenzienfasern	
15	ME = 13,0834 - 0,00972 × NDF + 0,04720 × XL
16	ME = 12,9693 - 0,00482 × NDF + 0,04781 × XL - 0,00938 × XF
17	ME = 12,2832 - 0,00439 × NDF + 0,04332 × XL - 0,00848 × XF + 0,00309 × XP
18	ME = 12,7462 - 0,01312 × ADF + 0,03859 × XL
19	ME = 12,8924 - 0,00548 × NDF + 0,00288 × ADF + 0,04892 × XL - 0,01137 × XF
20	ME = 10,9503 - 0,0040 × NDF + 0,16910 × XL - 0,01257 × XF - 0,00168 × XL ² + 0,00001 × XF ²

Untersuchungen zur Misch- und Verteilgenauigkeit von Mischwagen verschiedener Systeme

Dr. Olaf Steinhöfel^a und Dipl. Ing. agr. Markus Pahlke^b,

^a Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch, ^b dlz-Agrarmagazin, München

1 Zielstellung

Die Nutzung von Totalen Mischrationen in der Milchkuhfütterung hat in den letzten Jahren eine sprunghafte Entwicklung genommen. Der Markt bietet dafür eine unübersehbare Zahl verschiedener Mischwagen an, welche sich prinzipiell hinsichtlich des Mischsystems und dem Fassungsvermögen unterscheiden können, und graduell eine Vielzahl von unterschiedlichen technischen Detaillösungen aufweisen. Letztlich ist es das erklärte Ziel aller Mischer, die Mischung so exakt wie möglich herzustellen und zu verteilen, ohne dass die Struktur der eingegebenen Futtermittel nachteilig verändert wird. Während die technischen Abläufe durch verschiedene vergleichende Tests ausreichend beschrieben sind, gibt es bisher nur wenige Informationen über die Qualität der Mischwagen im Hinblick auf ihre Funktionsfähigkeit für die Tierernährung. Aus diesem Grund sollten die Mischgenauigkeit im Vergleich zu einer Labor-Exaktmischung, die Verteilgenauigkeit der Mischungen im Trogverlauf und die Veränderung der Partikelgrößenverteilung durch den Mischvorgang getestet werden.

2 Material und Methoden

Im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch wurden zwei zeitlich versetzte Testserien durchgeführt. In der ersten Serie standen zeitgleich verschiedene Mischsysteme im Mittelpunkt. Im zweiten Mischwagentest waren verschiedene Vertikalmischer im Test. Folgende Mischwagen wurden vergleichend getestet:

Testserie 1: **Freifallmischer** Keenan 140 FP
 Vertikalmischer Seko Tuareg VMT 110
 2-Schnecken-Horizontalmischer Seko Samurei 3 (500/150-C)
 3-Schnecken-Horizontalmischer Marmix Uni 10

Testserie 2: 1-Schnecken-Vertikal 10 m³ von BvL – **BvL 10/1**
 1-Schnecken-Vertikal 11 m³ von Mayer – **Mayer 11/1**
 2-Schnecken-Vertikal 16 m³ von BvL – **BvL 16/2**
 2-Schnecken-Vertikal 16 m³ von Mayer – **Mayer 16/2**
 2-Schnecken-Vertikal 16 m³ von Walker – **Walker 16/2**
 2-Schnecken-Vertikal 24m³ von Mayer – **Mayer 24/2**
 2-Schnecken-Vertikal 24 m³ von Walker – **Walker 24/2**

Die Testmischungen bestanden aus jeweils elf Komponenten (Tabelle 1 und 2). Die Befüllung aller Mischwagen erfolgte mit einem Frontlader. Alle Mischwagen waren mit Wiegestäben und einem Display ausgestattet. Die Testmischungen wurden unabhängig voneinander jeweils zweimal (früh und abends) hergestellt und anschließend im Stall verteilt. Die Wägung der ausgebrachten Futtermenge und die Probenahme erfolgten an drei Messpunkten (Trogbeginn, -mitte und -ende). Zeitgleich wurde eine Kontrollmischung (1/1 000 der Testmischung) mit einer Laborwaage hergestellt. Um den Befüllfehler nicht in die Wertung einzubeziehen, wurden die Kontrollmischungen an den jeweils tatsächlich eingefüllten Futtermengen orientiert (Anzeigergebnis der Mischerwaage während der Befüllung).

Tabelle 1: Zusammensetzung der Testmischungen für Testserie 1

Futtermittel	TMR - Mischung je Tier und Tag		
	Frischmasse	Trockenmasse	
	kg	kg	%
Maissilage	18,6	5,6	25,3
Grassilage	9,1	2,6	12,0
Wiesenheu	1,6	1,2	5,6
Lieschkolbenschrotsilage	3,7	2,0	9,0
Gerste	6,7	5,0	22,8
Weizenkleie	1,3	1,0	4,4
Sojaextraktionsschrot	3,0	2,3	10,2
Rapsextraktionsschrot	2,6	2,0	9,0
Salz	0,04	0,03	0,2
Mineralfutter	0,4	0,33	1,5
Summe	47,0	22,0	100,0

Um zu untersuchen, wie genau die Testmischer auch Kleinstmengen einmischen, wurden Indikatoren den Mischungen zugesetzt. Im Test 1 Vitamin A und im Test 2 Ackerbohnen. Untersucht wurde die Wiederfindung der Indikatoren in den Testmischungen. Die laboranalytisch ermittelten Vitamin A-Gehalte bzw. die Gehalte an Ackerbohnen in den Testmischungen wurden mit den rechnerisch ermittelten Gehalten verglichen. Der rechnerische Gehalt ergab sich aus dem Vitamin-A-Gehalt des Mineralfutters und der eingesetzten Mineralfuttermenge in den Mischungen. Bei der Wertung der Befunde wurde die Analysentoleranz von 25 % berücksichtigt. Die in der Tabelle gekennzeichneten Werte liegen außerhalb des jeweiligen Toleranzbereichs und markieren damit Abweichungen vom erwarteten Wert. Die Futterproben wurden bei 60 °C vorgetrocknet. Ein Teil der Probe wurde im lufttrockenen Zustand einer Siebanalyse unterzogen, der andere Teil im Labor untersucht. Um den methodischen Effekt beim Ausschütteln der Proben gering zu halten wurden alle Proben von zwei Personen zeit- und ortsverschoben ausgeschüttelt. Dabei wurden Siebdurchmesser von 8 und 16 mm gewählt. Da insbesondere der Zerkleinerungsgrad bewertet werden sollte, ist der quantitative Anstieg der Futterbestandteile mit einer Partikellänge von unter 8 mm gewertet wurden. Als Ausgangswert diente wiederum das Ergebnis der jeweiligen Kontrollprobe. Die Bestimmung der

Rohnährstoffe, Detergenzienfaser und der Mineralstoffe erfolgten nach den Standardmethoden der VDLUFA (NAUMANN & BASLER, 1976). Im Test 1 wurde eine Probe in der Firma Hoffmann-La Roche AG in Grenzach-Wyhlen auf den Vitamin A-Gehalt untersucht. Die Ergebnisse der Kontrollproben und der Testproben wurden jeweils gemittelt und über einen Mittelwertvergleich für nicht normalverteilte Grundgesamtheiten (Kruskal-Wallis-H-Test) auf eventuelle Unterschiede getestet. Für die bessere Darstellung der Ergebnisse wurden die Differenzen in Standardeinheiten berechnet, d. h. die ermittelte mittlere Differenz aus allen sechs Messungen je Mischwagen (drei Messpunkte und zwei Messzeitpunkte) wurde durch die Standardabweichung dividiert. Die dimensionslose Zahl, welche zwischen 0 und +/-2 schwankte kann direkt untereinander verglichen werden. Je höher die absolute Zahl ist, desto höher ist auch die Abweichung zwischen Kontroll- und Testergebnissen. Eine wesentliche Differenz wird dann unterstellt, wenn der absolute Wert über 1,7 liegt.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Testmischungen für Testserie 2

Futtermittel	TMR - Mischung je Tier und Tag		
	Frischmasse	Trockenmasse	
	Kg	kg	%
Maissilage	23,1	7,7	35,4
Grassilage	9,8	2,6	12,0
Wiesenheu	1,8	1,5	6,9
Gerste	3,8	3,4	15,7
Mischfutter	2,8	2,5	11,5
Weizenkleie	0,7	0,6	2,8
Sojaextraktionsschrot	1,5	1,3	6,0
Rapsextraktionsschrot	1,5	1,4	6,5
Ackerbohnen	0,5	0,4	1,8
Mineralstoffgemisch	0,3	0,3	1,4
Summe	45,8	21,7	100,0

3 Ergebnisse

3.1 Testserie 1

Das Entladen ist von der Maschinenbedienung, der Größe und Breite der Austragsöffnung, von den Zuführorganen im Mischer bzw. dem Trogkettenförderer und dessen Verstellmöglichkeiten abhängig. Der Austrag erfolgte beim Vertikalmischer im Gegensatz zu den anderen Mischsystemen schubweise. Die Ursache liegt im Austragssystem. So trägt die Mischschnecke unten ein Austragschild, welches bei jeder Umdrehung Futter zum Austrag befördert. Die Testmaschine arbeitete ohne Querförderband. Der ungleichmäßige Austrag spiegelt sich in den Ergebnissen der mengenmäßigen Austragsgenauigkeit wieder (Tabelle 3).

Die Mischer sollten rund 540 kg der TMR auf einer Troglänge von 17,5 Metern ausbringen. Das entspricht einer Futtermenge von 30 kg je Meter (beim Freifall-Mischer durch Wasserzusatz 38 kg). Der 3-Schnecken-Mischer wich mit nur 12 % von der geforderten Gesamtmenge am geringsten von der Vorgabe ab, gefolgt vom 2-Schnecken-Mischsystem mit absolut 14 %. Der Vertikalmischer war aus bereits genannten Gründen am schlechtesten. Die Abweichungen lagen im Schnitt bei 21 %. Die Leistung des Freifall-Mischers konnte aufgrund eines Bedienfehlers nicht gewertet werden. Bei der Austragsgenauigkeit im Trogverlauf entlang des Troges zeigten der Freifall- (4,3 %) und der 2-Schnecken-Mischer (8,8 %) eindeutig die geringsten Abweichungen. 3-Schnecken-Mischer (13,5 %) und besonders der Vertikalmischer (24,2 %) schnitten schlechter ab. Hierfür wurden die Mengen an den jeweiligen Messpunkten gewogen und mit der Vorgabe verglichen. Der Maximal- und der Minimalwert blieben jeweils aus der Rechnung raus.

Tabelle 3: Austragsgenauigkeit im Gesamttrog und in den Trogabschnitten (Test 1)

		Vorgabe	Austragsgenauigkeit der TMR-Wagen					
			Gesamttrog ¹⁾		Trogabschnitte ²⁾			
			kg/m	kg/m	% +/-	Beginn kg/m	Mitte kg/m	Ende kg/m
Freifall	früh	38 ³⁾	36,0	-5	35,5	39,5	35,5	
	abends	38 ³⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	28,0	38,0	4,3
Vertikal	früh	30	37,5	+25	35,0	40,5	44,5	
	abends	30	24,9	-17	22,5	24,0	20,5	24,2
2-Schnecken	früh	30	28,6	-5	41,0	34,0	30,5	
	abends	30	36,6	+22	27,5	33,5	26,0	8,8
3-Schnecken	früh	30	32,3	+8	40,5	25,8	34,5	
	abends	30	25,0	-17	16,5	24,0	28,5	13,5

- 1) Differenz Mischer
2) dreimal 1 m Trog
3) Wasserzusatz
4) Bedienerfehler
5) Max. + Min. gestrichen

Beim Vergleich der Nähr- und Mineralstoffgehalte (Tabelle 4) wird deutlich, dass alle Mischsysteme eine unerwartet gute Übereinstimmung von Kontroll- und Testergebnissen nachwies. Es waren nur punktuell Differenzen erkennbar. Wesentliche Differenzen gab es beim Freifall-Mischer bei der Rohasche-, Phosphor- und Salzverteilung, d. h. bei mineralischen Bestandteilen, was mit der Wasserbeimengung in Zusammenhang stehen könnte. Beim 2-Schnecken-Mischer war neben der Magnesium- und Manganverteilung, der Rohfasergehalt entmischt worden. Beim 3-Schnecken-Mischer waren die Abweichungen im Rohprotein- und Salzgehalt wesentlich. Der Vertikalmischer, welcher keine Standardeinheiten über +/-1,7 erkennen ließ, war jedoch das Niveau der mittleren absoluten Abweichung tendenziell am höchsten.

Tabelle 4: Abweichungen zwischen Test- und Kontrollmischungen in Standardeinheiten (Test 1)¹⁾²⁾

	Freifall n = 6	Vertikal n = 6	2-Schnecken n = 6	3-Schnecken n = 6
Trockenmasse	0,31	1,26	0,16	0,03
Rohnährstoffe				
Rohasche	<u>1,79</u>	1,00	-0,31	-0,36
Rohprotein	-0,56	0,43	-0,13	<u>-1,77</u>
Rohfaser	-0,58	0,55	<u>1,70</u>	1,07
Rohfett	1,45	-1,63	-1,02	-0,07
Kohlenhydrate				
Stärke	1,41	-1,23	-0,38	-1,07
Zucker	-1,35	1,02	-0,51	-1,07
Faserfraktionen				
ADF	0,34	0,80	0,89	1,26
ADL	-1,34	-0,21	0,28	0,82
Mengenelemente				
Ca	0,54	0,73	-1,40	0,08
P	<u>-1,80</u>	-0,04	1,29	-1,24
Na	<u>1,91</u>	1,60	-0,17	<u>-1,94</u>
Mg	-0,93	0,27	<u>-1,92</u>	-0,67
K	0,02	1,63	0,31	0,11
S	-0,39	1,58	-1,60	-0,39
Cl	<u>1,97</u>	1,36	1,36	<u>-1,79</u>
Spurenelemente				
Mn	0,00	1,58	<u>-1,80</u>	-0,48
Zn	0,01	1,51	-0,01	-0,79
Fe	1,27	-0,75	-1,09	0,46
Cu	-0,12	1,46	-1,23	-1,13
Mittlere absolute Abweichung	0,90	1,03	0,88	0,83

¹⁾ Mittlere Abweichung von Test- und Kontrollmischung bezogen auf die Standardabweichung
²⁾ unterstrichen = wesentliche Abweichungen (> absolut 1,7)

Um die Auswirkungen der Mischgenauigkeit besser werten zu können, haben wir die Zahlen in Milcherzeugungswerte umgerechnet. Dabei wird unterstellt, dass eine Milchkuh von der Mischung 20 kg Trockenmasse frisst, 650 kg schwer ist und die Bedarfsempfehlungen der GfE (2001) angewendet werden. Der Milcherzeugungswert einer Mischung ergab sich jeweils aus dem niedrigsten Wert für die theoretische Milcherzeugung aus NEL, nutzbarem Rohprotein, Calcium, Phosphor, Natrium und Magnesium. Die Abweichungen an den Messstellen sind in kg Milch angegeben (Abbildung 1). Hier zeigten sich feine Unterschiede zwischen den Mischern. So wich der Freifall-Mischer im Mittel um 1,2 kg Milch zur Kontrollmischung ab. Der Vertikalmischer war mit einer Abweichung von rund 0,9 kg Milch geringfügig besser. Der 2- und der 3-Schnecken-Mischer zeigten mit 0,6 kg Milch mittlerer Abweichung das beste Ergebnis.

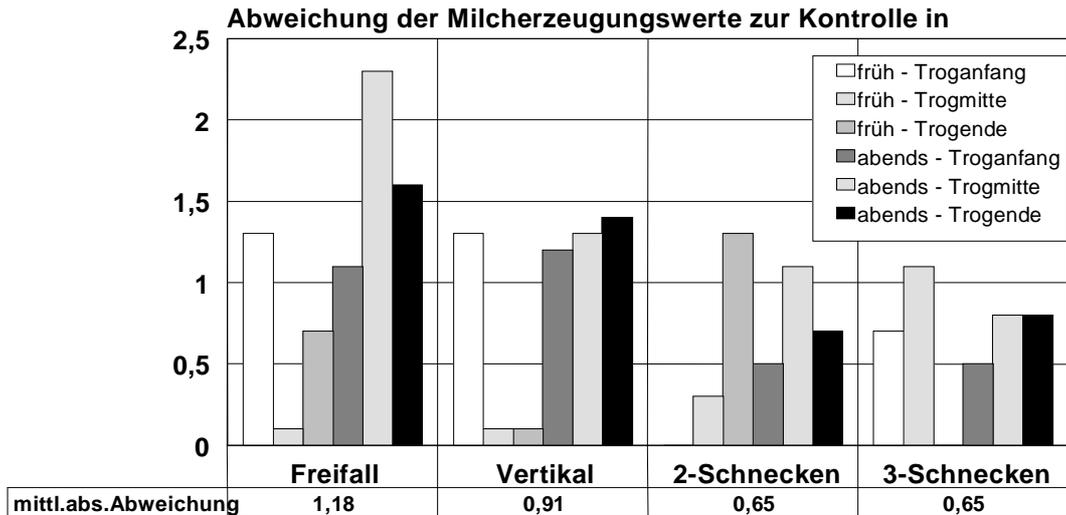


Abbildung 1: Theoretische Beeinflussung der Milcherzeugungswerte im Trogverlauf (Test 1)

Einen wesentlichen Einfluss auf die Futteraufnahme hat der Rohfasergehalt der Mischung. Anhand einer Literaturlauswertung konnte ermittelt werden, dass je %-Punkt Rohfaseranstieg in der Trockenmasse sich der Futterverzehr um 1,15 kg Trockenmasse verringerte. Diese Zahl wurde zur Bewertung der Mischgenauigkeit genutzt. Auffallend ist bei nahezu allen Mischern, dass sich von Trogbeginn bis Trogende die zu erwartende Futteraufnahme verschlechterte, das heißt, der Rohfasergehalt der TMR-Mischung tendenziell anstieg. Dies deutet darauf, dass sich der Rohfaseranteil beim Austragen geringfügig entmischte. In der Abbildung 2 sollen nur die absoluten Differenzen bewertet werden. Am ausgeglichensten war hier der 3-Schnecken-Mischer, gefolgt vom 2-Schnecken- und Freifall-Mischer. Die größte Entmischung konnten wir beim Vertikalmischer feststellen.

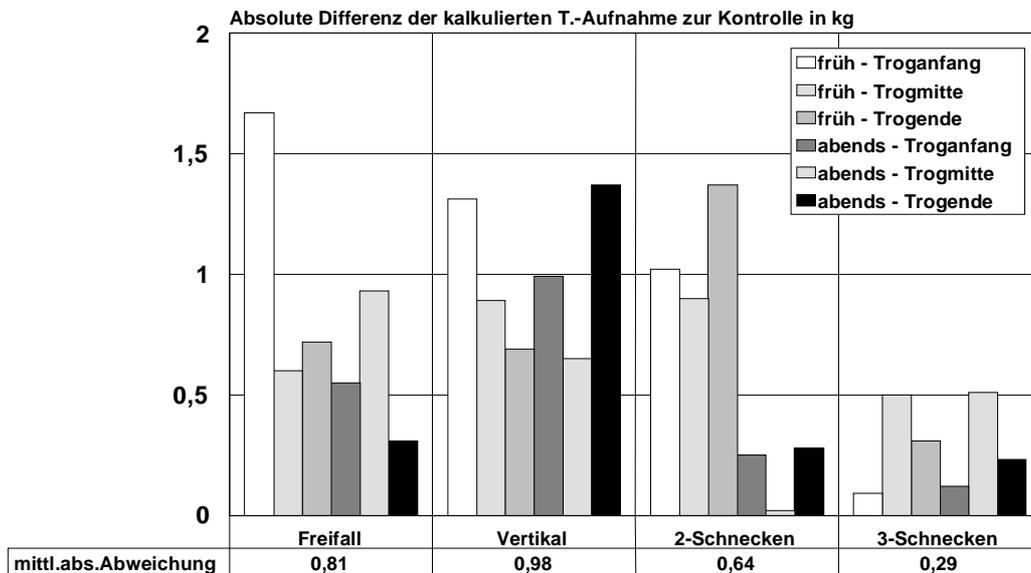


Abbildung 2: Theoretische Beeinflussung der Futteraufnahme im Trogverlauf (Test 1)

Da Vitamin A ausschließlich tierischen Ursprungs und außer im Mineralfutter in keinem anderen Futtermittel dieses Tests enthalten ist, lässt sich mit dem Vitamin A-Gehalt gut zeigen, wie genau die Systeme Kleinstmengen verteilen. Mit jeweils drei abweichenden Werten zeigen Vertikal- und 3-Schnecken-Mischer ein geringfügig schlechteres Bild als Freifall- und 2-Schnecken-Mischer mit je zwei abweichenden Werten (Tabelle 5). Bei dieser Darstellung ist die 25%ige Abweichung nach oben und unten, den auch das Futtermittelrecht zulässt, schon berücksichtigt.

Tabelle 5: Wiederfindung von Vitamin A in den Testmischungen (Test 1)

	FREIFALL		VERTIKAL		2-SCHNECKEN		3-SCHNECKEN	
	früh	abends	früh	abends	früh	abends	früh	abends
% zum rechnerischen Gehalt der Mischung *)								
TMR – analytisch ¹⁾								
Troganfang	100	85	96	88	94	114	56 ²⁾	89
Trogmitte	58 ²⁾	110	113	54 ²⁾	71 ²⁾	96	104	78
Trogende	61 ²⁾	107	61 ²⁾	79 ²⁾	63 ²⁾	109	158 ²⁾	137 ²⁾
Mittelwert	73²⁾	101	90	74²⁾	76²⁾	107	106	102

¹⁾ 1,5 % T. Mineralfutter

²⁾ Abweichung : Futtermittelrecht +/-25 %

Neben dem Fasergehalt ist die Partikellänge insbesondere der Grundfuttermittel entscheidend für die Wiederkäuergerechtheit der Rationen. Die Futtermischwagen stehen hier seit einiger Zeit in der Kritik, die Futterbestandteile mehr oder weniger stark zu zerkleinern und zu vermusen. Die Änderung der Partikellängen war daher ein wesentliches Testkriterium. Am stärksten zerkleinert wurde die Mischung im 3-Schnecken-, am geringsten im Vertikalmischer. Freifall- und 2-Schnecken-Mischer brachten ein nahezu gleiches Ergebnis (Abbildung 3). Insgesamt war bei allen Mischsystemen ein geringer Vermusungseffekt gemessen worden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Testrationen außer Wiesenheu nur gehäckselte Grobfuttermittel enthielten.

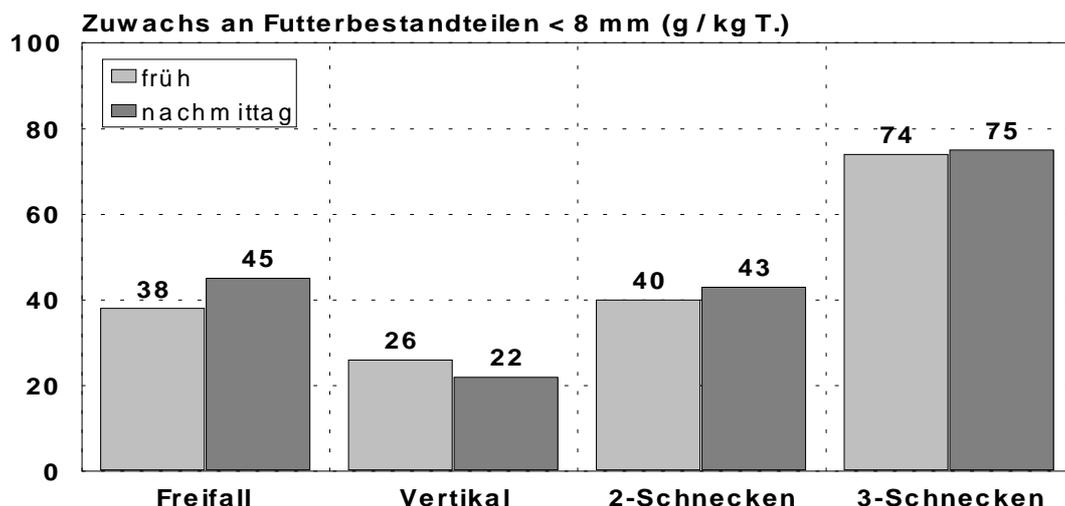


Abbildung 3: Veränderung der Futterpartikellänge durch den Mischvorgang (Test 1)

3.2 Testserie 2

War der Austrag bei dem im ersten Test verwendeten Vertikalmischer schubweise, so hatte die Generation der in Testserie 2 eingesetzten Mischer ein zusätzliches Räumschild an der Schneckenbasis. Darüber hinaus waren die Mischwagen von Mayer und BvL mit Querförderbändern ausgestattet. Der Austrag bei Walker erfolgte direkt über den Schieberaustrag, beim 16/2 in der Mitte, beim 24/2 hinten. Der große von Walker, trug am genauesten aus. Die Abweichungen lagen bei zwei beziehungsweise 5 % der Zielmenge (Tabelle 6). Und das, obwohl durch den Austrag hinten die Übersicht auf den Futteraustrag eingeschränkt ist. 540 kg bzw. 450 kg Futter sollten die Testkandidaten auf 17,5 m austragen. Das entspricht einer Austragsmenge pro Meter von 31 kg bzw. 26 kg. Auch der zweite große Mischwagen Mayer 24/2 lieferte ebenso wie der kleine 11/1 von Mayer und dem 16/2 von BvL ein gutes Ergebnis beim Austragen. Im Mittelfeld bewegen sich der 16/2 von Mayer und der BvL 10/1. Hier war der Austrag unterschiedlich, ein gutes Ergebnis adierte sich zu einem Ausreißer. An schlechtesten verteilte der 16/2 von Walker mit zwei deutlichen Ausreißern. Diese Ergebnisse spiegeln sich teilweise wieder, wenn man die Trogabchnitte betrachtet. Die Ausreißer von BvL 10/1 und Mayer 16/2 sind auch an deutlich zu hohen Mengen in den einzelnen Trogabchnitten zu sehen. Gleiches gilt auch für die Ergebnisse beim Walker bei der Abendfütterung. Im Gegensatz dazu spiegeln sich die positiven und negativen Abweichungen in den Abschnitten bei Mayer 24/2 nicht in den Teilergebnissen der einzelnen Trogabchnitten wieder, der Walker 24/2 erreicht das beste Ergebnis, weil er beide Durchgänge gleichmäßig gut austrägt.

Tabelle 6: Austragsgenauigkeit im Gesamttrog und in den Trogabchnitten (Test 2)

		Vorgabe kg/m	Austrageleistung der TMR-Wagen						Mittl. absolute Abw.
			Gesamttrog ¹⁾		Trogabchnitte				
			kg/m	% +/-	Beginn kg/m	Mitte kg/m	Ende kg/m	% +/- ²⁾	
BVL 10/1	früh	31	47,4	-35	57,4	51,4	39,5	15,2	17,1
	abends	31	30,8	1	48,2	34,9	33,4		
Mayer 11/1	früh	26	22,9	14	18,3	15,5	24,2	5,5	14,2
	abends	26	21,1	23	22,5	31,0	26,6		
BVL 16/2	früh	31	35,5	-13	30,6	41,5	31,0	-6,4	10,8
	abends	31	35,6	-13	20,5	40,4	35,7		
Mayer 16/2	früh	31	49,0	-37	55,0	63,1	47,3	14,6	18,9
	abends	31	29,4	5	32,7	34,6	35,7		
Walker 16/2	früh	26	32,1	-19	27,4	33,8	44,5	-6,3	27,4
	abends	26	16,6	57	7,5	14,0	17,2		
Mayer 24/2	früh	31	35,2	-12	19,6	38,0	34,3	-2,0	9,7
	abends	31	26,9	15	32,7	20,5	34,8		
Walker 24/2	früh	26	26,4	-2	18,8	21,0	24,9	3,7	3,6
	abends	26	27,3	-5	24,0	47,4	31,5		

Beim Vergleich der Nähr- und Mineralstoffgehalte (Tabelle 7) wird wiederum deutlich, dass alle getesteten Mischwagen eine sehr gute Übereinstimmung von Kontroll- und Testergebnissen nachwiesen. Die Werte aller Kontrollpunkte wurden wiederum gemittelt und anschließend statistisch abgesichert. Mit einer mittleren absoluten Abweichung von 0,66 schneidet der Mayer 11/1, gefolgt von Mayer 24/2 und 16/2, am günstigsten ab. Die Mischwagen von Walker 16/2 und 24/2 zeigen mit mittleren absoluten Abweichungen von 0,91 bzw. 0,92 ein ebenfalls gutes Testergebnis. Die beiden getesteten BvL-Mischer lagen bei dieser Auswertung nur durchschnittlich. Die meisten wesentlichen Abweichungen waren bei fast allen getesteten Vertikalmischern in der Mineralstoffverteilung erkennbar.

Die Genauigkeit der Mischung im Trogverlauf, soll wiederum über die Ermittlung von Milcherzeugungswerten dargestellt werden. Es wird wiederum unterstellt, dass eine Milchkuh von der Mischung 20 kg Trockenmasse frisst, 650 kg schwer ist und die Bedarfsempfehlungen der GfE (2001) angewendet werden. Der Milcherzeugungswert einer Mischung ergab sich jeweils aus dem niedrigsten Wert für die theoretische Milcherzeugung aus NEL, nutzbarem Rohprotein, Calcium, Phosphor, Natrium und Magnesium. Die Abweichungen an den Messstellen sind in kg Milch angegeben (Abbildung 4). Wie stark die Test- von der Zielmischung abweicht ist für den jeweiligen Trogabschnitt in kg Milch angegeben. Es geht um die absoluten Abweichungen (positive und negative Werte werden aufsummiert). Die maximalen Abweichungen liegen bei rund 3,6 kg, die durchschnittlichen zwischen 1,71 (Mayer 11/1) und 0,59 kg (BvL 10/1), d. h. unter 10 % im Durchschnitt. Es gibt es keine Tendenz in Beziehung zu Größe oder Hersteller.

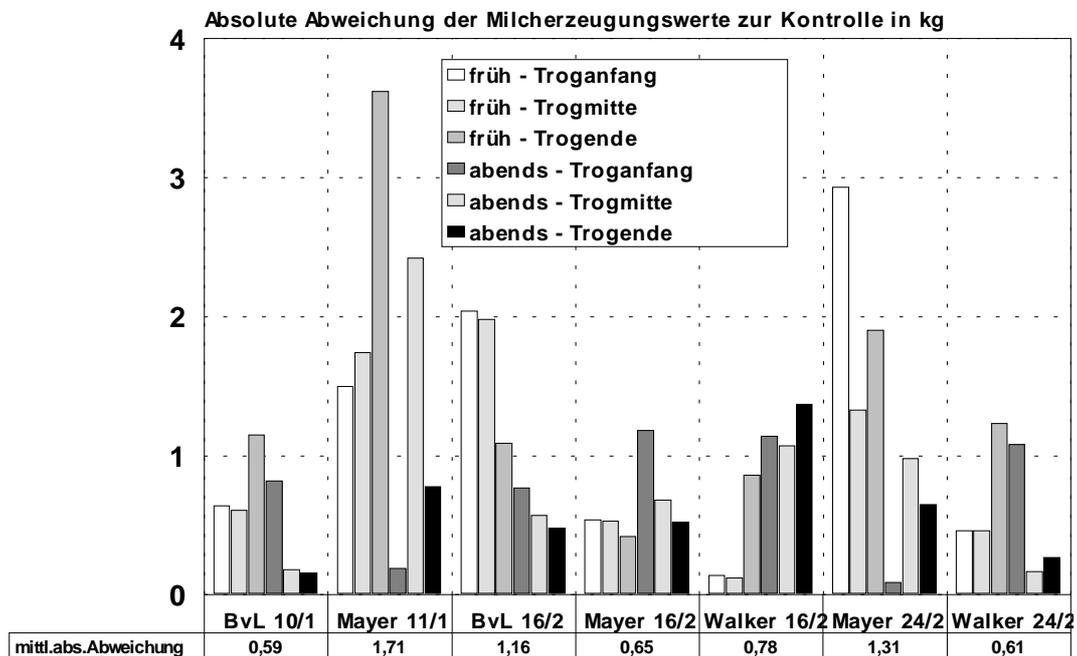


Abbildung 4: Theoretische Beeinflussung der Milcherzeugungswerte im Trogverlauf (Test 2)

Tabelle 7: Abweichungen zwischen Test- und Kontrollmischungen in Standardeinheiten (Test 2)^{1) 2)}

	BVL 10/1 n = 6	Mayer 11/1 n = 6	BVL 16/2 n = 6	Mayer 16/2 n = 6	Walker 16/2 n = 6	Mayer 24/2 n = 6	Walker 24/2 n = 6
Trockenmasse	-1,07	-0,59	-0,40	-1,86	-0,30	-0,63	-1,51
Rohnährstoffe							
Rohasche	-0,88	0,58	-1,24	0,31	0,26	0,36	1,17
Rohprotein	<u>1,52</u>	0,58	<u>1,58</u>	-0,10	0,50	1,01	-0,86
Rohfaser	0,82	0,19	0,80	0,37	-0,67	-1,32	0,28
Rohfett	-1,30	0,00	0,00	-0,09	1,05	0,00	-1,41
Kohlenhydrate							
Stärke	-1,06	-1,08	0,07	-1,09	-0,18	0,69	<u>-1,92</u>
Zucker	1,37	0,65	0,45	1,22	0,70	0,05	-0,61
In vitro Verd.							
ELOS	0,43	0,06	1,30	-0,33	-0,06	1,00	1,39
Faserfraktionen							
ADF	0,15	-0,02	-0,85	0,76	-0,62	-1,28	<u>1,55</u>
ADL	1,25	0,94	0,80	0,78	0,91	-0,18	-1,20
Mengenelemente							
Ca	1,49	1,47	<u>1,68</u>	-0,19	<u>1,61</u>	0,33	<u>1,66</u>
P	1,38	-0,11	<u>1,61</u>	-0,96	<u>1,86</u>	-0,16	0,12
Na	<u>-1,64</u>	1,07	-1,17	<u>-1,74</u>	<u>1,74</u>	0,55	-0,06
Mg	0,39	0,77	<u>-1,85</u>	1,00	1,48	<u>1,88</u>	-0,25
K	-0,16	0,49	-1,45	-0,61	-1,21	-0,63	0,45
S	0,56	-0,49	0,33	-0,52	-0,22	-1,29	-0,12
Cl	<u>-1,64</u>	0,25	<u>-1,84</u>	<u>-1,81</u>	-1,50	-1,39	-0,56
Spurenelemente							
Mn	1,00	1,36	<u>-1,56</u>	0,94	1,42	1,35	1,04
Zn	<u>-1,62</u>	-1,12	<u>-1,54</u>	0,40	0,39	0,54	-1,04
Cu	0,98	1,30	<u>-1,53</u>	<u>1,65</u>	<u>1,79</u>	1,33	-1,04
Mittlere absolute Abweichung	1,04	0,66	1,10	0,84	0,92	0,80	0,91

¹⁾ Mittlere Abweichung von Test- und Kontrollmischung bezogen auf die Standardabweichung

²⁾ unterstrichen = signifikante Abweichungen

Einen wesentlichen Einfluss auf die Futteraufnahme und den Milcherzeugungswert hat der Anteil der Rohfasergehalt in der Mischung. Wiederum wurde unterstellt, dass sich je Prozentpunkt Rohfaseranstieg in der Trockenmasse die Futteraufnahme um 1,15 kg Trockenmasse verringert. Die

Faserbestandteile können im Mischvorgang beziehungsweise beim Ausbringen am stärksten entmischen. Die Abbildung 5 zeigt wie sich die Futteraufnahme der Testrationen ändert. In der ersten Testserie wurde festgestellt, dass der Rohfasergehalt in der TMR-Mischung von Trogbeginn bis Trogende tendenziell anstieg. Dies deutete darauf hin, dass der Rohfaseranteil beim Austragen entmischte wurde. Eine solche Tendenz ist in der zweiten Testserie nicht erkennbar. Die Werte streuen ohne Tendenz, allerdings in unterschiedlicher Stärke. Am ausgeglichensten waren der BvL 16/2 und Walker 24/2. Die größte Abweichung nach oben zeigte der BvL 11/1 mit über 2 kg Abweichung. Mit gleichmäßig hohen Abweichungen im Bereich von 1,1 kg zeigte Mayer 16/2 das schlechteste Ergebnis.

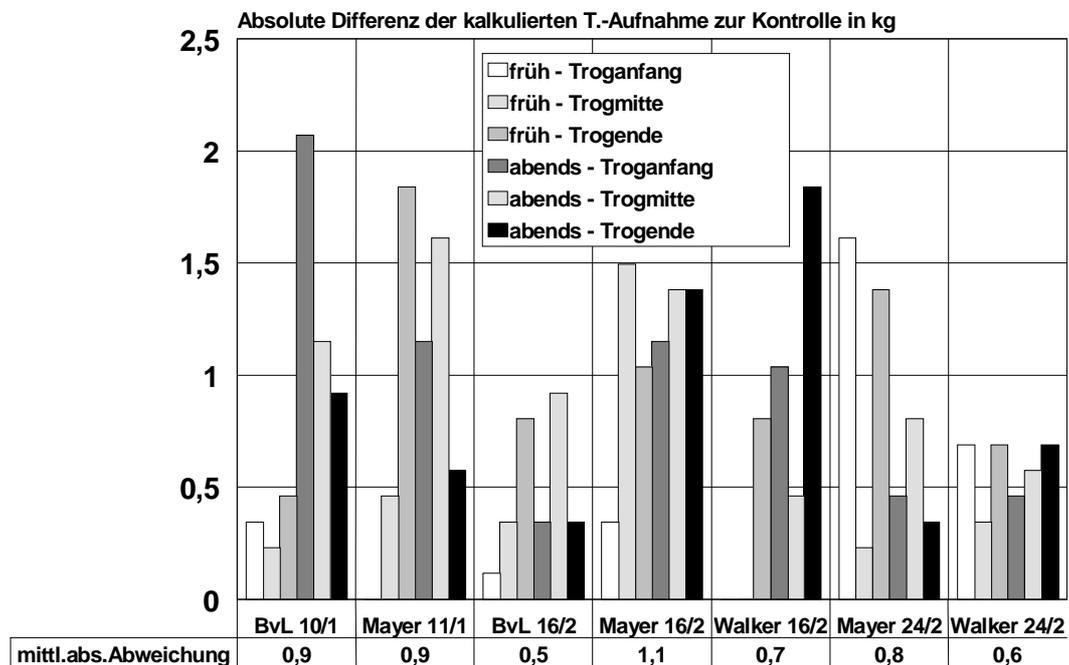


Abbildung 5: Theoretische Beeinflussung der Futteraufnahme im Trogverlauf (Test 2)

Den Testmischungen sind 2 % der Trockenmasse Ackerbohnen zugegeben worden, welche exakt eingewogen und während der Siebanalyse aus den Proben der fertigen Testmischungen wieder ausgelesen wurden. Das Ergebnis wurde dem rechnerisch ermittelten Erwartungswert gegenübergestellt. Die Wiederfindung ist in Prozent angegeben (Tabelle 8). Abweichungen über 25 %-Punkte wurden kenntlich gemacht. Am exaktesten mischte der BvL 11 /1 und der Mayer 24/2. Hier waren die Abweichungen am geringsten. Alle anderen Mischer lagen mit kleineren Abweichungen im Mittelfeld dahinter.

Tabelle 8: Wiederfindung von Ackerbohnen in den Testmischungen (Test 2)

	BVL 10/1		Mayer 11/1		BVL 16/2		Mayer 16/2		Walker 16/2		Mayer 24/2		Walker 24/2	
	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)
Testmischung (%-Wiederfindung zur Kontrollmischung)														
Troganfang	100	98	81	134	94	88	99	134	145	107	84	103	106	83
Trogmitte	83	94	116	112	66	117	141	80	71	101	96	101	83	96
Trogende	82	104	105	129	77	79	111	112	106	77	115	68	73	82
Mittelwert	88	99	101	125	79	95	117	109	107	95	98	91	87	87

1) früh
2) abends

Die Testrationen beinhalteten außer Wiesenheu wiederum nur gehäckselte Grobfuttermittel. Vergleicht man die Strukturveränderung bei diesem Test (Abbildung 6), mit dem Testergebnis von Testserie 1, fällt auf, dass die Vertikalmischer wiederum sehr geringe Vermusungseffekte zeigten. Außer dem Walker 16/2 liegen alle Maschinen unter allen Werten des Tests 1. Das Walker 16/2 stärker zerkleinerte, könnte an der mit vier großen und elf kleinen Messern recht hohen Messerzahl gelegen haben. In der Tendenz zeigt sich, dass die vertikalen 1-Schnecken-Mischer die Struktur etwas weniger zerkleinern, als dies die größeren Mischer tun.

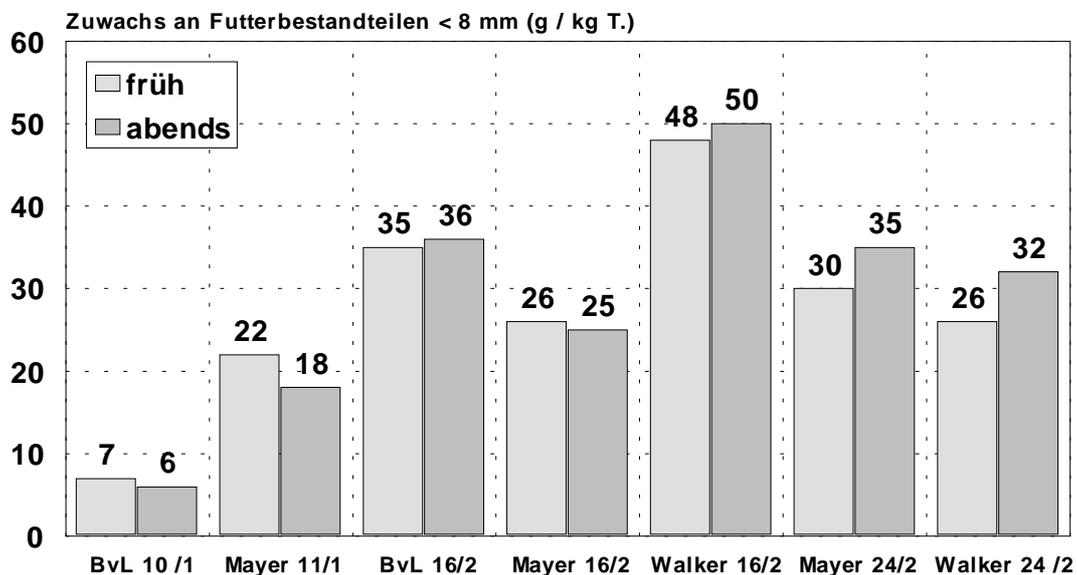


Abbildung 6: Veränderung der Futterpartikellänge durch den Mischvorgang (Test 2)

4 Fazit

In zwei Testserien mit insgesamt elf verschiedenen Mischwagen wurden die Misch- und Verteilgenauigkeit und die Veränderung der Partikelgrößenverteilung durch den Mischvorgang getestet. Obwohl es erklärtes Testziel war, System-, Baureihen- bzw. Größenunterschiede zu ermitteln, soll im vorliegenden Fazit darauf nicht im Einzelnen eingegangen werden. Die mittlere Mischgenauigkeit war bei allen getesteten Wagen erstaunlich gut. Im Einzelnen zeigten sich aber Entmischungen insbesondere bei Mineralstoffen und faserreichen Futterbestandteilen. Die theoretische Futteraufnahmedifferenz zwischen Kontroll- und Testmischung war mit im Mittel 0,3 bis 1 kg zu tolerieren. Im Einzelfall wurden jedoch Abweichungen von 2 kg erkennbar. Der mittlere Milcherzeugungswert lag bei 1 kg, wich aber im Extrem um absolut 3,5 kg ab. Auch die Verteilgenauigkeit war mit einer Schwankungsbreite von 4 bis 27 % absolut zur Vorgabe sehr unterschiedlich. Dieser Befund wiederum darf nicht überbewertet werden, da dies unter Laufstallbedingungen von zweitrangiger Bedeutung sein wird. Maßstab der Mischgenauigkeit wird letztlich auch die Genauigkeit der Mischfutterindustrie sein, d.h. insbesondere wie es gelingt auch Kleinstmengen homogen einzumischen. In den beiden Testserien wurden als externe Indikatoren Vitamin A bzw. Ackerbohnen gewählt. Die Wiederfindung war zwar hinreichend genau, zwischen den Mischsystemen zeigten sich jedoch deutliche Differenzen. Dies trifft auch für die Vermusungsgefahr durch den Mischvorgang zu. Insbesondere die Horizontalmischsysteme zeigten mit einem Zuwachs von 45 bis 75 g Partikeln < 8 mm je kg Trockenmasse deutliche Tendenzen zur Vermusung. Die acht getesteten Vertikal mischer dagegen waren mit einem Zuwachs von 6 bis 49 g Partikeln < 8 mm je kg Trockenmasse deutlich strukturschonender.

Fütterungskonzepte zur Schweinemast mit einheimischen pflanzlichen Eiweißfuttermitteln

Dr. Hans-Joachim Alert ^a, Reinhard Uhlig ^a, Brigitte Fröhlich ^a, Dipl. chem. Doris Krieg ^b, Dr. Jens Schönherr ^b, Frau Dr. Schöberlein ^b, Herr Dr. Westphal ^b, Prof. Dr. M. Wink ^c, Dr. Schumann, Dr. Stölken ^d

^a Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch, ^b Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig, ^c Institut für Pharmazie und Molekulare Biologie, Heidelberg, ^d Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

1 Einleitung

Flächenbeihilfen wecken das Interesse zur innerbetrieblichen Verwertung von einheimischen Körnerleguminosen (Bohnen, Erbsen, Lupinen) und Rapsverarbeitungsprodukten (Rapsextraktionsschrot, Rapskuchen).

Mit einem Anbauumfang in Deutschland von 141 000 ha im Jahr 2000, hat die Futtererbse die größte Bedeutung unter den einheimischen Körnerleguminosen. 75 % der Anbaufläche befinden sich in den neuen Bundesländern (DITTMANN u. a., 2001).

Neben dem Wunsch Flächenbeihilfen zu nutzen, hat der zunehmende Anbau einheimischer Körnerleguminosen folgende Ursachen:

- Fütterungsverbot von Tiermehlen 2001, dadurch Anstieg des Bedarfs der Mischfutterindustrie an pflanzlichen Eiweißträgern
- Preiswürdigkeit, 35 dt/ha Bohnen oder Erbsen sind etwa deckungsgleich mit 60 dt/ha Weizen (DEBRUCK, 2004)
- Acker- und pflanzenbauliche Vorteile, da hoher Vorfruchtwert besteht und eine besonders für weizenbetonte Fruchtfolge wichtige Auflockerung des Bodens erzielt wird.
- Einsparung der N-Düngung zur Folgefrucht
- Bevorzugte Nutzung der einheimischen Körnerleguminosen im ökologischen Landbau
- Alternative zum Einsatz von gentechnisch verändertem Soja

Der Anbau von Körnerleguminosen zur Verwertung als Eiweißkomponente in der Schweinefütterung – allein oder in Kombination mit Sojaextraktionsschrot und gezielter Ergänzung der essentiellen Aminosäuren – ist grundsätzlich möglich und somit eine Alternative zum Einsatz von tierischem Eiweiß in der Schweinefütterung. Die Verwertung erfolgt innerbetrieblich (Eigenmischung) oder als Komponente in industriellen Futtermischungen.

Ob es wirtschaftlich ist das eigene Eiweißfuttermittel im Betrieb zu erzeugen, wird von mehreren Komponenten beeinflusst, zu berücksichtigen sind dabei insbesondere:

- die Produktionskosten
- die Nutzungskosten für Ackerflächen und
- die Kostenstruktur der angepassten Gesamtfütteration.

Oftmals ist es für die Betriebe lukrativer, mit dem Gewinn aus der Marktfruchtproduktion den Zukauf von Sojaweiß zu finanzieren. Anders stellt sich die Frage in Öko-Betrieben, wo keine Extraktionschrote verwendet werden. Da in Ökobetrieben außerdem keine freien Aminosäuren zugesetzt werden dürfen, hat der kombinierte Einsatz verschiedener Eiweißfuttermittel eine besondere Bedeutung erlangt, denn die Proteinanteile und ihre Aminosäurezusammensetzung und –verdaulichkeit weisen innerhalb der Leguminosen z. T. gravierende Unterschiede auf.

In der Vergangenheit gab es bei der Verfütterung einheimischer pflanzlicher Eiweißfuttermittel oft Probleme hinsichtlich Akzeptanz, tierischer Leistung und Tiergesundheit. Durch große Fortschritte in der Pflanzenzüchtung hinsichtlich Reduzierung unerwünschter Inhaltsstoffe (bes. Glucosinolate im Raps und Tannine und Alkaloide in den Körnerleguminosen), sind aktuelle, sortenbezogene Aussagen über den Futterwert einheimischer Eiweißfuttermittel gefragt, denn über den Umfang des Einsatzes in der Fütterung entscheiden nicht nur die Preiswürdigkeit und pflanzenbauliche Vorteile. Die ernährungsphysiologischen Eigenschaften bestimmen, in welchem Umfang einheimische Leguminosen und Rapsprodukte in der Fütterung eingesetzt werden können (SCHMIDT, 1994). In der vorliegenden Arbeit wird dazu für die Schweinemast ein Beitrag geleistet.

2 Derzeitiger Kenntnisstand / Literaturübersicht

2.1 Rahmenbedingungen

2.1.1 Ackerbohnen, Körnererbsen und Süßlupinen

Nach Einführung der ersten Marktordnung für Eiweißpflanzen kam es in den 80er Jahren zu einer deutlichen Produktionssteigerung. Den Hauptanteil der Hülsenfruchtfläche in der EU nehmen mit ca. 80 % die Körnererbsen ein. Die Ackerbohnen folgen mit ca. 15 % und in geringem Umfang die Lupinen. In Deutschland liegen die Kornerträge von Erbsen und Ackerbohnen zwischen 32 und 38 dt/ha. Demnach werden mit Körnererbsen 54 % und mit Ackerbohnen 56 % des Getreideertrages erzielt.

In den neuen Bundesländern werden bei Ackerbohnen durchschnittlich 29 dt/ha geerntet, wobei große Schwankungen auftreten. Die Körnererbsen schneiden mit knapp 26 dt/ha vergleichsweise ungünstig ab. Erfahrungsgemäß bestehen in der Praxis große Abweichungen bezüglich der erfolgsbestimmenden Faktoren beim Körnerleguminosenanbau (z. B. Ertragsniveau, Verkaufserlös, Produktionskostenstruktur).

Beispielsweise unterliegt der Verkaufserlös bzw. der innerbetriebliche Wert bei Selbstverfütterung (Ersatz entsprechender Getreide- und Sojaschrotmengen) sehr großen Schwankungen. Dabei liegt der Substitutionswert im allgemeinen höher als der erzielbare Markterlös. Das liegt darin begründet, dass die Handelsspanne beim Erzeuger verbleibt. Allerdings ist je nach Betriebsituation ein mögli-

cher Mehraufwand im Zusammenhang mit der Aufbereitung und Rationszusammenstellung zu berücksichtigen. Während Körnererbsen meist etwas höhere Markterlöse als Ackerbohnen erzielen, liegen die Substitutionswerte für die Ackerbohnen meist über denen der Körnererbsen. Die Entscheidung über Verkauf oder Selbstverfütterung ist nur anhand der einzelbetrieblichen Gegebenheiten zuverlässig zu treffen. Auch die Frage der Vorzüglichkeit von Ackerbohnen oder Körnererbsen ist nicht allgemeingültig zu beantworten. Bei gleicher Ertragserwartung sind auch Deckungsbeiträge ähnlicher Größenordnung zu erwarten. Tendenziell werden auf günstigeren Standorten mit den Ackerbohnen die höheren Erträge erzielt. Auf trockenen Standorten und leichteren Böden liefern dagegen die Körnererbsen die besseren Ergebnisse. Ausführliche Angaben dazu befinden sich in der komplexen Beratungsunterlage Eiweiß- und Feldfutterpflanzen (AUTORENKOLLEKTIV, 1998). In dieser Beratungsunterlage sind auch Substitutionspreise für den Futtereinsatz bei verschiedenen Tierarten enthalten (berechnet nach BÖHME 1993).

Mitte der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurden die ersten bitterstoffarmen Sorten der Blauen Lupine zugelassen. Diese Lupinenart ist toleranter gegen die 1995 erstmalig in Deutschland aufgetretene Antracnose, so dass heute auf mehr als 90 % der deutschen Lupinenfläche bitterstoffarme Blaulupinen angebaut werden.

2.1.2 Rapskuchen und Rapsextraktionsschrot

00-Rapssaaten, die weniger als 30 µmol Glucosinolate je g entfetteter Substanz enthalten, stellen heute vorwiegend das Ausgangsmaterial für die daraus hergestellten Rapskuchen mit einem Rohfettgehalt von mehr als 10 % und die Rapsextraktionsschrote mit einem Rohfettgehalt von meist weniger als 3 % dar. Als Futtermittel ist bisher hauptsächlich nur das nach der Rapsölgewinnung verbliebene Rapsextraktionsschrot verwendet worden. Im Rahmen des Pflanzenbaues auf der Stilllegungsfläche für die non-food-Verwendung dient der Raps zur Biodiesel-Produktion. In der Beratungsunterlage der LfL „Nachwachsende Rohstoffe“ (AUTORENKOLLEKTIV 1995) wird näher darauf eingegangen. Rapskuchen wird vorrangig an Milchvieh und Mastschweine verfüttert. Ob Rapskuchen bzw. Rapsextraktionsschrot zugekauft wird, hängt von der aktuellen Preiswürdigkeit dieser Produkte im Vergleich zum Sojaextraktionsschrot ab (HENKEL, 1992). Bei den Preiswürdigkeitsberechnungen wird unterstellt, dass aufgrund der in den Preisvergleich einbezogenen Größen (Energie, Protein), der vollwertige Ersatz garantiert wird. Im Handels-Mischfutter bestimmt der Tierernährer des Mischfutterwerkes, ob und wie viel Rapsprodukte verwendet werden. Preis und garantierte Qualität (Glucosinolatgehalt) sind wichtige Voraussetzungen für den Einsatz.

2.2 Vergleich der Futterwertkenndaten von Ackerbohnen, Körnererbsen, Süßlupinen, Rapskuchen, Rapsextraktionsschrot und Sojaextraktionsschrot

Grundlegende Erkenntnisse zum Futterwert von Ackerbohnen und Körnererbsen sind aus umfangreichen Übersichtsarbeiten bekannt (PRÖLL und WIEDNER, 1993, LEITGEB und IBEN, 1988, KELLER u. a. 1996, ABEL u. a. 2002, AUTORENKOLLEKTIV 2003). Die anlässlich der EURO-Tier

2002 herausgegebenen Faltblätter enthalten Aktuelles über Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Erbsen, Ackerbohnen und Lupinen in der Nutztierfütterung. Speziell dazu über die Lupine informiert die Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V. (AUTORENKOLLEKTIV, 2003). Eine Verbesserung des Futterwertes von Körnererbsen und Ackerbohnen ist hinsichtlich einer Senkung der Gehalte an unerwünschten, antinutritiv wirkenden Inhaltsstoffen verfolgt worden. JEROCH u. a. (1999) geben eine Übersicht zu antinutritiven Inhaltsstoffen in Leguminosen und deren Wirkung (Tabelle 1).

Tabelle 1: Antinutritive Inhaltsstoffe in Leguminosen (JEROCH u. a., 1999, auszugsweise)

Leguminosenart	Inhaltsstoffe		Wirkung
	Stoffgruppe	Chemische Verbindung	
Ackerbohnen, Erbsen	Phenolderivate	Tannine	Futteraufnahmesenkung, Hemmung proteolytischer Enzyme, herabgesetzte Proteinverdaulichkeit
Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen	Proteine	Lectine	Koagulierung der Erythrozyten, Beeinträchtigung der Abwehr
		Proteaseinhibitoren	Trypsinhemmende Wirkung, Wachstumsdepressionen
Bitterlupinen, nur Spuren in Süßlupinen (Restalkaloidgehalt $\leq 0,04$)	Alkaloide	Sparteine, Lupinin, Lupanin	Futteraufnahmesenkung, Leberschädigung, Atemlähmung

Im Ergebnis dieser Arbeiten wird heute in der Europäischen Union verstärkt Saatgut tanninärmer bzw. tanninfreier Zuchtsorten angeboten (CARROUEE und GATEL 1995). Auch hinsichtlich der Trypsininhibitoraktivität weisen nahezu alle heutigen Züchtungen, welche eine Bedeutung im Anbauumfang besitzen, niedrige bis sehr niedrige Aktivitäten auf (GUEGUEN u. a. 1993, UNIP 1995). Die Quantifizierung erfolgt in Form von Trypsininhibitor-Einheiten (TIU). In Tabelle 2 sind die Gehalte an Trypsininhibitor-Einheiten in verschiedenen Leguminosensamen angegeben.

Tabelle 2: Gehalte an Trypsininhibitor-Einheiten (TIU)¹⁾ in Körnerleguminosen (GUEGUEN u. a. 1993)

Leguminosenart	TIU/mg Trockenmasse
Ackerbohnen (<i>Vicia faba</i>)	3,3 – 6,2
Erbsen	2,7 – 11,7
Lupinen	< 1
Sojabohnen	
- Vollfettmehl	70
- entfettet	85
- entfettet, getoastet	5,5 – 6,3

¹⁾ Eine TIU entspricht der Hemmung einer Trypsineinheit
Trypsine inhibitor units (TIU)

Trypsin ist als Enzym des Pankreassaftes wichtig für den Abbau von Eiweißstoffen im Dünndarm. Hemmstoffe des Trypsins (Trypsininhibitoren) kommen in Sojabohnen vor und werden durch Hitzebehandlung (Toasten) des Schrotens unwirksam. Bei den heutigen eingesetzten Erbsenanteilen gelten keine Einsatzbeschränkungen der Körnererbsen als Rationskomponente aufgrund sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe.

Aus der Durchsetzung weißblühender Ackerbohnen und Körnererbsen resultiert eine erhebliche Senkung der Ligningehalte. Das spiegelt sich in einer Erhöhung der Verdaulichkeit wieder. Bei tanninarmen, weißblühenden Körnererbsen ist dennoch kein Schälen erforderlich.

Seit 1930 wird konsequent an der Züchtung bitterstoffarmer Lupinen gearbeitet, so dass heute überwiegend bitterstoffarme Sorten angebaut werden, ausgenommen zur Gründüngung.

Im Gegensatz zu den ursprünglichen Lupinen, die 1 bis 4 % Alkaloide enthielten, haben die sogenannten „Süßlupinen“ nur noch weniger als 0,05 % und teilweise unter 0,02 % Alkaloide (AUTORENKOLLEKTIV, 2003).

Der Futterwert der Rapssaat und der bei der Gewinnung von Rapsöl anfallenden Nebenprodukte ist im Verlauf der letzten 20 Jahre durch züchterische Maßnahmen bedeutend verbessert worden. Insbesondere die Senkung des Glucosinolatgehaltes (GSL) im Samen von 100 bis 120 $\mu\text{mol/g}$ Frischmasse auf 5 bis 20 $\mu\text{mol/g}$ hat bewirkt, dass das in den Ölmühlen anfallende Rapsextraktionsschrot (RES) in wesentlich höheren Dosen im Mischfutter verwendet werden kann als das bei den Schrotens aus glucosinolatreichen Rapsorten möglich war. Trotz dieser erheblichen Verminderung des GSL-Gehaltes verursachen die noch verbleibenden GSL eine verzehrs- und wachstumsdepressive Wirkung, die bei der Bemessung der Einsatzdosis beachtet werden muss. Die Verminderung des Glucosinolatanteils von 3 bis 9 % auf etwa 1 % in der entfetteten Saat entspricht dem von der Tierernährung geforderten Grenzwert von 30 mmol Glucosinolaten je kg des entfetteten Rapsschrotens (JEROCH u. a., 1993). In der Fütterung soll der Glucosinolatgehalt unter 6 mmol/kg liegen, um damit sicherzustellen, dass die Futtermischung gut aufgenommen wird und keine gesundheitlichen Störungen (Schilddrüsenvergrößerung) verursacht werden (ANONYM, 1994).

Beim Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Rapsextraktionsschrot ist weiterhin zu beachten, dass Rapsextraktionsschrot infolge der nahezu doppelten Höhe seines Fasergehaltes einen geringeren Gehalt an umsetzbarer Energie aufweist und die Dünndarmverdaulichkeit des Rapsextraktionsschrotens um zehn Einheiten niedriger liegt als beim Sojaextraktionsschrot (KRACHT, 1997). In Tabelle 3 sind die Energie- und Rohnährstoffgehalte einheimischer pflanzlicher Eiweißfuttermittel im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot dargestellt.

Tabelle 4 zeigt die Aminosäuregehalte der Eiweißalternativen im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (JEROCH u. a. 1993).

Tabelle 3: Energie- und Rohnährstoffgehalte einheimischer pflanzlicher Eiweißfuttermittel im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (% T)

Futtermittel	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	N-freie Extraktstoffe	ME Schwein MJ/kg T
Sojaextraktions-schrot	51,3	1,4	6,5	6,7	34,1	13,0 ²⁾
Ackerbohne	29,2 ¹⁾	1,6	9,0	3,9	55,6	12,7 ²⁾
Körnererbse	23,0 ¹⁾	1,5	6,8	3,7	62,1	13,8 ²⁾
Süßlupine, blau	34,0 ¹⁾	5,5	15,9	3,8	42,2	12,6 ²⁾
Rapsextr.schrot	40,6	2,7	12,9	7,9	35,9	11,1
Rapskuchen (über 8 % Fett)	36,7	8,7	12,6	8,0	34,0	13,5

Quelle: DLG-Futterwerttabellen – Schweine – 6. Aufl., DLG-Verlag, 1991;

¹⁾Bundessortenamt 2001/2002

²⁾Quellen: ROTH-MAIER, PAULICKS u. STEINHÖFEL, 2002, SPANN u. WEIß, 2002, ABEL, SOMMER u. WEIß, 2002 (UFOP Praxisinformationen)

Tabelle 4: Aminosäuregehalte der Eiweißalternativen im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (PRÖLL und WIEDNER, 1993)

Futtermittel	Gehaltswerte je kg Futter				
	Rohprotein g	Lysin g	Methionin + Cystin g	Threonin g	Tryptophan g
Sojaextr.schrot-44 88 % T	435	28,0	13,0	17,4	5,6
Sojaext.schrot HP 88 % T	480	30,0	14,4	18,0	6,2
Ackerbohne	265	17,5	5,0	11,4	2,4
Körnererbse	215	15,0	5,0	9,0	2,2
Süßlupine, blau	-	-	-	-	-
Süßlupine, gelb 88 % T	386	19,0	11,4	12,5	2,7
Süßlupine, weiß 88 % T	310	16,1	8,4	12,7	3,1
Rapsextr.schrot 89 % T	335	19,0	14,0	15,0	4,4
Rapskuchen 92 % T	320	18,0	12,5	14,4	4,2

Die Körnererbse zählt aufgrund ihres Stärkegehaltes zu den energiereicheren Eiweißalternativen. Mit 13,8 MJ ME für das Schwein übertrifft die Körnererbse in der Schweinefütterung alle gängigen heimischen Eiweißfuttermittel (Tabelle 3).

Mit einem Durchschnittswert von 230 bzw. 215 g Rohprotein je kg (Tabelle 3 und 4) zählt die Körnererbse zu den proteinschwächsten Eiweißalternativen, wobei zu bemerken ist, dass dieser Proteingehalt wie bei keiner anderen Eiweißfrucht in einem weiten Bereich von 175 bis 240 g je kg Frischmasse (bezogen auf 88 % T) schwanken kann. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der Rohproteingehalt neben dem Standort und dem witterungsbedingten Jahreseinfluss auch durch die Sorte beeinflusst wird. Für den Anbau von Körnererbsen ist daher zu empfehlen, die Ergebnisse von Sortenprüfungen als Entscheidungshilfe heranzuziehen.

Bezüglich der Proteinqualität (Aminosäuregehalt je 100 g Protein) fällt bei der Körnererbse im Vergleich zu anderen Eiweißfuttermitteln der hohe Lysingehalt auf, während die Gehalte der schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystin ebenso wie bei der Ackerbohne und Lupine gering sind und deutlich unter den Vergleichswerten der anderen Eiweißfuttermittel liegen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Aminosäuregehalte der Eiweißalternativen im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot in g/100 g Rohprotein

Futtermittel	Lysin g	Methionin + Cystin g	Threonin g	Tryptophan g
Sojaextraktionsschrot ¹⁾	6,26	2,96	3,99	1,31
Ackerbohne ¹⁾	6,42	2,06	3,56	0,88
Körnererbse ¹⁾	7,17	2,47	3,75	0,90
Süßlupine blau ¹⁾	4,49	1,88	3,31	0,91
Rapsextraktionsschrot ²⁾	5,70	4,20	4,50	1,30
Rapskuchen ²⁾	5,60	3,90	4,50	1,30

¹⁾ DEGUSSA, 2000/2001

²⁾ RÖLL und WIEDNER, 1993

Aus dieser Sicht eignet sich die Körnererbse in der Schweinefütterung ausgezeichnet für den kombinierten Einsatz mit Rapsprodukten (Rapsextraktionsschrot, Rapskuchen), die relativ hohe Gehalte an Methionin und Cystin aufweisen, dafür aber etwas lysinschwächer sind (Tabelle 4 und 5). Der auf 100 g Rohprotein bezogene Threoningehalt ist bei der Körnererbse etwas geringer als bei Rapsprodukten und Sojaextraktionsschrot. Der Tryptophananteil am Rohprotein ist bei der Ackerbohne, Körnererbse und Lupine niedriger als bei den Raps- und Sojaprodukten.

Das Protein der Körnererbse zeichnet sich mit etwa 7,0 g Lysin/100 g Rohprotein, insbesondere im Vergleich zu Getreide, aber auch gegenüber dem Sojaextraktionsschrot, durch einen relativ hohen Lysingehalt aus. Dagegen ist die Konzentration an den schwefelhaltigen Aminosäuren (SAS) Methionin und Cystin mit 2,47 g/100 g Rohprotein gering. Methionin und Cystin stellen die limitierenden Aminosäuren des Erbsenproteins dar. Die Körnerleguminose zeigt deshalb einerseits gute Ergänzungseigenschaften gegenüber dem lysinarmen Getreideprotein (HENRY und RERAT 1969; PEREZ u. a. 1979; WPSA 1992), andererseits muss bei ihrem Einsatz (DAVIDSON 1980; JEROCH 1988; BERTRAM u. a. 1995) auf die Absicherung der Konzentrationsnormen an schwefelhaltigen Aminosäuren besonders geachtet werden. Durch Methioninergänzung lässt sich die Proteinqualität deutlich verbessern (LIEBERT und GEBHARDT, 1980).

Die Ackerbohne ist mit 292 oder 265 g Rohprotein je kg Samen (Tabelle 3 und 4) zwar eiweißreicher als die Körnererbse, aber dennoch deutlich eiweißärmer als Soja- bzw. Rapsextraktionsschrot. Bezüglich der Energie für Schweine ist die Ackerbohne der Körnererbse und dem Sojaextraktionsschrot unterlegen (Tabelle 3).

Im Gegensatz zur Körnererbse unterliegt der Proteingehalt der Ackerbohne geringeren Schwankungen.

Bezüglich der Proteinqualität (Aminosäuregehalte je 100 g Rohprotein) ist die Ackerbohne mit der Körnererbse vergleichbar. Auch für die Ackerbohne ist ein hoher Lysingehalt und eine Schwäche bei den schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystin charakteristisch (Tabelle 5). Der auf die Proteineinheit bezogene Threoningehalt ist auch bei der Ackerbohne etwas geringer als bei Rapsprodukten und Sojaextraktionsschrot. Bezüglich des Tryptophangehaltes weist die Ackerbohne von allen gängigen Eiweißfutterarten die größte Schwäche auf.

Mit 129 g Rohfaser je kg Rapsextraktionsschrot ist der Gehalt an Gerüstsubstanzen fast doppelt so hoch wie bei Sojaextraktionsschrot – 44. Dementsprechend liegt auch die Energiekonzentrationen deutlich unter den Vergleichswerten von Soja (Tabelle 3).

Mit einem Rohproteingehalt von mindestens 335 g je kg Frischmasse zählt Rapsextraktionsschrot zu den proteinreicheren Eiweißalternativen (Tabelle 4). Bezüglich der für Schweine bedeutenden Aminosäuren fällt der hohe Gehalt an Methionin und Cystin auf. Mit einem Anteil von 4,2 g je 100 g Rohprotein liegen diese schwefelhaltigen Aminosäuren beim Rapsextraktionsschrot um nahezu 1/3 über dem vergleichbaren Wert von Sojaextraktionsschrot. Aus dieser Tatsache erklärt sich auch die vorzügliche Kombinationsfähigkeit mit Körnerleguminosen, die eher arm an Methionin und Cystin sind, dafür aber hohe Lysingehalte aufweisen. Der Lysingehalt von Rapsextraktionsschrot liegt mit 5,7 g je 100 g Rohprotein deutlich unter dem Sojawert. Die Tryptophangehalte von Raps- und Sojaextraktionsschrot sind – bezogen auf die Proteineinheit – identisch.

Es zeigt sich, dass Rapskuchen einen deutlich höheren Rohfettgehalt aufweist als der Extraktionsschrot von Raps und Soja. Dementsprechend liegt die Energiekonzentration des Kuchens deutlich über der der Extraktionsschrote.

Die energetischen Unterschiede zum Sojaextraktionsschrot sind nicht so ausgeprägt, weil Sojaextraktionsschrot, mit Ausnahme beim Rohfett, generell höhere Nährstoffverdaulichkeiten aufweist.

Der Rohproteingehalt steht bei Rapskuchen in negativer Wechselbeziehung zum Rohfettgehalt. Mit abnehmendem Rohfettgehalt (höherem Pressgrad) nimmt der Rohproteingehalt zu und umgekehrt.

Bezüglich der Rohproteinqualität, den Gehalten der wichtigsten essentiellen Aminosäuren je 100 g Rohprotein, kann auf Rapsextraktionsschrot verwiesen werden, weil hier ähnliche Verhältnisse vorliegen.

Rohfett- und Trockenmassegehalt bestimmen weitgehend die Lagerfähigkeit von Rapskuchen. Insbesondere fettreiche Kuchen sollten mehr als 90 % Trockenmasse aufweisen. Die Höhe des

Rohfettgehaltes im Rapskuchen beeinflusst entscheidend den Rohproteingehalt und die Energiekonzentration und somit die Einsatzmöglichkeiten in der Fütterung. Auch Rapskuchen muss ausschließlich aus der Verarbeitung von 00-Saaten stammen. Das ist ausdrücklich zu hinterfragen, denn auch in Sachsen wird Industrieraps angebaut, der erucasäurereich ist.

In Tabelle 4 sind die Mineralstoffgehalte der Eiweißalternativen im Vergleich zum Sojaextraktionsschrot enthalten. Die Körnererbse ist besonders kalziumarm, weist aber auch bei Phosphor geringere Gehaltswerte auf als die Extraktionsschrote von Soja und Raps. Der Natriumgehalt ist wie bei allen Eiweißalternativen gering. Auch die Gehaltswerte von Kupfer, Zink und Mangan liegen deutlich unter denen von Sojaextraktionsschrot.

Bei der Ackerbohne fällt auf, dass sie im Spurenelementgehalt (Kupfer, Zink, Mangan) die Erbse übertrifft.

Rapsextraktionsschrot und Rapskuchen beinhalten von allen Eiweißalternativen den höchsten Kalzium- und Phosphatgehalt. Mit über 6 g Kalzium und über 11 g Phosphor je kg sind die Gehalte dieser Mengenelemente fast doppelt so hoch wie bei Sojaextraktionsschrot. In Übereinstimmung mit Getreide liegen aber etwa zwei Drittel des Phosphors als Phytinsäure vor (Lantsch, 1989). Durch Phytasezusatz kann die Verdaulichkeit und die Verwertung dieses Phosphors aber beträchtlich erhöht werden.

Tabelle 6: Mineralstoffgehalte der Eiweißalternativen im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (KIRCHGESSNER, 2000)

Futtermittel	Gehaltswerte je kg Futter (T)					
	Mengenelemente			Spurenelemente		
	Ca g	P g	Na g	Cu mg	Zn mg	Mn mg
Sojaextraktionsschrot	3,1	7,0	0,23	19,1	70	33
Ackerbohne, Samen	1,6	4,8	0,18	12,3	78	46
Futtererbse, Samen	0,9	4,8	0,25	7,5	24	17
Lupine, blaue, Samen	3,7	4,6	-	5,0	-	34
Rapsextraktionsschrot	6,9	11,9	0,13	6,7	74	75
Rapskuchen	6,3	10,0	0,80	8,4	60	57

2.3 Technische Behandlungen zur Steigerung des Futterwertes von Leguminosen

Mit technischen Behandlungen der Futtermittel wird das Ziel verfolgt, die Nährstoffverfügbarkeit im Verdauungsprozess von Nutztieren zu verbessern. Nach JEROCH u. a. (1999) handelt es sich dabei um thermische, hydrothermische, thermisch-mechanische Behandlungsverfahren. Sie führen zur Reduzierung, Hemmung oder Inaktivierung antinutritiver Substanzen und steigern den Nährstoffaufschluss. Bei diesen Verfahren kommen Scherkraft, Druck, Feuchtigkeit und Wärme in un-

terschiedlichen Intensitäten und Kombinationen zur Wirkung. Außerdem können spezifische Zusätze zum Nährstoffaufschluss (z. B. Enzyme zum Abbau von Phytaten, α -Glucosiden und NSP, FRØKIAER u. a. 2001) oder zur Inaktivierung antinutritiver Substanzen (z. B. Bindung von Tanninen, LONGSTAFF u. MC. NAB, 1991) eingesetzt werden, darauf wird von ABEL u. a. (2002) hingewiesen.

2.4 Ergebnisse zum Einsatz von Körnererbsen und Ackerbohnen in der Schweinemast

Aus Fütterungsversuchen liegen zahlreiche Ergebnisse vor, die beweisen, dass hohe Anteile an Erbsen und Ackerbohnen ohne Leistungseinbußen verfüttert werden können. Dabei ist die Kombination der beiden Leguminosenarten mit anderen Eiweißträgern, besonders dem Sojaextraktionschrot, aber auch der alleinige Einsatz als Eiweißträger möglich.

In einem Fütterungsversuch mit Mastschweinen (SCHMIDT, 1994) sind 20 % Ackerbohnen mit einem speziellen Mineralfutter (TRI-PHOSPHORAL ML) eingesetzt und mit einer Getreide-/Sojaration verglichen worden. Es konnten keine Unterschiede in den Mast- und Schlachtleistungen festgestellt werden. Aus früheren Versuchen ist bekannt, dass die Ackerbohne mit zunehmendem Lebendgewicht an Fütterungswirkung gewinnt (HOFMANN u. a., 1973). Bis zu einem Gewicht von 40 kg kommt es zu einer schlechteren Verwertung von Ackerbohnenrationen. KRACHT u. a. (1973) empfehlen daher bei Einsatz von Ackerbohnen zumindest im ersten Mastabschnitt noch einen geringen Anteil von Fischmehl (5 %) in die Ration einzumischen. KIRCHGESSNER (2000) empfiehlt ebenfalls diesen Anteil und rät auch in der Endmast noch 3 % Fischmehl einzusetzen. In der Endmast, von 75 bis 120 kg Lebendmasse, war die Ackerbohne als alleiniges Eiweißfuttermittel ausreichend. Für die modernen fleischbetonten Genotypen scheint das nicht zuzutreffen, denn KIRCHGESSNER empfiehlt auch in der Endmast noch 3 % Fischmehl, wenn in der Anfangsmast 30 % und in der Endmast 20 % Ackerbohnen eingesetzt wurden. Aus früheren Versuchen ist bekannt, dass bei alleinigem Einsatz von Ackerbohnen im Schweinemastfutter oder bei hohen Ackerbohnenanteilen in Kombination mit geringen Mengen anderer Eiweißträger eine Ergänzung der Ration mit DL-Methionin die Mastleistung verbessert (KRACHT u. a. 1973, FEIST u. a. 1974a). FEIST u. a. (1974a) verfütterten eine Weizen-Gerstenration mit 50 bzw. 30 % Ackerbohnen in der Anfangs- bzw. Endmast. Eine Zulage von 0,2/0,1% oder 0,4/0,2 % DL-Methionin erhöhte die täglichen Zunahmen deutlich und verringerte den Futtermittelverbrauch. Dieser Einfluss von DL-Methionin auf das Wachstum war insbesondere im Mastabschnitt von 20 bis 50 kg zu beobachten (HANSEN und CLAUSEN 1969; FEIST u. a. 1974a). Je nach den Anteilen an Ackerbohnen in der Ration und der Zusammensetzung der Gesamtration liegt die optimale Höhe der DL-Methioninzulage zwischen 0,1 und 0,2 % (KRACHT u. a. 1973; FEIST u. a. 1974a).

In keiner der aufgeführten Untersuchungen verminderte der Einsatz von Ackerbohnen die Schlachtqualität. Der Zusatz von DL-Methionin zu ackerbohnenreichen Rationen beeinflusste die Schlachtkörperbeurteilung nicht (HENRY und BOURDON 1972; FEIST u. a. 1974b). Ebenso ver-

ändert der hohe Gehalt an Tannin in der Ackerbohne die geschmacklichen Eigenschaften und die Konsistenz des Schinkens nicht (HANSEN und CLAUSEN 1969).

Nach KIRCHGESSNER (2000) kann die energetische Verwertung von Ackerbohnen bis zu einem Gehalt von 30 % in der Ration der Gerste gleichgesetzt werden; erst bei sehr hohen Anteilen von 60 % traten nachteilige Effekte auf Gewichtszuwachs und Futtermittelverwertung auf. Ackerbohnen in den angegebenen Mengen werden von den Schweinen gerne aufgenommen und ohne gesundheitliche Schäden vertragen. Zu beachten ist allerdings eine ausreichende Zinkversorgung.

Ein hoher Anteil von Körnererbsen und Ackerbohnen in Futtermitteln für Schweine setzt eine einwandfreie Qualität der Körner voraus. Feuchte Körner sind nach der Ernte zu trocknen oder können mit einem Zusatz von 1 bis 2 % Propionsäure konserviert werden (DAVIDSON 1973; WHITTEMORE und TAYLOR 1973). Der Zusatz von Propionsäure verändert den Futterwert der Ackerbohne nicht (WHITTEMORE und TAYLOR 1973).

2.5 Ergebnisse zum Einsatz von Rapskuchen und Rapsextraktionsschrot in der Schweinemast

2.5.1 Mast- und Schlachtleistung

Aus Akzeptanzversuchen lässt sich ableiten, dass bei freier Auswahl Rationen mit Sojaextraktionsschrot als Proteinergänzung gegenüber Rationen mit Rapsextraktionsschrot generell bevorzugt werden. So stellten MCINTOSH und AHERNE (1982) sowie BAIDOO u. a. (1986) übereinstimmend fest, dass Ferkel bereits bei 5 % Rapschrot in der Ration mit einer reduzierten Futteraufnahme gegenüber einer Vergleichsfütterung mit Sojaextraktionsschrot reagieren. Bei höheren Anteilen Rapsextraktionsschrot im Futter wird dieser Effekt noch verstärkt. Nach Empfehlungen der CMA (1992) können maximal 10 % Rapsextraktionsschrot aus 00-Herkünften im Ferkelfutter eingesetzt werden.

Analog zu den zitierten Untersuchungen an Ferkeln wurde auch bei Mastschweinen unter den Bedingungen einer freien Futterwahl eine Vorliebe für Rationen mit geringeren Anteilen an Rapsextraktionsschrot aus 00-Herkünften und dementsprechend höheren Anteilen an Sojaextraktionsschrot beobachtet (SINGAM und LAWRENCE 1979; CASTELL 1980).

Generell lässt sich feststellen, dass die Substitution von Sojaextraktionsschrot zur Verringerung der Futteraufnahme und der täglichen Zuwachsraten führt, ohne dass diese Differenzen - von Ausnahmen abgesehen – signifikant sind. Auch zeigt sich, dass die Minderungen in den täglichen Zunahmen stärker ausgeprägt sind, als es durch die reduzierte Futteraufnahme erklärt werden kann. Hier kommt der vergleichsweise geringere Gehalt an umsetzbarer Energie im Rapsextraktionsschrot gegenüber Sojaextraktionsschrot zum Ausdruck, der im Endeffekt zur schlechteren Futterverwertung führt.

Andererseits geht bereits aus Untersuchungen von PETERSEN und SCHULZ (1978) hervor, dass ein geringerer Energiegehalt im Futter als Folge steigender Anteile Rapsextraktionsschrot in der Ration durch eine entsprechend höhere Futterraufnahme der Tiere kompensiert werden kann, so dass bei gleicher täglicher Aufnahme an verdaulicher Energie die Zuwachsleistung nicht beeinträchtigt wird.

Ebenfalls keine Beeinträchtigung der Mastleistung bei *ad libitum* Fütterung verzeichneten NARENDRAN u. a. (1981) bei Verabreichung isonitrogen und isoenergetisch ausgerichteter Rationen mit 0, 5, 10, 15, 20 bzw. 25 % Rapsextraktionsschrot der 00-Qualität.

In Übereinstimmung mit Untersuchungen von MCKINNON und BOWLAND (1977) sowie AHERNE und LEWIS (1978) bestätigen Untersuchungen von BAIDOO u. a. (1987), dass in der Endmast ab 60 kg Lebendmasse 00-Rapsextraktionsschrot ohne Leistungseinbuße als alleinige Proteinergänzung in Getreiderationen für Mastschweine eingesetzt werden kann.

WEISS (1991) schlussfolgert aus seinen Versuchsergebnissen, dass 00-Rapsextraktionsschrot bis zu einem Mischungsanteil von 15 % in Mastmischungen mit gutem wirtschaftlichem Erfolg eingesetzt werden kann. Da jedoch mit einem Rückgang des Futtermittels gerechnet werden muss, sollten Betriebe, die aus Gründen des Tiermaterials (fleischreiche Kreuzungen mit Pietrain) oder des Stallklimas ohnehin das Problem einer zu geringen Futterraufnahme haben, den Mischanteil deutlich geringer halten.

Kein positiver Effekt einer Lysin Supplementierung auf die Mastleistung lässt sich aus den Untersuchungen von BELL u. a. (1980, 1981) ableiten. Demgegenüber verzeichneten ROWAN und LAWRENCE (1979) eine signifikante Verbesserung der N-Bilanz nach Zusatz synthetischen Lysins in einer Ration mit Rapsextraktionsschrot. Desgleichen konnte PEARSON (1980) eine durch vollständigen Austausch von Blutmehl bzw. Fischmehl gegen 00-Rapsextraktionsschrot verursachte Wachstumsdepression durch Lysin zuzugabe kompensieren.

Nach CASTELL (1980) ist der Erfolg einer Lysinergänzung vom Proteingehalt der Grundration abhängig. Werden z. B. proteinarme Getreidekomponenten verwendet, so wird über die erforderliche Supplementierung mit proteinreichen Futterkomponenten gleichzeitig auch der Lysingehalt bis zur Bedarfsdeckung erhöht, so dass eine zusätzliche Lysingabe ohne Effekt bleibt.

Bei restriktiver Fütterung treten im Gegensatz zur *ad libitum* Fütterung Einschränkungen in der Futterraufnahme, die durch den Einsatz von Rapsextraktionsschrot im Futter verursacht werden, meist nicht auf. Das geht aus dänischen (HANSEN u. a. 1978; JUST u. a. 1982) sowie schwedischen Untersuchungen (MALM 1981; THOMKE u. a. 1983) hervor.

Auch in französischen Untersuchungen (BOURDON u. a. 1981) wurden bei 10 % 00-Rapsextraktionsschrot keine Unterschiede in der Mast- und Schlachtleistung festgestellt. Demge-

genüber führten 20 % 00-Rapsextraktionsschrot in den Rationen zu geringeren täglichen Zunahmen und zu schlechterer Futtermittelverwertung.

Nach Empfehlungen der CMA (1992) können in der Vormast 12 % und in der Endmast 8 % 00-Rapsextraktionsschrot eingesetzt werden, während in der Endmast 00-Rapsschrot als alleinige Proteinergänzung in Getreiderationen verwendet werden kann.

2.5.2 Einfluss auf Fleisch- und Fettqualität

Im Zusammenhang mit der energetischen Aufwertung der Rationen wurden Untersuchungen durchgeführt, um die Einsatzmöglichkeit von nicht entfetteter bzw. teilentfetteter Rapssaat (Rapskuchen) in Schweinemastrationen zu prüfen. In Untersuchungen von CASTELL und FALK (1980) wurden 0, 3, 6, 9, 12 und 15 % Rapssaat eingesetzt, ohne dass die Mast- und Schlachtleistung beeinträchtigt wurde. In Übereinstimmung mit anderen Autoren (BAYLEY und SUMMERS 1975; HANSEN u. a. 1979; CASTELL und FALK 1980; RIPPE 1988) wurden jedoch höhere Gehalte an ungesättigten Fettsäuren, insbesondere an Linolsäure, im Rückenspeck nachgewiesen. Auch von einer Beeinträchtigung der Fleischbeschaffenheit (Geschmack, Struktur) bei der Verfütterung teilentfetteter Rapssaat wird berichtet. Durch Umstellung auf rapsfreie Rationen bei 40 kg Lebendmasse kann dieser Effekt vermieden werden (HANSEN u. a. 1979).

Der absolute Fettgehalt eines Mastfutters allein reicht also nicht für die Beurteilung der Fettqualität am Schwein aus, da zwischen Art und Zusammensetzung des verabreichten Futterfettes und der Qualität des Schlachtkörperfettes enge Beziehungen bestehen (SOMMER, 1996).

Sojaöl enthält beispielsweise etwa 60 % mehrfach ungesättigte Fettsäuren (Linol- und Linolensäure, auch Polyensäuren genannt) und nur 30 % einfach ungesättigte Fettsäuren (vornehmlich Ölsäure).

Beim Rapsöl – heutzutage handelt es sich fast nur noch um Öl aus 00-Sorten – verhält es sich umgekehrt. Rapsfett besteht zu 60 % aus Ölsäure und zu etwa 30 % aus Polyensäuren (Linol- und Linolensäuren).

Als Grenzwert für die Oxidationsstabilität und Konsistenz des Fettes besonders im Hinblick auf die Dauerwarenproduktion gelten 15 % Polyensäuren im Rückenspeck. Um die Obergrenze nicht zu überschreiten, darf Mastfutter höchstens 18 bis 21 g Polyensäure/kg (88 % T) aufweisen. Die Einhaltung dieser Zufuhr bedeutet in Rationen auf Basis von Getreide und Sojaextraktionsschrot (ohne Mais/CCM), dass der Anteil von Sojaöl oder Rapsöl auf 1 bis 1,5 % bzw. 2 bis 3 % zu begrenzen ist (KIRCHGESSNER, 2000). Die meisten industriellen Mastfuttermischungen überschreiten diesen Grenzwert nicht.

Mischungen auf der Grundlage von Soja/Getreide sollten deshalb nicht mehr als 1 % Sojaöl oder 2 bis 3 % Rapsöl zugesetzt werden. Auf die komplette Mast bezogen dürfen pro Mastschwein maximal 2,5 kg Sojaöl oder 5 bis 7 kg Rapsöl verfüttert werden.

3 Aufgabenstellung

Die Einsatzempfehlungen für einheimische Körnerleguminosen in der Schweinemast sind zum Teil sehr unterschiedlich.

Tabelle 7: Einsatzempfehlungen (%) für Körnerleguminosen in Alleinfuttermitteln für Mastschweine (nach HACKL 2002, erweitert)

Quelle	Einsatzempfehlungen (%)		
	Erbsen	Ackerbohnen	bl. Lupinen
JEROCH (1993, 1999)	20	15 bis 20	10
UFOP (2002)	20 bis 40	AM 5 bis 15 EM 15 bis 25	AM 15 bis 20 EM 15 bis 20
Sachsen (2001) ¹⁾	AM 15 EM 25	AM 15 EM 20	AM 10 EM 10
Thüringen	25	30	20
Brandenburg	30	25	20
Literatur – Fütterungsversuche (Einzelbefunde)	bis 30	15 bis 30	< 10 bis 30

¹⁾ HOFFMANN, Futtermittelspezifische Restriktionen, herausgegeben vom Arbeitskreis „Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen“ (HOFFMANN, 2001)
AM = Anfangsmast, MM = Mittelmast, EM = Endmast

Aus den großen Schwankungen in den Empfehlungen leitet sich die Notwendigkeit ab, gezielte Untersuchungen zum Futterwert einheimischer pflanzlicher Eiweißfuttermittel in der Schweinemast durchzuführen. Dabei sind die verwendeten Eiweißfuttermittel umfassend zu charakterisieren (Sorte, Nährstoffgehalt, Gehalt an antinutritiven Substanzen) damit insbesondere die Eigenmischung herstellenden Schweinemastbetriebe im Freistaat Sachsen präzisierte Angaben zur bedarfsgerechten Fütterung bei Nutzung einheimischer Eiweißfuttermittel erhalten.

4 Material und Methoden

Im LVG Köllitsch, Lehrwerkstatt Schwein, wurden drei Schweinemastversuche mit Börgen (PixDEXDL) durchgeführt.

Versuchsbedingungen: 3 Gruppenbuchten für je 15 Mastschweine
Einzelfütterung, zweiphasig, *ad libitum* (je Bucht eine ACEMA-Transponderabruffutterstation, Anfangsmast 20 bzw. 40 – 70 kg LM, Endmast ca. 70 – 110 kg LM)
Spaltenboden, Selbsttränken

Die in den Futtermischungen eingesetzten Erbsen und Lupinen stammten aus im LVG Köllitsch durchgeführten Sortenanbauversuchen. Der verwendete Rapskuchen wurde von der Biodieselanlage Großfriesen bei Plauen bereitgestellt. Alle Futtermischungen wurden in der betriebseigenen Mahl- und Mischanlage des LVG Köllitsch hergestellt. In den Versuchen 1 und 2 wurde das Futter als lose Mischung über die ACEMA-Transponder-abruffutterautomaten angeboten. Im Versuch 3 wurde das eingesetzte Mischfutter ebenso hergestellt, aber vor der Verfütterung im Kraffuttermischwerk Mannschatz pelletiert, da die Verwendung von losen Mischungen einen zu hohen Reinigungsaufwand an den ACEMA-Automaten verursachte (verkleben der Futterschale).

Die Toastung und Flockierung erfolgte in der Firma Börde KRAFTKORN GmbH in Gröningen. Die Schlachtung erfolgte auf dem Schlachthof Torgau, die Schlachtwertfeststellung erfolgte nach der LPA-Methode. Sensorik sowie Fleisch- und Fettparameter wurden im FB 8 der LfL untersucht (nur Versuch 1 und 3).

Die 3 Mastversuche hatten folgende spezielle Zielstellungen:

1. Versuch Teilweiser Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch kombinierten Einsatz von Körnererbsen und Rapskuchen (Tabelle 8)
2. Versuch Teilweiser Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Körnererbsen bzw. blaue Lupinen, unbehandelt (Tabelle 9)
3. Versuch Teilweiser Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Körnererbsen bzw. blaue Lupinen, getoastet und flockiert (Tabelle 10)

Die Energie-, Protein- und Aminosäuregehalte der Rationskomponenten enthält Tabelle 11. Tabelle 12 gibt Auskunft zu analysierten Gehalten an Gerbstoffen und Alkaloiden in Erbsen und Lupinen. In Tabelle 13 sind die Gehalte an Nichtstärke-Polysacchariden bei Sojaextraktionsschrot, Erbsen und Lupinen dargestellt. Die Inhaltsstoffe der Futtermischungen sind in den Tabellen 14 (Versuch 1), 15 (Versuch 2) und 16 (Versuch 3) enthalten.

Tabelle 8: Zusammensetzung der Futtermischungen (1. Versuch)

Mastabschnitt Fütterungsgruppen	42 bis 65 kg		65 bis 110 kg	
	Sojaextr.schrot	Erbsen (Attika) und Rapskuchen	Sojaextr.schrot	Erbsen (Attika) und Rapskuchen
Mischanteile, %				
Sojaextr.schrot	21,0	13,0	13,0	6,0
Erbsen	-	20,0	-	25,0
Rapskuchen	-	4,0	-	6,0
Weizen	65,5	49,5	40,5	15,0
Gerste	10,0	10,0	43,5	45,0
Mineralfutter ohne zus. Methionin	3,5	3,5	3,0	3,0

Tabelle 9: Zusammensetzung der Futtermischungen (2. Versuch)

Mastabschnitt	30 bis 75 kg			75 bis 110 kg		
	Sojaextr. schrot	Erbsen (Attika)	bl. Lupinen (Borweta)	Sojaextr. schrot	Erbsen (Attika)	bl. Lupinen (Borweta)
Mischanteile, %						
Sojaextr. schrot	21,0	13,0	15,0	13	8	3
Erbsen	-	25,0	-	-	30	-
Lupinen	-	-	10,0	-	-	15
Weizen	65,5	48,5	61,5	40	15	45
Gerste	10,0	10,0	10,0	44	44	34
Mineralfutter mit AS	3,5	3,5 ¹⁾	3,5 ¹⁾	3	3 ¹⁾	3 ¹⁾

¹⁾ Mineralfutter für Leguminosen (erhöhter Methioningehalt)

Tabelle 10: Zusammensetzung der Futtermischungen (3. Versuch)

Mastabschnitt	22 bis 73 kg			73 bis 110 kg		
	Sojaextr. schrot	Erbsen (Attika)	Lupinen, getoastet, flockiert	Sojaextr. schrot	Erbsen (Attika)	Lupinen getoastet, flockiert
Mischant. %						
Sojaextr. schrot	22,8	18,0	16,0	14,0	9	5
Erbsen	-	15,0	-	-	25	-
Lupinen, getoastet, flockiert	-	-	10,0	-	-	15
Weizen	54,0	53,8	60,8	-	-	-
Gerste	20,0	10,0	10,0	83,5	63	76
Sojaöl	-	-	-	-	-	1
Mineralfutter mit AS	3,2	3,2 ¹⁾	3,2 ¹⁾	2,5	3 ¹⁾	3 ¹⁾

¹⁾ Mineralfutter für Leguminosen (erhöhter Methioningehalt)

Tabelle 11: Ausgewählte Inhaltsstoffe der Rationskomponenten (lt. Analyse)

	Sojaextr. schrot	Erbsen (Attika)	bl. Lupinen (Borweta)	bl. Lupinen (get., flockiert)	Rapskuchen		Weizen	Gerste
					AM ¹⁾	EM ²⁾		
Gehalte, bei 88 % T								
Energie, ME MJ/kg	13,30	13,50	12,10	12,60	-	-	14,30	12,80
Rohprotein, %	42,00	18,40	32,00	35,00	31,60	30,60	13,51	11,50
Lysin, %	2,68	1,43	1,43	1,48	1,80	1,72	0,35	0,40
Met. + Cys. %	1,14	0,46	0,61	0,63	1,32	1,20	0,51	0,42
Threonin, %	1,60	0,77	1,09	1,20	1,35	1,38	0,39	0,38

¹⁾ Peroxidzahl 4,8, Säurezahl 40,5, Glucosinolatgehalt 9,6 µmol/g T

²⁾ Peroxidzahl 8,3, Säurezahl 32,8, Glucosinolatgehalt 14,41 µmol/g T

Tabelle 12: Analysierte antinutritive Inhaltsstoffe der eingesetzten Erbsen und Lupinen (WINK, 2003)

Leguminosenart	Gerbstoffe (bes. Tannine)	Alkaloidgehalt (bes. Lupanin)
Erbsen (Madonna)	0,142 %	-
bl. Lupinen (Borweta)	0,030 %	0,019 %

Tabelle 13: Analysierte Nichtstärke – Polysaccharide (% T) in den eingesetzten Leguminosen- und Getreidearten (STÖLKEN, 2003)

	Glucane (Gesamtpentosane)	Xylose
Sojaextraktionsschrot	0,3	1,6
Erbsen (Attika)	0,4	1,9
bl. Lupinen (Borweta)	0,3	2,4
bl. Lupinen (Borweta, getoastet, flockiert)	0,3	2,3

Tabelle 14: Inhaltsstoffgehalte der Futtermischungen in der Anfangs- und Endmast laut Analyse (Versuch 1)

Mastabschnitt Gruppen	42 bis 65 kg		75 bis 110 kg	
	Sojaextrakt. schrot	Erbsen/ Rapskuchen	Sojaextrakt. schrot	Erbsen/ Rapskuchen
Gehalte bei 88 %				
Energie, ME MJ/kg	13,7	13,7	13,2	13,6
Rohprotein, %	19,1	16,3	16,7	15,2
Lysin, %	1,04	0,89	0,89	0,79
Met.+Cys., %	0,70	0,55	0,56	0,51
Threonin, %	0,67	0,54	0,56	0,54
Lys : MC : Thre	1 : 0,67 : 0,64	1 : 0,62 : 0,61	1 : 0,67 : 0,67	1 : 0,65 : 0,68
Ca, %	0,64	0,42	0,75	0,03
P, %	0,48	0,49	0,50	0,46

Tabelle 15: Inhaltsstoffgehalte der Futtermischungen in der Anfangs- und Endmast lt. Analyse (Versuch 2)

Mastabschnitt Gruppen	30 bis 75 kg			75 bis 110 kg		
	Sojaextr.schrot 21 %	Erbsen (Attika) 25 %	bl. Lupinen (Borweta) 10 %	Sojaextr.schrot 13 %	Erbsen (Attika) 30 %	bl. Lupinen (Borweta) 15 %
Gehalte, bei 88 %						
Energie, ME MJ/kg ¹⁾	13,10	13,20	13,10	12,80	12,80	12,80
Rohprotein, %	18,70	17,70	18,80	15,90	15,90	15,80
Lysin, %	1,06	1,08	1,05	0,88	0,90	0,89
Met.+Cys., %	0,68	0,66	0,65	0,56	0,50	0,60
Threonin, %	0,69	0,62	0,66	0,51	0,57	0,58
Lys : MC : Thre	1 : 0,64 : 0,65	1 : 0,61 : 0,58	1 : 0,62 : 0,63	1 : 0,62 : 0,59	1 : 0,56 : 0,64	1 : 0,68 : 0,66
Ca, %	0,78	0,82	0,88	0,97	0,74	0,83
P, %	0,61	0,58	0,63	0,58	0,59	0,66

¹⁾ Präzisierung erfolgt nach Vorliegen der im Verdauungsversuch ermittelten Rohrnährstoffverdaulichkeiten

Tabelle 16: Inhaltsstoffgehalte der Futtermischungen in der Anfangs- und Endmast lt. Analyse (Versuch 3)

Mastabschnitt Gruppen	22 bis 73 kg			73 bis 110 kg		
	Sojaextr.schrot 22,8 %	Erbsen (Attika) 15 %	Lupinen getoastet, flockiert 10 %	Sojaextr.schrot 14 %	Erbsen (Attika) 25 %	Lupinen getoastet, flockiert 15 %
Gehalte, bei 88 %						
Energie, ME MJ/kg ¹⁾	13,70	13,40	13,70	13,20	13,40	13,00
Rohprotein, %	19,80	18,60	20,30	17,40	16,70	16,50
Lysin, %	0,96	0,91	1,00	0,86	0,84	0,81
Met. + Cys., %	0,62	0,61	0,63	0,51	0,49	0,49
Threonin, %	0,69	0,65	0,72	0,57	0,57	0,54
Lys : MC : Thre	1 : 0,64 : 0,72	1 : 0,67 : 0,71	1 : 0,63 : 0,72	1 : 0,59 : 0,66	1 : 0,58 : 0,68	1 : 0,60 : 0,67
Ca, %	0,79	0,89	0,82	0,59	0,65	0,97
P, %	0,46	0,43	0,46	0,41	0,44	0,42

¹⁾ Präzisierung erfolgt nach Vorliegen der im Verdauungsversuch ermittelten Rohrnährstoffverdaulichkeiten

5 Ergebnisse

5.1 Futtermittelverzehr und Lebendmassezunahme

In den drei folgenden Tabellen sind die Mastleistungskennzahlen dargestellt bei teilweisem Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Erbsen-Rapskuchen-Gemisch (Tabelle 17), durch Erbsen bzw. unbehandelte blaue Lupinen (Tabelle 18) und durch Erbsen bzw. getoastete und flockierte Lupinen (Tabelle 19). Tabelle 20 zeigt die Mastleistungsergebnisse jeweils relativiert zur entsprechenden Sojaextraktionsschrotvariante. Es zeigt sich, dass der teilweise Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Körnererbsen, allein oder in Kombination mit Rapskuchen zu einem Verzehrsrückgang zwischen 3 und 9,5 % führt. Auch die Lupinenfütterung verursacht eine Verzehrdepression von bis zu 9 % (unbehandelt) bzw. bis zu 5 % bei der getoastet-flockierten Variante.

Die Verzehrminderung führte zur Verringerung der Lebendmassezunahmen. Bei der Variante Erbsen gingen die Lebendmassezunahmen um 2 bis 5 % zurück. Der kombinierte Einsatz von Erbsen und Rapskuchen verminderte die Zunahmen sogar um 7 %. Während die Fütterung unbehandelter Lupinen die Lebendmassezunahmen um 10 % verringerten, waren es bei Einsatz von getoasteten-flockierten Lupinen nur noch 2 %. Da die Lebendmassezunahmen verhältnismäßig stärker abfielen als die Futteraufnahme, erhöhte sich bei Einsatz der genannten Eiweißalternativen der Futteraufwand um bis zu 8 % (Erbsen).

Da die Mastschweine einheitlich bei ca. 110 kg Lebendmasse geschlachtet wurden, verlängerten sich nach Einsatz eines Gemisches von Erbsen und Rapskuchen (Versuch 1) und Erbsen allein (Versuch 2), sowie nach Einsatz von unbehandelten Lupinen (Versuch 2), die Mastdauer um fünf bzw. zwölf Tage. Die in den vorgestellten Versuchen erzielten durchschnittlichen Masttagszunahmen lagen während der Gesamtmastdauer zwischen 705 g (Lupine unbehandelt) und 787 g (Sojaextraktionsschrot), ein Niveau, das für sächsische Schweinemastbetriebe repräsentativ ist.

5.2 Schlachtwertfeststellungen

Die Schlachtkörperqualität ist in Tabelle 21 (Versuch 1), Tabelle 22 (Versuch 2) und Tabelle 23 (Versuch 3) dargestellt. Die ausgewiesenen Parameter zur Schlachtkörperqualität zeigten mit Ausnahme des verringerten Speckmaßes beim Einsatz getoasteter, flockierter Lupinen keine signifikanten Unterschiede.

5.3 Fleischsensorik und Fleisch- und Fettqualitätsparameter

Die in Tabelle 24 und 25 ausgewiesene Fleischsensorik und die in der Tabelle 26 enthaltenen Fleischqualitätsparameter unterscheiden sich nicht signifikant.

Da im Versuch 1 Erbsen kombiniert mit Rapskuchen eingesetzt wurden, ist in diesem Versuch zusätzlich das Fettsäuremuster analysiert worden (Tabelle 27). Auch hier zeigten sich keine signifikanten Abweichungen.

Tabelle 17: Daten zur Mastleistung (Versuch 1)

Fütterungsgruppen¹⁾ AM/EM	Sojaextr.schrot AM 21 %/EM 13 %	Erbsen/Rapskuchen AM 20 %/4 % EM 25 %/6 %
Tierzahl (Börge)	12	12
Anfangsmast		
Tageszunahme, g	731,00 ± 157	739,00 ± 122
Futteraufnahme, kg/Tag	1,79 ± 0,32	1,91 ± 0,18
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	2,45 ± 0,44	2,58 ± 0,29
Endmast		
Tageszunahme, g	817,00 ± 93	723,00 ⁺ ± 83
Futteraufnahme, kg/Tag	2,61 ± 0,34	2,43 ± 0,25
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	3,19 ± 0,36	3,36 ⁺ ± 0,22
Gesamtmast		
Tageszunahme, g	787,00 ± 48,9	728,00 ⁺ ± 0,76
Futteraufnahme, kg/Tag	2,33 ± 0,22	2,26 ± 0,17
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	2,93 ± 0,30	3,11 ± 0,19
Lebendmasse Versuchsbeginn, kg	42,70 ± 4,7	44,00 ± 4,0
Lebendmasse Ende Anfangsmast, kg	64,63 ± 8,1	66,17 ± 6,5
Lebendmasse Versuchsende, kg	111,2	111,0
Anfangsmast, d	30	30
Endmastdauer, d	57	62
Gesamtdauer, d	87	92

⁺p ≤ 0,05, Differenz signifikant zu Sojaextraktionsschrot

¹⁾ Die Fütterungsgruppen sind nach dem für die Ration charakteristischen Eiweißfuttermittel benannt.

Tabelle 18: Daten zur Mastleistung (Versuch 2)

Fütterungsgruppen¹⁾ AM/EM	Sojaextrakti- onsschrot 21 %/13 %	Erbsen (Attika) 25 %/30 %	bl. Lupinen (Borweta) 10 %/15 %
Tierzahl (Börge)	11	12	12
Anfangsmast			
Tageszunahme, g	743,00 ± 87	698,00 ⁺ ± 96	675,00 ⁺ ± 115
Futteraufnahme, kg/Tag	1,83 ± 0,11	1,69 ± 0,13	1,60 ⁺ ± 0,17
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	2,46 ± 0,15	2,42 ± 0,23	2,37 ⁺ ± 0,30
Endmast			
Tageszunahme, g	822,00 ± 66	798,00 ± 89	731,00 ⁺ ± 108
Futteraufnahme, kg/Tag	2,59 ± 0,31	2,56 ± 0,38	2,37 ⁺ ± 0,44
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	3,15 ± 0,46	3,21 ± 0,62	3,24 ± 0,83
Gesamtmast			
Tageszunahme, g	781,00 ± 72	744,00 ± 92	705,00 ⁺ ± 112
Futteraufnahme, kg/Tag	2,20 ± 0,32	2,13 ± 0,35	2,01 ⁺ ± 0,41
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	2,79 ± 0,43	2,82 ± 30	2,83 ± 76
Lebendmasse Versuchsbeginn, kg	28,20 ± 4,9	27,5 ± 4,1	27,9 ± 4,0
Lebendmasse Ende Anfangsmast, kg	73,40 ± 6,5	71,4 ± 8,4	68,1 ± 5,9
Lebendmasse Versuchsende, kg	111,20 ± 2,7	110,5 ± 2,7	110,6 ± 3,2
Anfangsmast, d	55	55	55
Endmastdauer, d	51	56	63
Gesamtdauer, d	106	111	118

⁺p ≤ 0,05, Differenz signifikant zu Sojaextraktionsschrot

¹⁾ Die Fütterungsgruppen sind nach dem für die Ration charakteristischen Eiweißfuttermittel benannt.

Tabelle 19: Daten zur Mastleistung (Versuch 3)

Fütterungsgruppen ¹⁾	Sojaextraktionsschrot	Erbsen (Attika)	bl. Lupinen (Borweta, getoastet, flockiert)
AM/EM	22,8 %/14,0 %	15 %/25 %	10 %/15 %
Tierzahl (Börge)	13	13	13
Anfangsmast Tageszunahme, g	730 ± 122	719 ± 105	699 ± 95
Futteraufnahme, kg/Tag	1,93 ± 0,29	1,78 ± 0,37	1,70 ± 0,27
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	2,64 ± 0,62	2,48 ± 0,22	2,43 ± 0,29
Endmast Tageszunahme, g	821 ± 245	800 ± 254	829 ± 150
Futteraufnahme, kg/Tag	2,62 ± 0,54	2,33 ± 0,31	2,71 ± 0,59
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	3,19 ± 0,52	2,91 ± 0,34	3,27 ± 0,39
Gesamtmast Tageszunahme, g	768 ± 100	753 ± 78	754 ± 79
Futteraufnahme, kg/Tag	2,22 ± 0,21	2,01 ± 0,18	2,12 ± 0,23
Futteraufwand je kg Zunahme, kg	2,96 ± 0,20	2,73 ± 0,24	2,92 ± 0,23
Lebendmasse Versuchsbeginn, kg	22,8 ± 2,7	22,1 ± 4,9	22,3 ± 2,9
Lebendmasse Ende Anfangsmast, kg	73,2 ± 8,7	71,7 ± 9,0	70,5 ± 6,8
Lebendmasse Versuchsende, kg	111,4 ± 6,7	111,7 ± 3,6	110,0 ± 6,2
Anfangsmast, d	69	69	69
Endmastdauer, d	50	50	50
Gesamtdauer, d	119	119	119

[†]p ≤ 0,05, Differenz signifikant zu Sojaextraktionsschrot

¹⁾ Die Fütterungsgruppen sind nach dem für die Ration charakteristischen Eiweißfuttermittel benannt

Tabelle 20: Relativierte Mastleistungsergebnisse (durchschnittliche Zunahme der drei Sojaextraktionsschrotvarianten 780 g = 100 %)

Fütterungsgruppen ¹⁾	Erbsen/Rapskuchen	Erbsen (Attika)	Erbsen (Attika)	bl. Lupinen (Borweta)	bl. Lupinen. (Borweta) getoastet, flockiert
Anfangsmast (AM)	AM 20 %/4 %	AM 15%/	AM 25%/	AM 10%/	AM 10 %/
Endmast (EM)	EM 25 %/6 %	EM 25%	EM 30%	EM 15%	EM 15 %
Verringerung					
Lebendmassezunahme %	7	2	5	10	2
Futteraufnahme %	3	9,5	3	9	5
Erhöhung					
Futteraufwand %	6	8	1	1	1
Verlängerung					
Mastdauer d	5	-	5	12	-

¹⁾ Die Fütterungsgruppen sind nach dem für die Ration charakteristischen Eiweißfuttermittel benannt.

Tabelle 21: Daten zur Schlachtkörperqualität

Fütterungsgruppen	Sojaextr.schrot	Erbsen und Rapskuchen
Tierzahl, n	12	16
Schlachtgewicht warm, kg	89,49 ± 3,03	88,76 ± 4,56
Magerfleischanteil, %	56,35 ± 1,62	56,55 ± 3,10
Kotelettfäche cm ²	53,10 ± 3,90	52,10 ± 5,8
Fleisch, mm	61,42 ± 9,43	58,63 ± 6,97
Speck, mm	15,78 ± 2,12	15,35 ± 3,10
pH ₁ -Kotelett	6,00 ± 0,31	6,08 ± 0,35
pH ₂₄ -Kotelett	5,57 ± 0,11	5,50 ± 0,05

Tabelle 22: Daten zur Schlachtkörperqualität

Fütterungsgruppen	Sojaextr.schrot	Erbsen (Attika) 25 %/30 %	bl. Lupinen (Borweta) 10 %/15 %
Tierzahl, n	8	12	12
Schlachtgewicht warm, kg	93,30 ± 4,21	92,80 ± 2,49	93,00 ± 1,33
Magerfleischanteil, %	55,13 ± 3,22	55,23 ± 2,02	55,10 ± 1,76
Kotelettfäche cm ²	51,64 ± 6,71	51,90 ± 6,24	51,58 ± 3,58
Fleisch, mm	60,55 ± 9,15	59,44 ± 8,63	60,85 ± 8,21
Speck, mm	17,77 ± 3,49	16,83 ± 1,87	17,30 ± 1,97
pH ₁ -Kotelett	5,86 ± 0,22	6,10 ± 0,35	6,13 ± 0,25
pH ₂₄ -Kotelett	5,46 ± 0,14	5,45 ± 0,08	5,47 ± 0,15

Tabelle 23: Daten zur Schlachtkörperqualität

Fütterungsgruppen	Sojaextr.schrot 22,8 %/14,0 %	Erbsen (Attika) 15 %/25 %	bl. Lupinen (Borweta, getoastet, flockiert) 10 %/15 %
Tierzahl, n	14	13	13
Schlachtgewicht warm, kg	87,13 ± 5,53	89,34 ± 3,80	85,95 ± 4,56
Magerfleischanteil, %	55,13 ± 3,41	55,36 ± 3,56	57,42 ± 4,18
Kotelettfäche cm ²	53,44 ± 6,42	51,31 ± 5,62	51,60 ± 6,50
Fleisch, mm	61,21 ± 10,04	58,36 ± 9,58	56,35 ± 6,82
Speck, mm	17,04 ± 3,61	16,40 ± 3,78	13,98 ⁺ ± 3,87
pH ₁ -Kotelett	6,23 ± 0,24	6,16 ± 0,36	6,32 ± 0,21
pH ₂₄ -Kotelett	5,46 ± 0,07	5,44 ± 0,07	5,45 ± 0,06

+p ≤ 0,05, Differenz signifikant zu Sojaextraktionsschrot

Tabelle 24: Untersuchungsergebnisse Sensorik (Versuch 1)

Fütterungsgruppe	Sojaextraktionsschrot	Erbsen/Rapskuchen
Saftigkeit	3,8 ± 0,6	4,0 ± 0,5
Zartheit	3,7 ± 0,4	3,7 ± 0,7
Aroma	3,1 ± 0,4	3,3 ± 0,4
Gesamteindruck	3,2 ± 0,3	3,4 ± 0,4

Tabelle 25: Untersuchungsergebnisse Sensorik (Versuch 3)

Fütterungsgruppe	Sojaextraktionsschrot	Erbsen	Lupinen, getoastet, flockiert
Saftigkeit	3,4 ± 0,4	3,4 ± 0,7	3,3 ± 0,8
Zartheit	3,3 ± 0,4	3,5 ± 0,6	3,2 ± 0,7
Aroma	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,6	3,0 ± 0,6
Gesamteindruck	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,5	3,1 ± 0,6

Bewertungsschema

Saftigkeit		Zartheit		Aroma		Gesamteindruck	
sehr saftig	6	sehr zart	6	ausgezeichnet	6	ausgezeichnet	6
saftig	5	zart	5	sehr gut	5	sehr gut	5
etwas saftig	4	etwas zart	4	gut	4	gut	4
etwas trocken	3	etwas zäh	3	befriedigend	3	befriedigend	3
trocken	2	zäh	2	ausreichend	2	ausreichend	2
sehr trocken	1	sehr zäh	1	wenig ausreichend	1	mangelhaft	1

Tabelle 26: Untersuchungen am M.longissimus dorsi Fleischqualitätsparameter (SCHÖBERLEIN, WESTPHAL 2003, LfL)

		Versuch 1		Versuch 3		
		Sojaextraktionsschrot	Erbsen Rapskuchen	Sojaextraktionsschrot	Erbsen	Lupinen getoastet, flockiert
Tierzahl	n	12	12	9	10	9
Drippverlust	%	4,8 ± 2,0	5,0 ± 2,1	4,6 ± 1,1	5,8 ± 1,7	5,8 ± 2,1
Grillverlust	%	26,9 ± 3,6	26,2 ± 3,6	27,3 ± 2,8	27,0 ± 2,9	26,4 ± 3,1
Farbe	L	47,8 ± 3,3	48,8 ± 2,0	47,9 ± 1,1	48,4 ± 2,7	49,9 ± 1,0
	a	9,1 ± 1,1	8,7 ± 1,5	8,0 ± 0,9	8,4 ± 0,8	8,6 ± 1,2
	b	2,2 ± 1,0	2,1 ± 0,8	2,1 ± 0,4	2,3 ± 0,8	2,7 ± 0,7
IMF	%	1,5 ± 0,4	1,2 ± 0,3	1,3 ± 0,4	1,4 ± 0,5	1,6 ± 0,3

Tabelle 27: Untersuchungen am *M.longissimus dorsi* Fettqualitätsparameter (Versuch 1) (SCHÖBERLEIN, WESTPHAL 2003, LfL)

		Sojaextraktionsschrot	Erbsen/Rapskuchen
C 14 : 0	%	1,83 ± 0,26	1,84 ± 0,61
C 16 : 0	%	27,74 ± 2,18	27,77 ± 1,32
C 16 : 1	%	2,16 ± 0,81	2,15 ± 0,45
C 18 : 0	%	13,97 ± 1,51	15,05 ± 1,09
C 18 : 1n9	%	39,57 ± 2,66	40,52 ± 1,46
C 18 : 1n7	%	3,32 ± 0,34	2,97 ± 0,32
C 18 : 2n6	%	7,81 ± 0,85	7,98 ± 0,9
C 18 : 3n3	%	0,76 ± 0,18	1,02 ± 0,2

6 Diskussion

Insgesamt zeigt sich, dass die eingesetzten einheimischen pflanzlichen Eiweißfuttermittel den Futtermittelverzehr und damit die Lebendmassezunahme beeinträchtigen. Der Einsatz von 20 % Erbsen, kombiniert mit 4 % Rapskuchen brachte in der Anfangsmast den erwarteten Erfolg, d. h. Futteraufnahme und Lebendmassezunahme erreichten das Niveau der Sojaextraktionsschrot-Vergleichsgruppe. In der Endmast jedoch, wo der Erbsenanteil auf 25 % und der Rapskuchen auf 6 % erhöht wurden, kam es, bedingt durch verringerte Futteraufnahme, zu einem signifikanten Abfall in der Lebendmassezunahme, so dass auch über die Gesamtmastdauer signifikant verringerte Zunahmen erzielt wurden. Offensichtlich spielt dabei der unterschiedliche Glucosinolatgehalt der verwendeten Rapskuchenchargen eine Rolle (Tabelle 11, Anfangsmast 9,6 µmol/g T, Endmast 14,41 µmol/g T). Dieses Ergebnis bestätigt die neuesten Untersuchungen von KRACHT und SCHUMANN (1997), wonach der Verzehr und die Lebendmassezunahme durch den Glucosinolatgehalt im Mischfutter bestimmt werden. Diese Autoren fanden, dass je mmol Glucosinolate im Mischfutter die Lebendmassezunahme um 17,7 g und der Verzehr um 83,3 g gesenkt wurden. In der Literatur existieren unterschiedliche Angaben zu den noch zu tolerierenden Glucosinolatgehalten in Schweinemastleinfutter. KRACHT (1996) nennt 0,5 bis 0,6 µmol, SCHÖNE (1998) gibt einen Bereich von 1,5 bis 2,0 µmol an. 25 % Erbsen in der Anfangsmast im Versuch 2 verringerten die täglichen Lebendmassezunahmen um 45 g, bei nur 15 % Erbsen waren es nur 11 g weniger als im Vergleich zur Sojaextraktionsschrotvariante.

Da die Rationen auf Basis der Bruttoamino-säuren (übliche Praxis in Deutschland) kalkuliert wurden, ist nicht auszuschließen, dass sich aufgrund des geringeren Lysin-Methionin- und Cystingehaltes der Erbsen, im Vergleich zum Sojaextraktionsschrot - obwohl bei der Erbsen-Variante ein spezielles methioninangereichertes Mineralfutter eingesetzt wurde – die Verfügbarkeit der Aminosäuren verringert war. Auch beim teilweisen Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch die Blaue Lupine (Sorte Borweta, unbehandelt) wurde das Leistungsniveau der Sojaextraktionsschrotvariante nicht erreicht. Im Vergleich zur Sojaextraktionsschrotvariante verringerte sich die Futteraufnahme

über den gesamten Versuchszeitraum betrachtet um 200 g je Tier und Tag (-9%). Dadurch verringerten sich die durchschnittlichen Zunahmen gegenüber der Sojaextraktionsschrotvariante um 76 g je Tier und Tag (-10%). Ähnliche Ergebnisse fanden PRIEPKE (2001) und PRIEPKE u. a. (2004). Im Vergleich zu Rationen ohne Lupinen wiesen die Tiere bei einem Anteil von 11 bis 14 % Lupinen eine tendenziell bzw. bei einem Anteil von 17 bis 20 % eine signifikant verringerte Futtermittelaufnahme auf (-4% bzw. -14%). Das bewirkte eine Reduzierung der Masttagszunahme in den Versuchsgruppen um 4 bzw. 6 %. Dadurch verlängerte sich die Mastdauer um durchschnittlich zwei bzw. fünf Tage. In den eigenen Versuchen verlängerte sich die Mastdauer um zwölf Tage. Die Tiere der Lupinen-Gruppe hatten, bedingt durch die verringerte Energiezufuhr (Futtermittelaufnahme), ein verringertes Speckmaß.

Die im eigenen Versuch eingesetzten unbehandelten Lupinen hatten einen relativ geringen Alkaloidgehalt (0,019 %, Tabelle 12). Einen ähnlichen Wert (0,018 %) fanden ROTH-MAIER und PAULICKS (2002). Demnach dürfte der gefundene Alkaloidgehalt für die verringerte Futtermittelaufnahme nicht entscheidend gewesen sein. Nach Untersuchungen von HENNIG u. a. (2002) ist die Verdaulichkeit von Methionin und Cystin bei der Lupine „Borweta“ um 11 bzw. 8 % Einheiten niedriger als nach Angaben von MOSENTHIN u. a. (1997).

Auch der Nichtstärke-Polysaccharidgehalt der im eigenen Versuch eingesetzten Lupine (Borweta) war, gemessen am Xylosegehalt relativ gering (2,4 % i. T., Tab. 13). KLUGE u. a. (2002) fanden in der Blauen Lupine sortenabhängig Xylosewerte von 3,3 bis 4,1 % i. T.

Leguminosen sind, gemessen am Marktpreis und an der Flächenbeihilfe z. Z. wirtschaftlich noch wenig attraktiv. Nach Untersuchungen in Mecklenburg-Vorpommern liegt der Deckungsbeitrag der Erbsen um etwa 100 € unter dem des Getreides (MAKOWSKI, 1999). Die Wirtschaftlichkeit des Körnererbsenanbaus wird durch den Markterlös ungenügend widerspiegelt. Werden die Erbsen im eigenen Betrieb verfüttert und wird zusätzlich die Vorfruchtwirkung bewertet, ist das ökonomische Ergebnis der Erbsen deutlich besser als das des Getreides. Nach BEESE und JACKISCH (1999) kann der Vorfruchtwert der Leguminosen über den Ertragsanstieg der Nachfrucht, sowie der Kosteneinsparung für die N-Düngung und die Bodenbearbeitung mit 90 bis 175 €/ha kalkuliert werden. Bei Einbeziehung dieses Wertes in den Deckungsbeitrag sind Körnerleguminosen in der Wirtschaftlichkeit dem Futtergetreide annähernd ebenbürtig.

Aus ökologischen und phytosanitären Gründen sollte selbst bei etwa gleicher Wirtschaftlichkeit von Getreide und Leguminosen den Körnerleguminosen der Vorzug gegeben werden. Durch die Verfütterung der Körnerleguminosen in der eigenen Tierproduktion kann mit 1,50 bis 1,75 €/dt über dem Marktpreis kalkuliert werden.

Die Produktion von non-food-Raps ist bezüglich Produktionstechnik und Intensität dem des Nahrungsrapspanbaus gleich. Raps ist auf Stilllegungsflächen die dominierende Fruchtart. Zum Raps-

anbau auf Stilllegungsflächen gibt es kaum Alternativen. Die Gewinne auf der Stilllegungsfläche sind beim Rapsanbau am höchsten. Einige Betriebe mit hohen Erträgen und niedrigen Kosten erreichen sogar ein Gewinnniveau, das mit Winterweizen vergleichbar ist (JÄKEL und WALLBAUM 1998).

Rapskuchen hat z. B. einen Marktwert von 12 €/dt (Rapskuchen ist keine typische Handelsware, deshalb entspricht der Marktwert nicht dem tatsächlichen Wert dieses Futtermittels). Der Marktwert hat demzufolge keine feste Beziehung zum Substitutionswert für Sojaschrot und Gerste in der Tierfütterung.

Die Preise der sojaextraktionsschrothaltigen Mischungen (VM und EM) lagen nur geringfügig höher als die der Mischungen mit den verschiedenen Eiweißalternativen. Auf eine einheitliche Lebendmassezunahme von 75 kg berechnet, summierte sich dieser Kostenvorteil, bei tendenziell verbesserter Futtermittelnutzung. Während sich die durchschnittliche Mastdauer - auf eine einheitliche Lebendmassezunahme von 75 kg berechnet - beim Einsatz von Körnererbsen mit fünf Tagen unwesentlich verlängerte, führte der Einsatz von Lupinen zu einer etwa 12-tägigen Verlängerung der Mast. Dadurch wird der Umtrieb nachteilig beeinflusst.

7 Schlussfolgerungen

Der im Experiment verwendete Rapskuchen hatte 00-Qualität, dennoch beeinflusst auch ein geringer Glucosinolatgehalt die Futteraufnahme negativ, wenn derartige Produkte zu mehr als 4 % im Mischfutter enthalten sind.

Mehr als 4 % Rapskuchen im Mischfutter führen aufgrund des Verzehrsrückgangs zur Verminderung der Masttagszunahmen um ca. 7 %. Die Mastdauer verlängert sich dadurch um ca. fünf Tage. Zur Leistungsvorhersage beim Einsatz von Rapsprodukten in der Schweinemast ist der Glucosinolatgehalt in diesen Produkten zu bestimmen.

Als wesentliches Qualitätskontrollinstrument müssen die Analysemethoden zur Untersuchung der Körnerleguminosen auf Wert bestimmende und Wert mindernde Inhaltsstoffe vereinfacht werden.

Zur Realisierung höherer Körnerleguminosenanteile in den Rationen der Nutztiere sollten Erzeugerzusammenschlüsse und Vermarktungswege geschaffen werden, die größere einheitlich zusammengesetzte Partien dieser Einzelfuttermittel gewährleisten. Dazu sind die Bedingungen der Konservierung und Vorratshaltung von Körnerleguminosen verfahrenstechnisch zu verbessern.

Als vorrangige Ziele bei der Züchtung von Körnererbsen gelten Ertragshöhe und -stabilität sowie Standfestigkeit und Mähdruscheignung, um einen kostengünstigen sowie ökonomisch kalkulierbaren Anbau zu ermöglichen. Zur Gesunderhaltung der Bestände stehen weiterhin phytosanitäre Zuchtziele (Resistenzzüchtung) im Vordergrund.

Durch den Körnerleguminosenanbau entstehen für Betriebe mit intensivem Getreideanbau pflanzenbauliche Vorteile, wie hohe Vorfruchtwirkung, Verbesserung der Bodenstruktur und Unterdrückung von verschiedenen Schadorganismen. Die mineralische Stickstoffdüngung kann reduziert werden.

8 Zusammenfassung

Ausgehend von einer umfangreichen Literaturlauswertung zum Einsatz von Körnerleguminosen in der Schweinefütterung wurden im LVG Köllitsch drei Schweinemastversuche (Einzelfütterung) durchgeführt. Dabei ging es um den teilweisen Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch eine Erbsen-Rapskuchen-Mischung, durch Erbsen bzw. Blaue Lupinen in unbehandelter und in getoasteter, flockierter Form. Die einzelnen Futterkomponenten wurden auf ihren Nährstoffgehalt und auf bestimmte antinutritive Inhaltsstoffe untersucht. Die einheimischen Eiweißfuttermittel wurden zu folgenden Mischungsanteilen, z. T. unterschiedlich in der Anfangsmast (AM) und Endmast (EM) eingesetzt:

	% in AM	% in EM
Erbsen (Attika)	15	25
Erbsen (Attika)	25	30
Erbsen/Rapskuchen	20/4	25/6
bl. Lupine (Borweta)	10	15
bl. Lupine (Borweta) getoastet, flockiert	10	15

Es zeigte sich, dass der teilweise Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Körnererbsen, allein oder im Gemisch mit Rapskuchen zu einem Verzehrsrückgang zwischen 3 und 9,5 % führt. Auch die Lupinenfütterung verursachte eine Verzehrdepression von bis zu 9 % (unbehandelt) bzw. bis zu 5 % bei der getoastet-flockierten Variante. Die Verzehrminderung führte zur Verringerung der Lebendmassezunahmen. Bei der Variante Erbsen gingen die Lebendmassezunahmen um 2 bis 5 % zurück. Der kombinierte Einsatz von Erbsen und Rapskuchen verminderte die Zunahmen sogar um 7 %. Während die Fütterung unbehandelter Lupinen die Lebendmassezunahmen um 10 % verringerten, waren es bei Einsatz von getoasteten-flockierten Lupinen nur noch 2 %. Da die Lebendmassezunahmen verhältnismäßig stärker abfielen als die Futteraufnahme, erhöhte sich bei Einsatz der genannten Eiweißalternativen der Futteraufwand um bis zu 8 % (Erbsen).

Da die Mastschweine (Börge) einheitlich bei ca. 110 kg Lebendmasse geschlachtet wurden, verlängerten sich nach Einsatz eines Gemisches von Erbsen und Rapskuchen (Versuch 1) und Erbsen allein (Versuch 2), sowie nach Einsatz von unbehandelten Lupinen (Versuch 2), die Mastdauer um fünf bzw. zwölf Tage.

Die in den vorgestellten Versuchen erzielten durchschnittlichen Masttagszunahmen lagen während der Gesamtmastdauer zwischen 705 g (Lupine unbehandelt) und 787 g (Sojaextraktionsschrot), ein Niveau, das für sächsische Schweinemastbetriebe repräsentativ ist.

Die Schlachtkörperqualität ist in Tabelle 21 (Versuch 1), Tabelle 22 (Versuch 2) und Tabelle 23 (Versuch 3) dargestellt.

Die ausgewiesenen Parameter zur Schlachtkörperqualität, zur Fleischsensorik, Fleisch- und Fettqualität zeigten mit Ausnahme des verringerten Speckmaßes beim Einsatz getoasteter, flockierter Lupinen keine signifikanten Unterschiede.

9 Literaturverzeichnis

- ABEL, H.-J., ROTHENBERGER, S. MONIKA, 2002: Ackerbohnen in der Tierernährung, Übers. Tierernährung, 30, S. 109-133, DLG-Verlag Frankfurt/Main
- ABEL, H.-J., SOMMER, W., WEIß, J., 2002: Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Ackerbohnen in der Nutztierfütterung, UFOP - Praxisinformation
- AHERNE, F. X., A. J. LEWIS 1978: The nutritive value of Tower rapeseed meal for swine. Anim. Feed Sci. Technol. 3, S. 235-242
- ANONYM, 1994: Raps Futter aktuell. Publikation der Centralen Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH, Ausgaben 1, 4
- AUTORENKOLLEKTIV, 1995: Nachwachsende Rohstoffe, Komplexe Beratungsunterlage, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- AUTORENKOLLEKTIV, 1998 Eiweiß- und Feldfutterpflanzen, Komplexe Beratungsunterlage, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Dresden
- AUTORENKOLLEKTIV, 2003: Lupinen-Verwertung und Anbau, 4. Auflage, Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V.
- BAIDOO, S. K., M. K. MCINTOSH and F. X. AHERNE 1986: Selection preference of starter pigs fed canola meal and soybean meal supplemented diets. Ca. J. Anim. Sci. 66, 1039-1040
- BAIDOO, S. K., F. X. AHERNE, R. BLAIR 1987: Canola meal as a protein supplement for growing finishing pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 18, S. 37-44
- BAYLEY, H. S. and J. D. SUMMERS 1975: Nutritional evaluation of extruded full-fat soybeans and rapeseeds using pigs and chickens. Can. J. Anim. Sci. 55, S. 441-450
- BEESE, G., W. JACKISCH 1999: Ausgleich für nicht gesätes Wintergetreide, Bauernz. 7, 24
- BELL, J. M., L. W. MCCUAIG and A. SHIRES 1980: Effect of supplementary iodine, iodinated casein, lysin and methionin on the nutritive value of Tower canola meal for swine in: 6th Progr. Rep. Res. Canola Seed, Oil, Meal and Meal Fractions. Canola Council of Canada, Publ. No. 57, Winnipeg, Canada, pp. S. 182-185
- BELL, J. M., D. M. ANDERSON and A. SHIRES 1981: Evaluation of Candle rapeseed meal as a protein supplement for swine. Can. J. Anim. Sci. 61, S. 453-461

- BERTRAM, H.-L., DÄNNER, E., JEROCH, K., JEROCH, H. 1995: Effect of DL-methionine in a cereal-pea diet on the performance of brown laying hens. Arch. Geflügelk. 59, S. 103-107
- BÖHME, H., 1993: Möglichkeiten des Einsatzes von Körnerleguminosen in der Tierernährung, Info-Leguminosen, Cebeco Saaten GmbH
- CARROUEE, B., GATEL, F., 1995: UNIP-ITCF, Imprimerie Augustin, Paris
- CASTELL, A. G. 1980: Effects of relative contributions of cereal and Canola rapeseed meal to the dietary protein on the performance of growing-finishing pigs. Ca. J. Anim. Sci. 60, S. 709-716
- CASTELL, G. and I. FALK 1980: Effects of dietary canola seed pig performance and backfat composition. Can. J. Anim. Sci. 60, S. 795-797
- DAVIDSON, J. 1973: The nutritive value of field beans (*Vicia faba* L.) for laying hens. Br. Poult. Sci. 14, S. 557-567
- DAVIDSON, J. 1980: The nutritive value of field peas (*Pisum sativum*) in an oat-based diet for laying hens. J. Sci. Food Agric. 31, S. 1055-1058
- DEBRUCK, J., 2004: Eiweißpflanzen leisten mehr. Neue Landwirtschaft 2, S. 50-52
- DITTMANN, BÄRBEL, VON GAGERN W., HANFF, H., 2001: Leguminosen für den Futtertrog selbst anbauen? Top agrar SPEZIAL, Landwirtschaft aktuell für M-V - Brandenburg - Sachsen Anhalt – Sachsen – Thüringen Nr. 3, S. 12-14
- DLG, 1991: Futterwerttabellen-Schweine-6. Auflage, DLG-Verlag
- FEIST, E., F. J. SCHWARZ, P. HOFMANN, und M. KIRCHGESSNER 1974a: DL-Methionin-Zulagen zu einer Ackerbohnen-Getreideration in der Schweinemast, Wirtschaftseig. Futter 20, S. 229-235
- FEIST, E., F. J. SCHWARZ, P. HOFMANN, UND M. KIRCHGESSNER 1974b: Zur energetischen Verwertung von Ackerbohnen in der Schweinemast, Bayrisch. Landwirtsch. Jahrb. 51, S. 376-380
- FRØIAER, H., BARKHOLT, V., BAGGER, D.L., 2001: Proceedings: Impacts on seed nutritive value: scientific and economics aspects. 4th European Conference on Grain Legumes – 2001 - Cracow, Part I-Plenary sessions-New avenues for grain legumes
- DEGUSSA-HÜLS, 1999: Standardisierte ileale Verdaulichkeit von Aminosäuren für Schweine. Das neue System.
- GUEGUEN, J., VAN OORT, M. G., QUILLIEN, L., HESSING, M. 1993: The composition, biochemical characteristics and analysis proteinaceous antinutritional factors in legume seeds. In: A.F.B. VAN DER POEL, J. HUISMAN, H. S. SAINI (Hrsg.): Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds. EAAP Publication Wageningen Pers. 70, 9-30, In: ABEL, H.-J., ROTHENBERGER, S. MONIKA, 2002: Ackerbohnen in der Tierernährung, Übers. Tierernährung, 30, S. 109-133, DLG-Verlag Frankfurt/Main
- HACKEL, W., 2002: Futterwert von Körnerleguminosen für Mastschweine, Köllitscher Fachgespräch
- HANSEN, V., H. CLAUSEN 1969: Hestebønner (*vicia faba*) som foder til slagterisoin. 374. Beretn. Forsogslab., Kopenhagen
- HANSEN, V., K. SMEDEGARD OG A. JENSEN 1978: Rapskra (Erglu) som delvis eller fuld erstatning for sojaskra i slaktesvinenes foder. Statens Husdyrbrugsforsog, Medd. 244, Kobenhavn, 4 pp

- HANSEN, V., K. SMEDEGARD, B. LAURSEN og A. JENSEN 1979: Rapskager som en del af proteintilskudsforderet til slagtesvin. Statens Husdyrbrugsforsog, Medd 286, Kobenhavn, 4 pp
- HENKEL, H., 1992: Füttern mit Raps, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)
- HENNIG, U., HACKL, W., PRIEBKE, A., SCHULZ, E., 2002: Praecaecale Aminosäurenverdaulichkeit von Gerste, Weizen und Lupine beim Schwein nach standardisierter Versuchsdurchführung, 7. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Martin Luther – Universität Halle-Wittenberg, S. 17-20
- HENRY, J., RERARAT, A. 1969: Utilisation des legumineuses par le porc en croissance. J. Rech. Porc. 1, S. 161-168
- HENRY Y., D. BOURDON 1972: Essai de remplacement du tourteau de soja par la feverole dans l'alimentation du porc en croissance-finition. Journees Rech. Porcine en France I.N.R.A., ed ITP, Paris, S. 178-183
- HOFFMANN, M., 2001: Futtermittelspezifische Restriktionen, Rinder, Schafe, Ziegen, Pferde, Kaninchen, Schweine, Geflügel, Herausgegeben vom Arbeitskreis „Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen“, 1. Aufl., Druckerei Belgern, GmbH
- JÄKEL, K., WALLBAUM, Ch. (1998): Untersuchungen zum ökonomischen Anbau von Raps für die Herstellung von Biodiesel (Rapsmethylester) im ländlichen Raum. Projektteil A: Betriebswirtschaftliche Untersuchungen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- JEROCH, H 1988: Futterqualität und Einsatzmöglichkeiten von Körnerleguminosen in der Legehennen- und Broilerfütterung. Tierzucht 42, S. 433-437
- JEROCH, H., FLACHOWSKY, G., WEISSBACH, F., 1993: Futtermittelkunde, Fischer Verlag Jena-Stuttgart, 316
- JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O., 1999: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 212-213
- JUST, A., V. HANSEN og A. JENSEN 1982: Pappskra (line) som delvis eller fuld erstatning for sojaskra i slagtesvinenes foder. Statens Husdyrbrugsforsog, Medd. 402, Kobenhavn, 4 pp
- KELLER, Th., HAUSCHILD, A., JEROCH, H., 1996: Inhaltsstoffe von Körnererbsen (*Pisum Sativum* L.) und deren Einfluss auf den Futterwert für das Geflügel, Übers. Tierernährung 24, S. 167-198
- KIRCHGESSNER, M. 2000: Tierernährung, 10. Auflage, Verlags Union Agrar, DLG Verlag Frankfurt, S. 287-288
- KLUGE, H., HIRCHE, F., EDER, K., 2002: NSP- und Oligosaccharidgehalte von Lupinen der Spezies *L. angustifolius*, *L. luteus* und *L. albus*, 7. Tagung Schweine- und Geflügelernährung 26.-28. Nov. Lutherstadt Wittenberg, Tagungsband, S. 145-147
- KRACHT, W., H. SCHRÖDER, D. BENNEWITZ, J. WÜNSCHE und H.-D. BOCK 1973: zum Einsatz von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) und weißen Süßlupinen (*Lupinus albus* L.) als pflanzliche Eiweißfuttermittel in der Schweinemast. Arch. Tierernähr. 23, S. 801-812
- KRACHT, W., 1996: Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von RES und Rapskuchen in der Fütterung von Mastschweinen und Broilern. Proc. 4 Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Halle (Saale) S. 17-32

- KRACHT, W., W. SCHUMANN, 1997: Ergebnisse zum Einsatz von Rapsextraktionsschrot im Mastfutter, *Rekasan-Journal*, 7/8
- LANTZSCH, H.-J., 1989: Einführung und Stand zur intestinalen Verfügbarkeit des Phosphors beim Schwein, In: Mineralstoffempfehlungen beim Schwein unter besonderer Berücksichtigung der Phosphorverwertung, Industrieverband Agrar e.V., Fachausschuss Futterphosphate
- LEITGEB, R., IBEN, CHR., 1988: Zum Futterwert der Erbse (*Pisum Sativum* L.) und ihre Einsatzmöglichkeiten in der praktischen Tierernährung, *Übers. Tierernährung* 16, S. 1-26
- LIEBERT, F. und G. GEBHARDT, 1980: *Arch. Tierernähr.* 30, S. 363
- LONGSTAFF, M., MCNAB, J.M. 1991: The inhibitory effects of hull polysaccharides and tannins of field beans (*Vicia faba* L.) on the digestion of amino acids, starch and lipid and on digestive enzyme activities in young chicks. *Br. J. Nutr.* 65, S. 199-216
- MAKOWSKI, N. 1999: Bei Leguminosen zählen auch Luftstickstoff und Vorfruchtwert, *Bauernzeitung* 6, 24
- MALM, A. 1981: Sammanfattande rodogörelse för ,slaktsvinsförsök. *Svalövv.* 80:6, Rep., SLR, Stockholm (unpublished), 6 pp.
- MCINTOSH, M. K., F. X. AHERNE 1982: Taste preferences of piglets fed soybean meal and canola meal supplemented diets. 61st ann. *Feeder's Day Rep.*, Univ. Alberta, Canada , pp. 76-77
- MCKINNON P. J., J. P. BOWLAND 1977: Comparison of low glucosinolate-low erucic acid rapeseed meal (cv. Tower), commercial rapeseed meal and soybean meal as sources of protein für starting, growing and finishing pigs and young rats. *Can. J. Anim. Sci.* 57, S. 663-678
- MOSENTHIN, R., RADEMACHER, M., SAUER, W. C., 1997: *Übers. Tierernährung* 25, S. 41-85
- NARENDRAN, R., G.H. BOWMAN, S. LEESON, W. PFEIFFER 1981: Effect of different levels of Tower rapeseed meal in corn-soybean meal based diets on growing-finishing pig performance. *Can. J. Anim. Sci.* 61, S. 213-216
- PEARSON, G. 1980: New Zealand-grown and -processed rapeseed (cv. Tower) meal as protein supplement for growing pigs. *N. Z. J. exp. Agric.* 8, S. 205-209
- PEREZ, J. M., LEUILLET, M., BOURDON, D. 1979: Le pois dans l'alimentation du porc. *Techn. Porc.* 2, S. 1-16
- PETERSEN, U., E. SCHULZ 1978: Untersuchung über die Eignung von Ackerbohnen (*Vicia faba* L. minor), Süßlupinen (*Lupinus luteus* L.) und Rapsextraktionsschrot (*Brassica napus* L. var *napus*) als Eiweißfuttermittel in der Schweinemast. 2. Mitteilung: Ergebnisse der Fütterungsversuche mit wachsenden Schweinen. *Landwirtsch. Forsch.* 31, S. 269-280
- PRIEPKE, A., 2001: Untersuchungen zur Wirksamkeit blauer Lupinen als Eiweißkomponente in der Rinder-, Schaf- und Schweinefütterung. Teilabschlussbericht, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion Dummerstorf
- PRIEPKE, A., DRESCHER, H., HACKL, W., HENNIG, U., 2004: Blaue Süßlupine kann eine interessante Alternative sein. *DGS Magazin*, 6, S. 42-46
- PRÖLL, P., WIEDNER, G., 1993: Eiweiß-Alternativen in der Fütterung, *Österreichischer Agrarverlag*, Wien, S. 164

- RIPPE, E. 1988: Untersuchungen über den Einfluss unterschiedlicher Mengen und Anteile mehrfach ungesättigter Fettsäuren bzw. mittelkettiger Fettsäuren auf Wachstum, Fettansatz, Fettsammensetzung und Fleischbeschaffenheit von Mastschweinen bei unterschiedlicher Mastzeit. Kiel, Univ. Agrarw. Fak. Diss.
- ROTH-MAIER, DORA A., PAULICKS, BRIGITTE R., STEINHÖFEL, O., 2002: Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Lupinen in der Nutztierfütterung, UFOP - Praxisinformation
- ROWAN, T. G. and T. L. J. LAWRENCE 1979: Some studies on the utilization of low-glucosinolate, low erucic acid rapeseed meals by the growing pig. Anim. Prod 28, 435 (Abstr.)
- SCHMIDT, U., 1994: Körnerleguminosen – eine Alternative zum Sojaschrot in der Schweinefütterung? Neue Landwirtschaft, Sonderheft Futter, S. 68-69
- SCHÖNE, F., 1998: Rapssaat und Rapsprodukte im Nahrungsbereich und als Futtermittel. Ber. Ldw., 76 (3), S. 441-457
- SINGAM, A. D. R., T. L. J. LAWRENCE 1979: Acceptability and nitrogen utilization of Tower and rapeseed meal by the growing pig. J. Sci. Fd. Agric. 30, S. 21-26
- SOMMER, W., 1996: Öl und Fett im Schweinemastfutter, SUS 3, S. 28-31
- SPANN, B. u. WEIß, J., 2002: : Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Lupinen in der Nutztierfütterung, UFOP - Praxisinformation
- THOMKE, S., K. ELWINGER, M. RUNDGREN and B. AHLSTRÖM 1983: Rapeseed meal of Swedish low-glucosinolate type fed to broiler chickens, laying hens and growing-finishing pigs. Acta agric. Scand. 33, S. 75-96
- UNIP, 1995: Recueil de donnees statistiques: pois, feveroles, lupins, Paris
- WEISS, J. 1991: Extraktionsschrot aus 00-Raps mästet gut, Veredlungsproduktion, Information der Futtermittelabteilung des Verbandes Deutscher Ölmühlen1, 9
- WHITTEMORE, C.T., A.G. TAYLOR 1973: Digestibility and nitrogen retention in pigs fed diets containing dried and undried field beans treated with propionic acid. J. Sci. Fd Agric. 24, S. 1133-1136
- WPSA 1992: European Amino Acid Table. (Working Group No. 2 (Nutrition) of the Europ. Federation of Branches of the World's Poultry Association (WPSA) Ed.) 1st Edition, Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services, Beekbergen, The Netherlands

Einsatz von pansenstabilen Aminosäuren und Proteinen in der Fütterung von Hochleistungskühen

Dr. Hans-Joachim Alert, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierische Erzeugung Köllitsch

1 Einleitung

Fortschritte in der Rinderzucht, -haltung und -fütterung haben in den letzten Jahren zu beachtlichen Leistungssteigerungen der Milchkühe geführt. Mit steigenden Milchleistungen erhöhen sich die Ansprüche an die Syntheseleistungen der Kühe, d. h. an verschiedene Organe und Gewebe, beträchtlich (FLACHOWSKY u. a. 2002). Milchleistungen von über 30 kg/Tier und Tag sind heute keine Seltenheit mehr. Oft ist es dabei nur schwer möglich die Protein- und Energieversorgung dem gewachsenen Bedarf der Hochleistungstiere anzupassen. Vor allem im ersten Laktationsdrittel bleibt das Futteraufnahmevermögen der Kühe häufig hinter dem Energiebedarf zurück. Das daraus resultierende Energie- und Proteindefizit wird von den Tieren teilweise durch Mobilisierung von Körpersubstanz ausgeglichen. Ketotische Stoffwechsellagen (auch Acetonämie oder Acetonurie), Leberschäden und damit verbundene Minderleistungen sowie Reproduktionsstörungen können die Folgen sein. Die Wirtschaftlichkeit und die Forderung nach minimaler Belastung der Umwelt durch die Tiere verlangt eine möglichst genaue Deckung des Energie- und Proteinbedarfs von Hochleistungskühen. Weil der Proteinstoffwechsel beim Wiederkäuer sehr kompliziert ist, ist das Rohprotein bei hohen Leistungen kein geeigneter Maßstab für die Beurteilung der Proteinversorgung der Milchkühe. Deshalb wurde 1997 von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GFE) für Milchkühe ein neues Proteinbewertungssystem eingeführt. Danach hat jedes Futtermittel drei Kennzahlen:

- Nutzbares Rohprotein (nXP)
- unabbaubares Futterprotein (UDP)
- ruminale Stickstoff-Bilanz (RNB)

Mit allen drei Werten muss gerechnet werden. Das nutzbare Rohprotein ist die Rohproteinmenge, die am Dünndarm vorhanden ist. Es besteht aus dem im Pansen gebildeten Mikrobenprotein und dem unabgebauten Futterprotein, das bei den einzelnen Futtermitteln sehr unterschiedlich ist. In den Futterwerttabellen (DLG, 1997) ist es in 5 % Schritten angegeben. Die Anteile liegen zwischen 5 und 65 %.

Das nutzbare Rohprotein reicht für eine optimale Versorgung der Milchkuh nicht aus. Nur wenn bekannt ist, ob neben der notwendigen Energiemenge im Pansen auch genügend Stickstoff für die Bildung von Bakterienprotein vorhanden ist, steht die berechnete Bakterienproteinmenge am Dünndarm zur Verfügung. In der Mehrzahl der Milchkuhrationen ist die Energieversorgung der begrenzende Faktor, bei Leistungen ab 40 kg/Tag wird in zunehmendem Maße aber auch die Pro-

teinversorgung kritisch. Diese Stickstoff-Bilanz wird als ruminale Stickstoff-Bilanz (RNB) bezeichnet. Wie monogastrische Nutztiere haben auch Wiederkäuer letztlich einen Bedarf an essentiellen Aminosäuren im Dünndarm. Zurzeit ist es noch nicht möglich, völlig abgesicherte Fütterungsempfehlungen zu geben, die den Aminosäurebedarf beschreiben (SPIEKERS und RODEHUTSCORD, 1999). Insbesondere Herstellerfirmen für Aminosäuren versuchen über Rechenprogramme auch für Kühe den Bedarf an umsetzbaren Aminosäuren zu kalkulieren (z. B. Amino Cow 1,0 Calculator DEGUSSA AG, 1999). Danach befindet sich bei Hochleistungskühen häufig Methionin im Minimum (MÜLLER, 1996). Erst wenn eine genauere und zuverlässigere Bewertung der Futtermittel erreicht ist und die Vorhersage der Futterraufnahme präzisiert wird, können dynamische Tierversorgungsmodelle entwickelt werden (SÜDEKUM, 2000).

2 Literaturübersicht

Besondere Bedeutung erlangt bei höheren täglichen Milchleistungen der Einsatz pansenstabiler Nährstoffquellen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Höhere Leistungen steigern den Nährstoffbedarf (LOSAND, 1999)

Tägl. Milchleistung	Bedarf an
20 kg	Nettoenergie, Rohprotein, Mineralstoffe
30 kg	Nettoenergie-Laktation, nutzbares (darmverfügbares Protein)
40 kg	Nettoenergie - Laktation, pansenstabiles Protein , darmverfügbares Protein + Stärke, + Zucker, ruminale N-Bilanz
50 kg	+ pansenstabile Stärke, + pansenstabile Aminosäuren + Aminosäurenstruktur des darmverfügbaren Proteins + strukturwirksame Faser + Vitaminversorgung + Spurenelementversorgung
60 kg	+ pansenstabiles Fett

Über die Variation des Futterproteinanteils, der den Pansen unabgebaut verlässt, ist es möglich, die Rohproteinanflutung am Dünndarm bei gleichem Rohproteingehalt der Ration zu beeinflussen (VOGT und HAGEMEISTER, 1997).

Die Stabilität des Rohproteins von Rationen sollte bei Hochleistungskühen nicht unter 30 % liegen. Für die Kuh sind die Aminosäuren aus dem Mikrobenprotein und die Aminosäuren aus dem unab-

gebauten Futterprotein die wichtigsten Aminosäurequellen. Die Aminosäurenversorgung der Hochleistungskuh wird (nach FLACHOWSKY und LEBZIEN, 1999) durch folgende Parameter beeinflusst:

- Energieversorgung
- Aminosäurenprofil des Proteins
- Mikrobenproteinsynthese
- Abbauraten des Rohproteins
- Verdaulichkeit des Rohproteins im Dünndarm
- Zu- und Abfluss aus dem Körperprotein

Da es mit herkömmlichen Futtermitteln nicht möglich ist, das Aminosäuremuster des Dünndarmproteins mit dem des Milchproteins in Übereinstimmung zu bringen (ideales Protein), werden neuerdings verstärkt pansengeschützte Aminosäuren bzw. pansengeschützte Proteinfuttermittel eingesetzt. Durch technische und chemische Behandlung kann der Abbau des Futtereweißes in den Vormägen vermindert werden (DLG, 1984, SPIEKERS, 1988, SPIEKERS und POTTHAST, 2004). Derzeitig am Markt befindliche pansengeschützte Proteinfuttermittel lassen sich danach gruppieren (BORREGAARD und N-SCARPSBORG, 1997):

In Deutschland sind zur Zeit vorrangig folgende geschützte Proteinfuttermittel am Markt:

Produkt ¹⁾	Hersteller	Behandlung
Bioprofin® (Raps, Soja, Vollbohne)	Wulfa-Mast, Dinklage	mit 0,12 % Formaldehyd
Soy-Pass® (Sojaextraktionsschrot)	HaGe-Ölmühle Kiel ²⁾	Zugabe von Ligninsulfon (Holzzucker)
RaPass® (Rapsextraktionsschrot, Rapsexpeller)		
Wisap Raps (Rapsextraktionsschrot)	Hamburger Leistungsfutter	druckhydrothermisch
deukalac UDP (Soja- u. Rapsextraktionsschrot)	deuka, Düsseldorf	druckhydrothermisch (opticon)

¹⁾ auf der Positivliste zugelassene Futtermittel
²⁾ in Lizenz der Fa. BORREGAARD Norwegen

In Tabelle 2 werden die Unterschiede in der Proteinbewertung, insbesondere bei nXP, zwischen ungeschützten und pansengeschützten Eiweißfuttermitteln deutlich.

Tabelle 2: Vergleich der Proteinbewertung von unbehandelten Eiweißfuttermitteln mit der von behandelten (pansengeschützten) Eiweißfuttermitteln (nach Angaben der Raiffeisen HaGe Kiel, ergänzt für Bioprofin®, nach Herstellerangaben Wulfa-Mast)

	TM %	Rohprotein %	Rohfett %	Rohfaser %	MJ NEL Milchvieh	MJ MR Rima	UDP unabbaubares Rohprotein in % des Proteins lt. DLG-Tab.	nXP Nutzbares Rohprotein g	Ruminale Stickstoffbilanz g	Itr. Milch nXP	Itr. Milch NEL
Soja HP	87,0	47,0	1,5	4,0	7,5	12,1	35,0 ¹⁾	284	+30	3,3	2,4
Sojaschrot-normal	87,0	42,0	1,5	6,5	7,4	12,0	35,0 ¹⁾	271	+24	3,2	2,3
Rapsextr.schrot	87,0	34,0	1,8	11,5	6,3	10,4	25,0 ¹⁾	192	+24	2,2	2,0
Rapsexpeller Kiel	87,0	31,0	10,0	12,0	7,6	12,6	30,0 ¹⁾	192	+19	2,2	2,4
SoyPass®	87,0	43,5	1,5	4,5	7,5	12,0	65,0	385	+10	4,5	2,4
RaPass®	87,0	30,0	10,0	11,0	7,6	12,6	70,0	302	+/-0,0	3,5	2,4
Bioprofin®S	87,0	41,5	2,5	7,0	7,4	12,1	70,0	380	+5,6		

¹⁾ nach neuesten Untersuchungen von SÜDEKUM und SPIEKERS (2002) wird für diese Eiweißfuttermittel der Anteil an unabbaubarem Protein (UDP) einheitlich mit 30 % angegeben

Nach FLACHOWSKY und LEBZIEN (1999) sind als wichtige Voraussetzungen für eine leistungssteigernde Wirkung von Aminosäurezulagen folgende Punkte anzusehen:

- Mangel an dieser bzw. diesen Aminosäure/n,
- Deckung des Bedarfes an allen anderen Nährstoffen und an Energie (Verbesserung der Glucoseversorgung),
- effektiver Schutz der Aminosäure/n,
- Absorbierbarkeit der Aminosäure/n im Dünndarm.

Aufgrund widersprüchlicher Versuchsergebnisse schätzen diese beiden Autoren ein, dass der gegenwärtige Erkenntnisstand nicht ausreicht, um mit Sicherheit Fütterungsbedingungen und Leistungshöhe zu beschreiben bei denen der Einsatz pansenstabiler Aminosäuren in der Milchkuhfütterung notwendig und erfolgreich ist. Eine Modellkalkulation zum Versorgungsgrad einer 30-l-Kuh mit Methionin unter verschiedenen Annahmen führte zu einem Überschuss bzw. Mangel an Methionin (Tabelle 3).

Tabelle 3: Modellkalkulation zum Versorgungsgrad einer 30-l-Kuh (215 MJ ME) mit Methionin unter verschiedenen Annahmen (nach FLACHOWSKY und LEBZIEN, 1999)

<ul style="list-style-type: none"> • Nettobedarf Erhaltung (g/Tag) Milch (g/l) Milch (g/30 l) 	<p>6 - 8 0,8 - 0,09 24 - 27</p>	
	30 - 35	
<ul style="list-style-type: none"> • Bruttobedarf (g/d): Verwertung (75 - 85 %) Absorption (80 - 90 %) 	39 - 58	(x = 48,5)
<ul style="list-style-type: none"> • Aufnahme (g/d): Unabgebaut (g/d; Abbau 65 - 80 %) Mikrobiell (g/d; Mikro. Prot. = 9,5 - 10,5 x ME, Methionin im Protein = 1,7 - 1,9 %) 	60 12 - 21 35 - 43	
<ul style="list-style-type: none"> • Fluss am Darm (g/d): 	47 - 64	(x = 55,5)
<ul style="list-style-type: none"> • Versorgungsgrad (%) 	81 - 164	(x = 114 %)
<ul style="list-style-type: none"> • entspricht einem Überschuss von: bzw. einem Mangel von: 	25 g/d 11 g/d	(64 - 39 g/d) (47 - 58 g/d)

Bei allen Behandlungen der Eiweißfuttermittel um das Protein zu schützen besteht die Gefahr, dass auch die Verdaulichkeit im Darm beeinträchtigt wird (KAUFMANN und LÜPPING, 1978, KAUFMANN und LÜPPING, 1982). In neueren Arbeiten wird das Abbauverhalten der Futtermittel-

rohproteine mit Hilfe der in situ Fermentation geschätzt (SÜDEKUM, 1997, SHANNAK, 2000). Mit Hilfe laboranalytischer Untersuchungen kann die Additivität von Rohproteinfraktionen für die UDP-Schätzung nach SHANNAK u. a. (2000) genutzt werden (RICHARD und STEINHÖFEL, 2002). Bei einigen Herstellungsverfahren von pansengeschütztem Eiweiß besteht die Gefahr, dass der rechnerische nXP-Gehalt die notwendigen Verdaulichkeiten nicht erreicht, da das Produkt einen zu starken Schutz erfahren hat. Für diese Problematik kann die Rohproteinfraktionierung, wie sie im Labor des LKV in Sachsen vorgenommen wird, wertvolle Informationen liefern.

Pansengeschütztes Methionin kommt vor allem als Mepron®M85 (DEGUSSA) und Smartamine™M (RHÔNE-POULENCE Animal Nutrition, Frankreich) auf den Markt.

Einer Zusammenstellung von JOCHMANN u. a. (1996) ist zu entnehmen, dass Milchkühe, die täglich zusätzlich durchschnittlich 20 g geschütztes L-Lysin und 7 bis 12 g geschütztes DL-Methionin enthalten, mit einer erhöhten Produktion von 0,7 kg Milch, 40 bis 80 g Protein und 25 bis 50 g Fett reagierten. Der Eiweißgehalt stieg damit um 0,15 bis 0,18 %. Insgesamt sind die aus der Literatur bekannten Ergebnisse jedoch widersprüchlich (FLACHOWSKY und LEBZIEN, 1999, MAHLKOW-NERGE, 2003). Weltweit werden gegenwärtig 24 pansenstabile methioninhaltige Produkte angeboten, dazu kommen noch einige Methionin-Fett-Gemische. Außerdem sind sieben lysinhaltige und mehrere Methionin-Lysin-Gemische im Handel. In Deutschland dürfen nur die futtermittelrechtlich zugelassenen Aminosäuren und deren Salze als Futterzusatzstoffe Verwendung finden. SPIEKERS und RODEHUTSCORD (1999) weisen darauf hin, dass bei Methionin eine zusätzliche Wirkung auf die mikrobielle Synthese im Vormagen und ein entlastender Effekt im Fettstoffwechsel diskutiert werden. In Untersuchungen von ENGELHARD und HELM (1998) wird die positive Wirkung von Mepron® auf den Fettstoffwechsel deutlich.

Tabelle 4: Mit geschütztem Methionin gegen Ketose vorbeugen (nach ENGELHARD 1998, in MAHLKOW-NERGE 2003)

Merkmal	Versuchsgruppe (20 g Mepron®/Tier und Tag)	Kontrollgruppe (ohne Mepron®)
Durchschnittliche Milchleistung bis zum 100. Laktationstag	35,1	35,7
Milcheiweißgehalt (%)	3,32	3,22
Anteil Tiere (%) mit erhöhtem β -Hydroxybuttersäuregehalt im Blut		
1. Woche nach Kalbung	15	35
2. Woche nach Kalbung	22	41
3. Woche nach Kalbung	0	11
Anteil Tiere (%) mit Ketosen	0	15
Anteil Tiere (%) mit Puerperalstörungen	29	55

3 Aufgabenstellung

In vier Fütterungsversuchen mit Milchkühen im ersten Laktationsdrittel sollte im LVG Köllitsch die Wirksamkeit folgender Produkte geprüft werden:

1. Pansenstabiles Methionin (Smartamine™M)
2. Pansenstabiles Sojaextraktionsschrot (Bioprofin®)
3. Pansenstabiles Sojaextraktionsschrot (SoyPass®)
4. Pansenstabiler Rapsexpeller (RaPass®)

Dabei sollten die Auswirkungen auf Milchmenge, Milchinhaltstoffe und Stoffwechsellparameter untersucht werden.

4 Material und Methoden

60 frischmelkende Kühe im Laufstall des LVG Köllitsch erhielten während der ersten 120 Laktationstage die in Tabelle 5 dargestellte Futtermischung angeboten. Da die Kühe in zwei Gruppen zu je 30 Kühen gehalten wurden war es möglich, den Kühen der einen Gruppe zusätzlich 120 Tage lang täglich je 100 g Pro Taux¹ (= 12 g pansenstabiles Methionin "Smartamine™M") zu verabreichen (zweimal täglich 50 g Pro-Taux je Kuh, nach Vorlage der TMR, per Hand gleichmäßig auf das Futter verteilt). Die Milchleistungskontrolle erfolgte monatlich durch den LKV Sachsen.

Gehalt an Inhaltsstoffen:

Rohprotein	34,0 %
Rohfaser	5,0 %
Methionin	10,0 %
Rohfett	3,0 %
Rohasche	7,0 %

Zusammensetzung: Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse aus der Verarbeitung von Ölsaaten, Getreide, DL-Methionin geschützt, Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse der Zuckergewinnung, Mineralstoffe.

Pro-Taux enthält 12 % Smartamine™M.

¹ Ergänzungsfuttermittel für Milchkühe mit geschütztem Methionin

4.1 Einsatz des pansengeschützten Methionins Smartamine™^M

Die Parameter der eingesetzten Ration sind in Tabelle 5 enthalten.

Tabelle 5: Totale Mischration (TMR) und Transponderabrufkraftfutter mit bzw. ohne Smartamine™^M während der ersten 120 Laktationstage (650 kg LM, 32 kg Milch, 4,3 Fett, 3,5 % Eiweiß)

TMR-Zusammensetzung	TMR-Kennzahlen ¹⁾		
		Gehalt	Richtwert
kg Trockenmasse je Kuh u. Tag			
7,3 kg Maissilage (20 kg OS mit 36,4 % T)	NEL	141	145
2,2 kg Grassilage (6 kg OS mit 36,2 % T)	nXP	3 252	3 260
2,0 kg Luzernesilage (4 kg OS mit 50,9 % T)	RNB	64	
1,2 kg Heu	kg st.XF	2,347	
0,5 kg Weizenkleie	kg st.XF je 100 kg LM	0,36	0,4 - 0,5
3,5 kg Gerste			
1,3 kg Sojaschrot			
1,3 kg Rapsschrot	Methionin	0,26 %	
1,2 kg Leikra 18/4		= 55 g	51 g ²⁾
0,2 kg Mineralfutter			
+ 0,5 kg Pellets (Leikra 18/4) über Transponderabrufstation			
21,0 kg gesamt			

¹⁾ NEL = Netto Energie Laktation
RNB = ruminale Stickstoffbilanz
nXP = nutzbares Rohprotein
st.XF = strukturierte Rohfaser

²⁾ Bruttobedarf (metabolisierbares Methionin) für 35 kg Milch/Tag mit 3,3 % Eiweiß (FICKLER u. HEIMBECK, 1994)

4.2 Einsatz des pansengeschützten Sojaextraktionsschrotes Bioprofin[®], des pansengeschützten Sojaextraktionsschrotes SoyPass[®] bzw. des pansengeschützten Rapsxpellers RaPass[®]

Im LVG Köllitsch erhielten in drei Durchgängen jeweils zwei Kuhgruppen zu je 30 Kühen die in Tabelle 7 dargestellte Ration. In allen drei Gruppen wurde zur maisbetonten TMR-Grundration pelletiertes Mischfutter leistungsabhängig, tierindividuell, angeboten (Transponderabrufstation). Es handelte sich dabei um rohproteinäquivalente Sondermischungen des Leipziger Kraftfuttermischwerkes (Leikra) mit unbehandeltem Sojaextraktionsschrot, mit geschütztem Sojaextraktionsschrot (Bioprofin[®] bzw. SoyPass[®]) oder geschütztem Rapskuchen (RaPass[®]). Die Einzelfuttermittel wurden im Abstand von vier Wochen auf ihren Nährstoffgehalt analysiert.

Zur laborseitigen Überprüfung, ob durch die technisch-chemische Behandlung von Sojaextraktionsschrot und Rapsxpeller der ruminale Abbau ihrer Proteine gesenkt werden kann, wurden einzelne Proteinfractionen bestimmt (RICHARDT, 2003). Danach erfolgte die Berechnung des UDP nach SHANNEK u. a. (2000). Wie in Tabelle 6 ausgewiesen, liegen die UDP-Werte für Bioprofin[®], SoyPass[®] und RaPass[®] um ein Vielfaches höher als in den entsprechenden unbehandelten Chargen. Es wurde jeweils nur eine Charge des entsprechenden Produktes eingesetzt.

Tabelle 6: Fraktionierte Futterproteinanalyse zur Berechnung der UDP-Anteile¹⁾ in % des Rohproteins (RICHARDT, LKV Sachsen, 2003)

	Sojaextraktionsschrot	SoyPass®	Rapsexpeller	RaPass®
Pepsinunlös. Rohprotein	6,0	6,4	12,7	15,4
Proteinlöslichkeit	14,4	5,2	59,4	13,4
A (NPN)	2,5	2,4	4,0	4,5
B1 (pufferlösliches Reinprotein)	12,0	2,8	55,4	8,9
B2 (pufferunlösliches Reinprotein)	80,7	44,3	33,7	50,8
B3 (zellwandgeb. lösl. Reinprotein)	2,0	46,3	1,1	30,3
C (zellwandgeb. unlösl. Reinprotein)	2,9	4,2	5,8	5,5
UDP 2	8,0	35,0	0,0	38,0
UDP 5	26,0	59,0	2,0	57,0
UDP 8	36,0	69,0	11,0	66,0

¹⁾ nach SHANNAK et al. 2000

Tabelle 7: TMR und Transponderabrufkraftfutter mit Bioprofin®, SoyPass® und RaPass® während der ersten 120 Laktationstage im LVG Köllitsch (650 kg LM, 33 kg Milch, 4,2 % Fett, 3,4 % Eiweiß)

TMR-Zusammensetzung		TMR-Kennzahlen ¹⁾		
kg Trockenmasse je Kuh u. Tag			Gehalt	Richtwert
7,1 kg	Maissilage (20 kg OS mit 36,4 % T)	NEL	146	146
4,2 kg	Grassilage (6 kg OS mit 36,2 % T)	nXP	3 347 ³⁾	3 278
1,6 kg	Pressschnittsilage	RNB	-14	
3,7 kg	Gerste	kg st.XF	2,7	
0,4 kg	Weizenkleie	kg st.XF je 100 kg LM	0,41	0,4 - 0,5
3,3 ²⁾ kg	Leikra 18/4			
0,6 kg	Sojaschrot			
0,6 kg	Rapsextraktionsschrot			
0,13 kg	Mineralfutter			
21,6 kg	gesamt			

¹⁾ NEL = Netto Energie Laktation
RNB = ruminale Stickstoffbilanz
nXP = nutzbares Rohprotein
st.XF = strukturierte Rohfaser

²⁾ leistungsabhängig über Transponderabruf mit 35 % Bioprofin® (41,5 % RP), 30 % SoyPass® (46,0 % RP) oder 45 % RaPass® (31,3 % RP) bzw. 30 % Sojaextraktionsschrot (45,6 % RP)

³⁾ balanziert mit nXP-Gehalten von unbehandeltem Sojaextraktionsschrot

5 Ergebnisse

5.1 Milchleistungskenndaten bei Einsatz von SmartaminTMM, Bioprofin®, SoyPass® und RaPass®

In die versuchsmäßige Auswertung gelangten entsprechend der Empfehlung zur Durchführung von Fütterungsversuchen (WIESEMÜLLER, 1983) nur Kühe der zweiten Laktation mit entsprechender Leistung zu Versuchsbeginn. Die durchschnittlichen Milchleistungskenndaten während der ersten 120 Laktationstage sind in den Tabellen 8 (SmartaminTMM), 9 (Bioprofin), 10 (SoyPass®) und 11 (RaPass®) dargestellt.

Tabelle 8: Durchschnittliche Milchleistungskennndaten während der ersten 120 Laktationstage bei Einsatz von 12 g SmartamineTMM je Kuh und Tag

	Variante	
	ohne Smartamine TM M	mit Smartamine TM M
Kuhzahl	17	13
Lebendmasse zu Versuchsbeginn	615 ± 57,98	621 ± 58,93
Lebendmasse zu Versuchsende	604 ± 61,05	608 ± 62,17
Menge kg/Tag	31,25 ± 1,08	33,05 ± 1,82
% Fett	4,30 ± 0,25	4,09 ± 0,24
% Eiweiß	3,48 ± 0,17	3,55 ± 0,17
Fett kg in 120 Tagen	161,25 ± 7,11	162,21 ± 4,79
Eiweiß kg in 120 Tagen	130,50 ± 5,26	140,79⁺ ± 4,10
Harnstoff mg/l	266 ± 31,00	259 ± 27
Lactose %	4,76 ± 0,05	4,76 ± 0,02
Zellzahl 1 000/ml	164 ± 63	120 ± 22
Aceton mmol/l	0,00	0,00

⁺ signifikant gegenüber Variante ohne SmartamineTMM (p ≤ 0,05)

Tabelle 9: Durchschnittliche Milchleistungskennndaten während der ersten 120 Laktationstage bei Einsatz von 1,0 kg Bioprofin je Kuh und Tag

	Variante	
	ohne Bioprofin	mit Bioprofin
Kuhzahl	11	12
Lebendmasse zu Versuchsbeginn	633 ± 60,60	641 ± 69,61
Lebendmasse zu Versuchsende	624 ± 60,73	632 ± 59,37
Menge kg/Tag	35,20 ± 2,01	36,13 ± 2,16
% Fett	3,86 ± 0,10	3,77 ± 0,12
% Eiweiß	3,41 ± 0,20	3,46 ± 0,18
Fett kg in 120 Tagen	163,05 ± 10,78	163,45 ± 14,00
Eiweiß kg in 120 Tagen	144,04 ± 5,00	150,01⁺ ± 2,68
Harnstoff mg/l	233 ± 18	245 ± 29
Lactose %	4,92 ± 0,08	4,82 ± 0,03
Zellzahl 1 000/ml	97 ± 87	231 ± 137
Aceton mmol/l	0,00	0,00

⁺ signifikant gegenüber der Variante ohne Bioprofin® (p ≤ 0,05)

Tabelle 10: Durchschnittliche Milchleistungskennndaten während der ersten 120 Laktationstage bei Einsatz von 1,0 kg SoyPass® je Kuh und Tag

	Variante	
	Sojaextraktionsschrot	SoyPass®
Kuhzahl	16	12
Lebendmasse zu Versuchsbeginn	622 ± 53,29	631 ± 68,94
Lebendmasse zu Versuchsende	627 ± 62,30	634 ± 54,12
Milchmenge kg/Kuh und Tag	33,60 ± 3,1	34,30 ± 1,7
% Milchfett	4,04 ± 0,21	4,00 ± 0,23
% Milcheiweiß	3,35 ± 0,15	3,46 ± 0,14
Fett kg in 120 Tagen	162,89 ± 6,7	164,64 ± 7,59
Eiweiß kg in 120 Tagen	135,07 ± 5,12	142,41[†] ± 4,53
Harnstoff mg/l	235 ± 59	240 ± 6,1
Lactose %	4,85 ± 0,05	4,85 ± 0,05
Zellzahl 1 000/ml	231 ± 55	233 ± 37
Aceton mmol/l	0,00	0,00

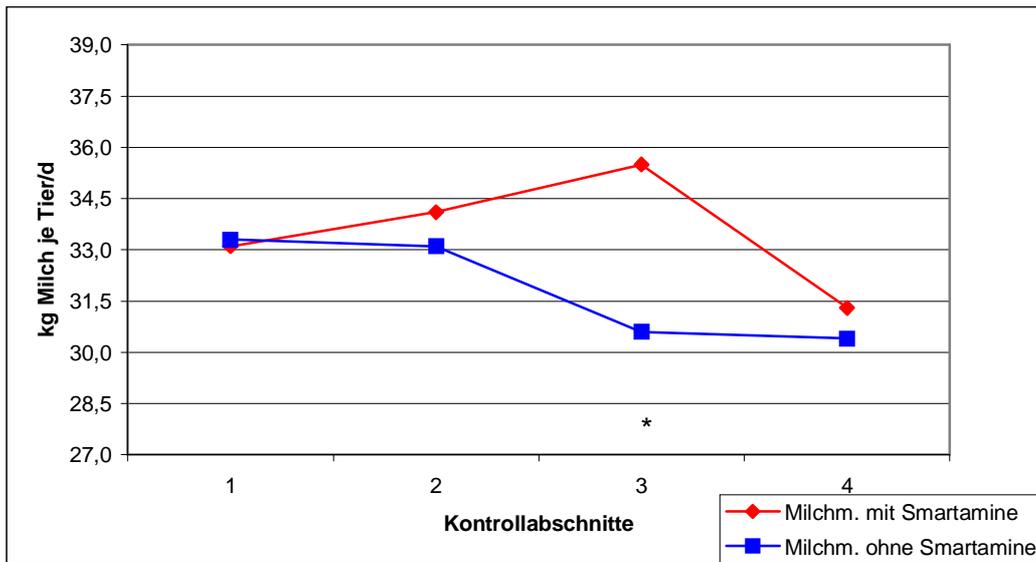
[†] signifikant gegenüber der Variante Sojaextraktionsschrot ($p \leq 0,05$)

Tabelle 11: Durchschnittliche Milchleistungskennndaten während der ersten 120 Laktationstage bei Einsatz von 1,5 kg RaPass® je Kuh und Tag

	Variante	
	Sojaextraktionsschrot	RaPass®
Kuhzahl	11	12
Lebendmasse zu Versuchsbeginn	628 ± 50,93	639 ± 52,28
Lebendmasse zu Versuchsende	633 ± 58,41	641 ± 60,19
Milchmenge kg/Kuh und Tag	32,50 ± 2,05	33,60 ± 2,64
% Milchfett	4,30 ± 0,23	4,00 ± 0,15
% Milcheiweiß	3,48 ± 0,12	3,43 ± 0,08
Fett kg in 120 Tagen	167,70 ± 11,61	161,30 ± 12,63
Eiweiß kg in 120 Tagen	135,70 ± 4,98	138,30 ± 8,11
Harnstoff mg/l	261 ± 51,87	202 ± 46,88
Lactose %	4,84 ± 0,03	4,84 ± 0,03
Zellzahl 1 000/ml	253 ± 137,48	252 ± 80,86
Aceton mmol/l	0,00	0,00

In den Abbildungen 1, 2 und 3 werden der Verlauf der Milchmengenleistung und die Entwicklung des Milcheiweiß- und Fettgehaltes mit bzw. ohne SmartamineTM veranschaulicht. Die Abbildungen 4, 5 und 6 enthalten diese Parameter bei Einsatz von Bioprofin®, die Abbildungen 7, 8 und 9 bei Einsatz von SoyPass®, und die Abbildungen 10, 11 und 12 bei Einsatz von RaPass®.

Verlauf der Milchleistungskennndaten bei Einsatz von 12 g Smartamine™M je Kuh und Tag



*p ≤ 0,05

Abbildung 1: Veränderung der Milchmengenleistung während der ersten 120 Laktationstage

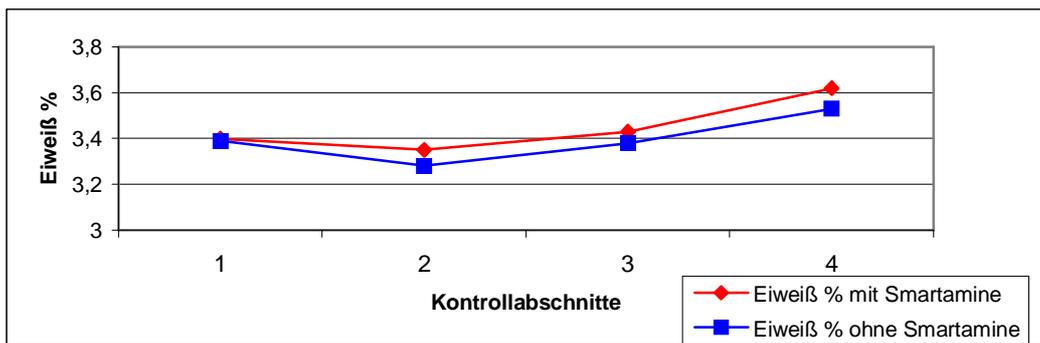
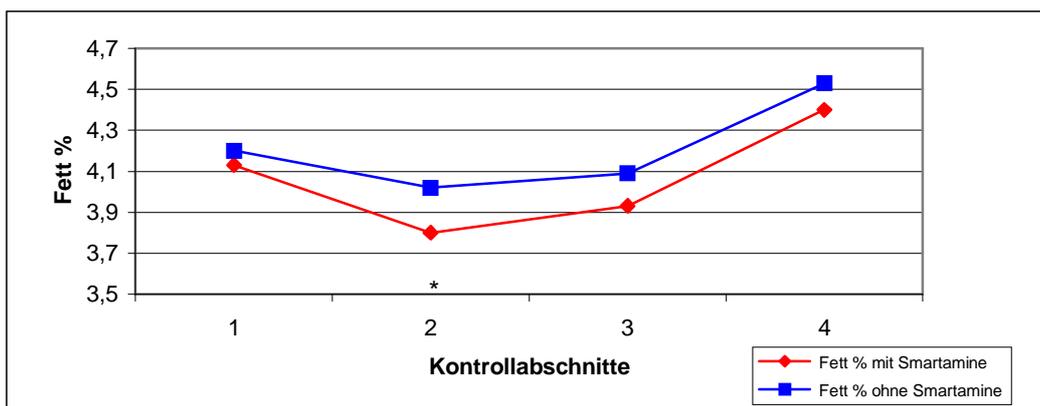


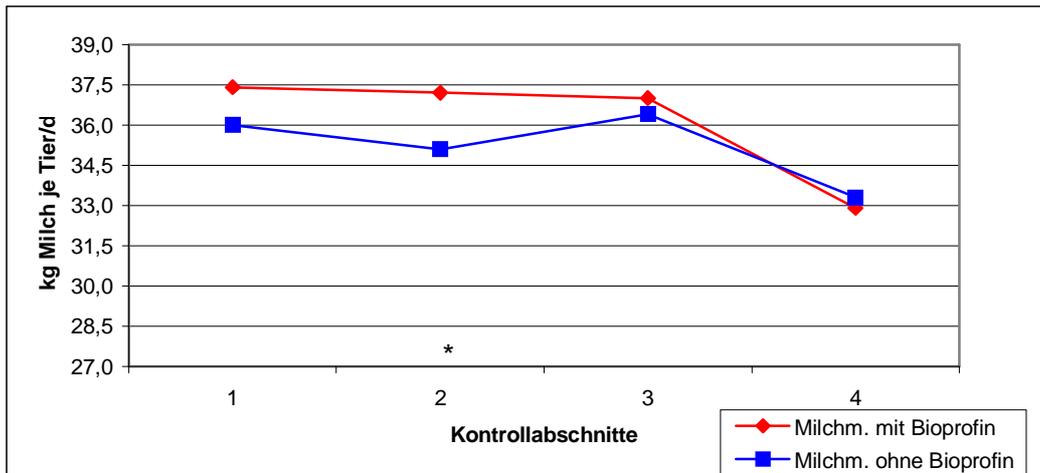
Abbildung 2: Veränderung des Milcheiweißgehaltes während der ersten 120 Laktationstage



*p ≤ 0,05

Abbildung 3: Veränderung des Milchfettgehaltes während der ersten 120 Laktationstage

Verlauf der Milchleistungskennndaten bei Einsatz von 1,0 kg Bioprofin® je Kuh und Tag



*p ≤ 0,05

Abbildung 4: Veränderung der Milchmengenleistung während der ersten 120 Laktationstage

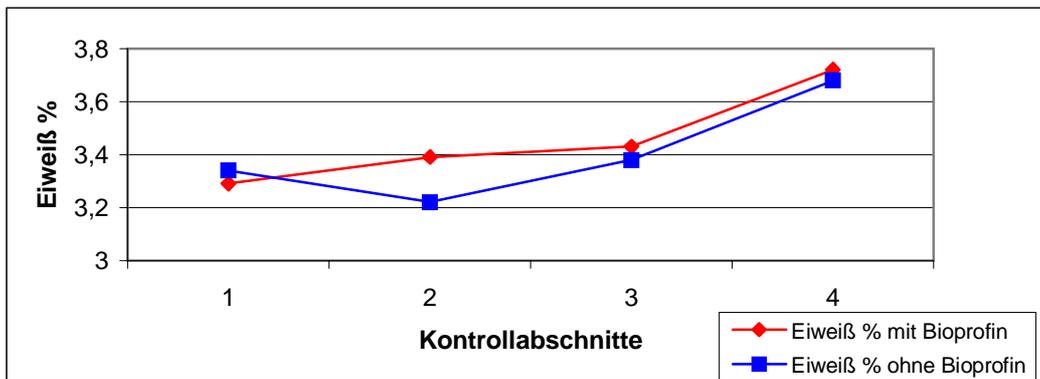


Abbildung 5: Veränderung des Milcheiweißgehaltes während der ersten 120 Laktationstage

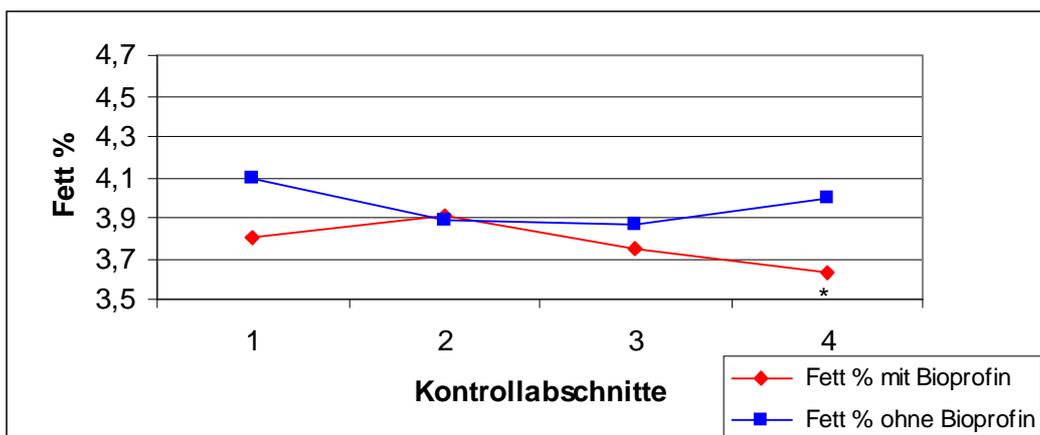


Abbildung 6: Veränderung des Milchfettgehaltes während der ersten 120 Laktationstage

Verlauf der Milchleistungskennndaten bei Einsatz von 1,0 kg SoyPass® je Kuh und Tag

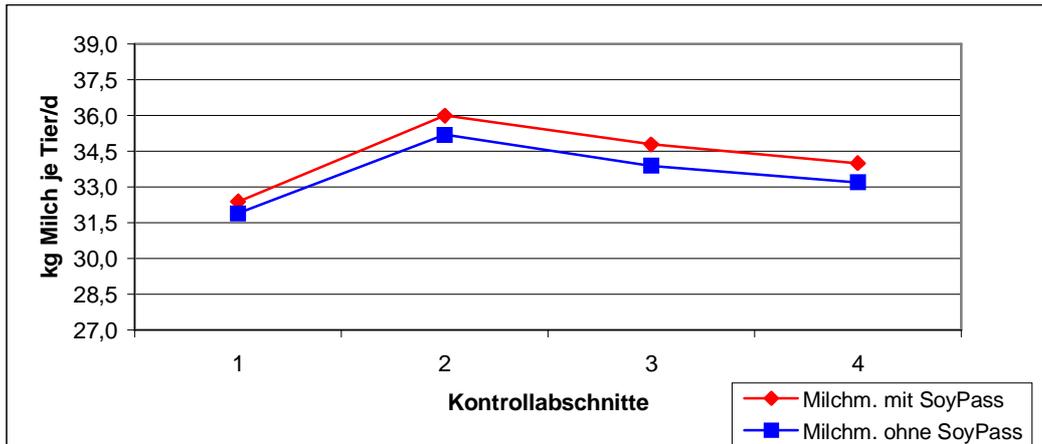
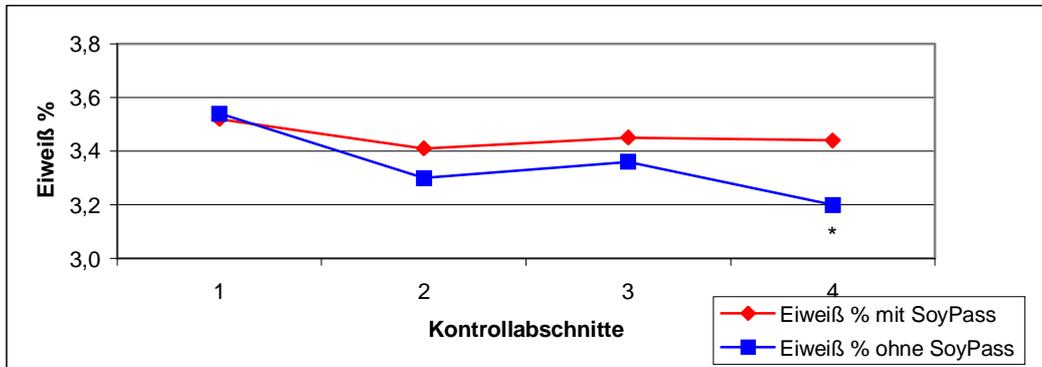


Abbildung 7: Veränderung der Milchmengenleistung während der ersten 120 Laktationstage



*p ≤ 0,05

Abbildung 8: Veränderung des Milcheiweißgehaltes während der ersten 120 Laktationstage

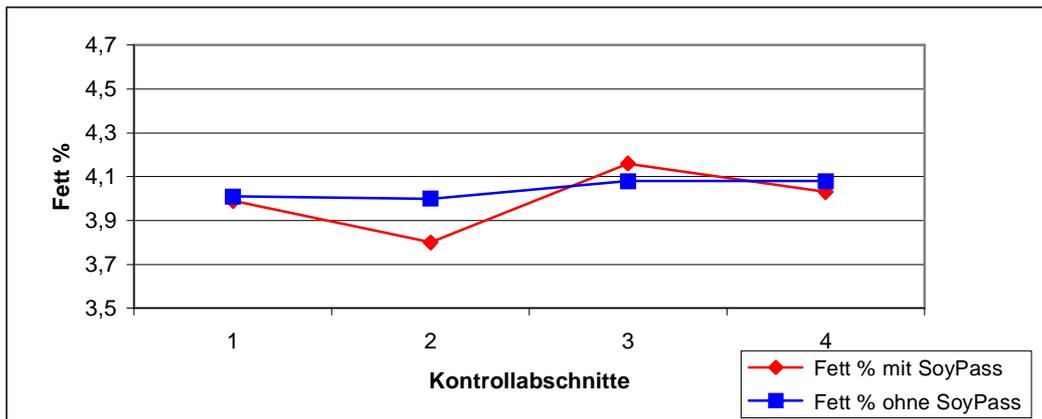
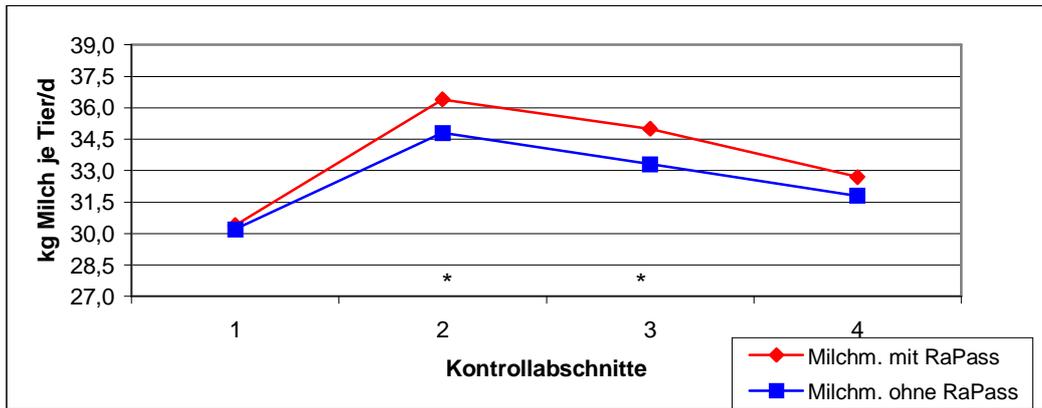


Abbildung 9: Veränderung des Milchfettgehaltes während der ersten 120 Laktationstage

Verlauf der Milchleistungskennndaten bei Einsatz von 1,5 kg RaPass®



*p ≤ 0,05

Abbildung 10: Veränderung der Milchmengenleistung während der ersten 120 Laktationstage

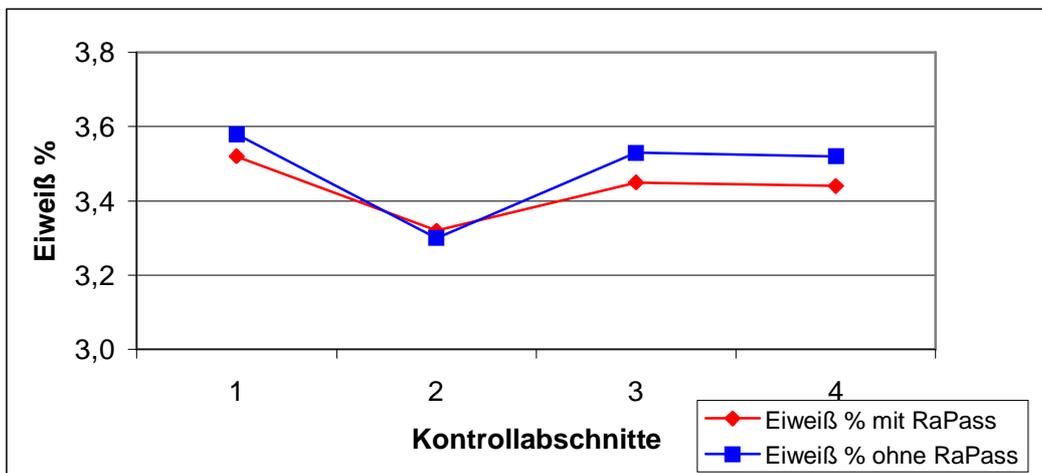
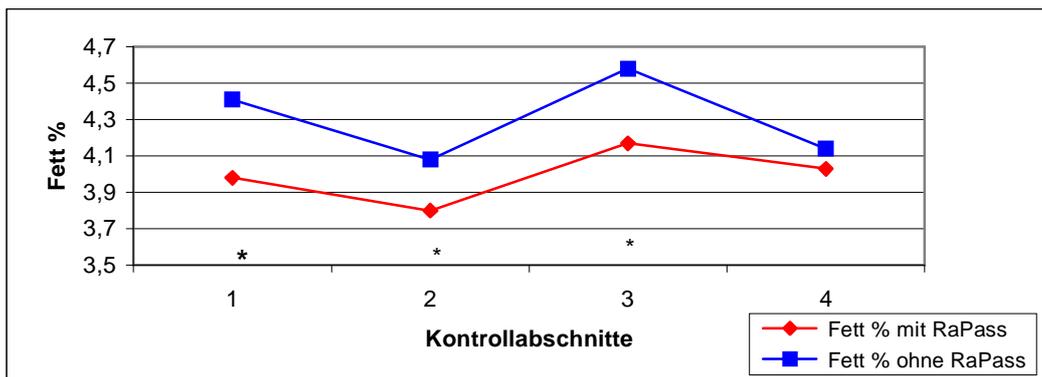


Abbildung 11: Veränderung des Milcheiweißgehaltes während der ersten 120 Laktationstage



*p ≤ 0,05

Abbildung 12: Veränderung des Milchfettgehaltes während der ersten 120 Laktationstage

5.2 Blutparameter

Zur Beurteilung der Stoffwechsellage der Kühe wurden die in Tabelle 12 und 13 aufgeführten Blutparameter bestimmt. Es handelt sich um klinisch-chemische Parameter, die insbesondere den Leberstoffwechsel charakterisieren. Lediglich beim Einsatz von 12 g SmartaminTMM je Kuh und Tag zeigt sich nach 120 Versuchstagen eine signifikante Erhöhung in den GLDH-Werten, womit der Referenzbereich überschritten wird. Alle anderen Werte liegen jeweils in den Referenzbereichen.

Die Betahydroxybuttersäuregehalte können Hinweise zur ketotischen Belastung der Tiere geben. Die im Referenzbereich liegenden Harnstoffgehalte, sowie die Gesamteiweißgehalte bestätigen den Eindruck, dass es sich um durchweg gesunde Kühe handelte.

Tabelle 12: Blutparameter nach 120-tägigem Einsatz des pansengeschützten Methionins SmartamineTMM (FÜRL, 2002)

Blutparameter		ohne Smartamine TM M (n = 7)	mit Smartamine TM M (n = 7)	Referenzbereich Rind
Beta-Hydroxybuttersäure	mmol/l	0,56 ± 0,2	0,59 ± 0,3	<0,5
ASAT	U/l	67,30 ± 8,8	84,10 ± 12,8	<80
GGT	U/l	23,00 ± 5,3	27,20 ± 5,0	<50
GLDH	U/l	11,10 ± 5,1	55,60 ⁺ ± 62,8	<30
Harnstoff	mmol/l	6,92 ± 1,0	6,80 ± 1,0	<7,5
Gesamteiweiß	g/l	82,00 ± 7,6	77,40 ± 6,0	60 - 80

+ signifikant gegenüber der Variante ohne SmartamineTMM ($p \leq 0,05$)

Tabelle 13: Blutparameter nach 120-tägigem Einsatz von SoyPass® und RaPass® im Vergleich zur Sojaextraktionsschrotfütterung (FÜRL, 2003)

Blutparameter		Sojaextraktionsschrot (n = 10)	SoyPass® (n = 10)	Sojaextraktionsschrot (n = 10)	RaPass® (n = 10)	Referenzbereich Rind
Beta-Hydroxybuttersäure	mmol/l	0,56 ± 0,29	0,42 ± 0,12	0,49 ± 0,40	0,46 ± 0,24	<0,5
ASAT	U/l	75,00 ± 8,5	79,50 ± 26,5	87,20 ± 28,7	72,10 ± 6,9	<80
GGT	U/l	34,70 ± 11,9	27,10 ± 4,7	27,00 ± 12,5	25,10 ± 7,3	<50
GLDH	U/l	19,50 ± 12,5	17,60 ± 9,7	23,70 ± 13,5	23,40 ± 14,1	<30
Harnstoff	mmol/l	5,68 ± 0,95	5,66 ± 0,71	5,13 ± 1,32	5,18 ± 1,09	<7,5
Gesamteiweiß	g/l	80,80 ± 4,6	76,10 ± 2,9	76,70 ± 3,4	75,30 ± 5,2	60 - 80

6 Diskussion

Obwohl für die gebräuchlichsten Einzelfuttermittel die Höhe des Rohproteinabbaus in den Vormägen tabelliert ist (DLG-Futterwerttabellen, 1997) liegen für Mischfutter keine derartigen Werte vor. Die Datenbasis ist insgesamt noch lückenhaft, da die Ermittlung in vivo mit großem experimentellen Aufwand verbunden ist. Deshalb besteht die Forderung nach Entwicklung von Laborschnellmethoden zur Überprüfung der nXP- und UDP-Werte (SÜDEKUM, 2002). Einige der in der vorliegenden Arbeit eingesetzten pansengeschützten Proteinträger wurden deshalb im Labor des LKV Sachsen einer fraktionierten Rohproteinanalyse unterzogen (Tabelle 6). Es zeigte sich, dass die mit Ligninsulfon (Holzzucker) behandelten Produkte offenbar einen hohen Proteinschutz aufwiesen, wie es von SPIEKERS und POTTHAST (2004) beschrieben wird. Der UDP Anteil erhöhte sich bei diesen Futtermitteln gegenüber der unbehandelten Variante mehrfach (Tabelle 3). Die auffallend niedrigen UDP-Anteile im Rohprotein des Rapsexpellers, im Vergleich zum Rapsextraktionsschrot, lassen sich durch den unterschiedlichen Herstellungsprozess beider Produkte erklären. Extraktionsschrote werden abschließend getrocknet und abgekühlt, wodurch bereits eine gewisse „Pansenstabilität“ erzeugt wird (KRASTANOVA u. a. 1995). Rapsexpeller bzw. Rapskuchen (nach der FMV gilt für beide Erzeugnisse die Bezeichnung „Kuchen“) entstehen, wenn die Ölgewinnung ausschließlich nach dem Pressverfahren geschieht.

Beim pansengeschützten Methionin spielt die Bioverfügbarkeit eine entscheidende Rolle. In einem Versuch mit drei verschiedenen Produkten (SÜDEKUM u. a. 2001) ergaben sich diesbezüglich sehr große Differenzen (Tabelle 14).

Tabelle 14: Plasma-Methioningehalte ($\mu\text{mol/l}$) während der Kontrollphase (Tag 7) und nach 5-tägiger Verfütterung von 50 g DL-Methionin (SÜDEKUM u. a. 2001)

	Ration ¹⁾		
	Smartamine TM M	Mepron®M85	METHIO-BY
Kontrollphase	23,0	24,5	21,9
nach Verfütterung von DL-Methionin	46,36 ^a	38,8 ^b	39,8 ^b

¹⁾ Die Bezeichnung der Rationen entspricht den Methioninprodukten

²⁾ Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich ($p < 0,05$)

Alle drei Methioninprodukte bewirkten nach 5-tägiger Verabreichung eine Erhöhung des Plasma-Methioningehaltes. Das Ausmaß der Steigerung war jedoch sehr unterschiedlich. Während SmartamineTMM zu einer 20fachen Erhöhung gegenüber der Kontrollperiode führte, brachte die Verfütterung der beiden anderen Produkte nur etwa eine Verdoppelung der Werte der Kontrollphase. Anhand des Blutplasma-Methioninspiegels wies SmartamineTMM somit die höchste Bioverfügbarkeit auf. Hieraus könnten sich die im vorliegenden Fütterungsversuch gemessenen positiven Wirkungen des SmartaminesTMM auf Milchmenge und Milcheiweißgehalt erklären (Tabellen 8 - 11, Abbildungen 1 und 2). Einen ähnlichen Kurvenverlauf für die Milchmenge nach Methioninzulage fanden KERSTING (1984), HAGENA (1985), BRÜCKER (1987), SPIEKERS (1988), MÜLLER (1998) und DUNKEL u. a. (2000). Die Überlegenheit in der Methioningruppe in der Milchmenge wurde besonders in der 4. und 8. Woche nach Versuchsbeginn deutlich, blieb aber auch danach erhalten. Im

Gegensatz zu den Autoren KERSTING (1984) und HAGENA (1985), die durch Einsatz von geschütztem Methionin auch eine Steigerung der Milchfettprozentage beobachteten, wurde in den eigenen Untersuchungen nach Einsatz von pansengeschütztem Methionin, ebenso wie bei SPIEKERS (1988), MÜLLER (1998) und ENGELHARD (2002), ein Abfall des Milchfettgehaltes registriert (Abbildung 3).

Inwieweit die erhöhte Bioverfügbarkeit des SmartaminsTM ursächlich auch für die erhöhten GLDH-Werte verantwortlich ist (Tabelle 12) bedarf weiterer physiologischer Untersuchungen. Erhöhte GLDH-Werte weisen auf intensiveren Leberstoffwechsel hin (FÜRL, 2002).

Da im LVG Köllitsch bei allen im Versuch eingesetzten Milchkühen keine Aceton-Gehalte in der Milch nachgewiesen wurden, kann aus den vorliegenden Untersuchungen die Wirkung des pansengeschützten Methionins hinsichtlich Ketoseprophylaxe nicht eingeschätzt werden.

Nach Angaben der Hersteller belaufen sich die Kosten für die Behandlung zum Schutz des Eiweißes im Soja- und Rapsextraktionsschrot bzw. Rapsexpeller auf ca. 4 €/dt (Zusatz von Xylose oder Formaldehyd). Dadurch sind die pansengeschützten Produkte um ca. 4 €/dt teurer als die entsprechenden Ausgangsprodukte. Die pansengeschützten Rapsprodukte liegen somit preislich in der Höhe von unbehandeltem Sojaextraktionsschrot.

Zahlreiche Betriebe berichten von guten Erfahrungen beim Einsatz von Bioprofin, SoyPass und RaPass, d. h. durch die erzielte Milchleistungssteigerung lohnen sich diese Mehrkosten (LOSAND u. a. 1996, MAICHER, 2000, MAHLKOW-NERGE, 2000, SCHADE, 2002, REUTER, 2003, BIOPROFIN® Praxis-Report). Diese Aussagen werden durch die hier vorgestellten Versuchsergebnisse im LVG Köllitsch bekräftigt. Bei Einsatz von SmartamineTM wurde ein Mehrerlös von 0,18 €, bei Einsatz BioprofinS von 0,28 €, bei Einsatz von SoyPass von 0,13 € und bei Einsatz von RaPass von 0,22 € je Kuh und Tag erzielt. Neuerdings wird versucht - insbesondere unter ökonomischen und ökologischen Aspekten - den Anteil an pansenstabilem Protein ohne Zusatz, mittels hydrothermischer Behandlung, in Verbindung mit Druckkonditionierung, durch Expansion, sowohl bei Einzelkomponenten, als auch bei Konzentratmischungen, zu erreichen. Die Verfahrenskosten sind dabei nur ca. halb so hoch, wie bei den auf Zusätzen basierenden Techniken (LUCHT und KAHL, 2002).

7 Schlussfolgerungen

7.1 Schlussfolgerungen zum Einsatz von pansengeschütztem Methionin (SmartaminTM)

Die Zugabe von pansengeschütztem Methionin (12 g SmartamineTM)/Kuh und Tag während der ersten 120 Laktationstage führte zu folgenden Ergebnissen:

- Steigerung der Milchmenge um 1,8 kg/Kuh und Tag (auf 105 %)
- Steigerung des Milcheiweißgehaltes um 0,07 % und der –menge um 10 kg
- Senkung des Milchfettgehaltes um 0,21 %, bei gleicher –menge

- Erhöhung der GLDH-Werte im Blut als Hinweis auf gesteigerte Syntheseleistungen im Protein-
stoffwechsel
- Mehrerlös von 0,18 Euro je Kuh und Tag

7.2 Schlussfolgerungen zum Einsatz von pansenstabilem Sojaextraktionsschrot (Bioprofin®)

- Steigerung der Milchmenge um 0,9 kg/Kuh und Tag (auf 103 %)
- Steigerung des Milcheiweißgehaltes um 0,05 % und der –menge um 6 kg
- Senkung des Milchfettgehaltes um 0,09 % und der –menge um 0,4 kg
- keine Beeinflussung der Leberstoffwechselkennwerte (Blutparameter)
- Mehrerlös von 0,28 € je Kuh und Tag

7.3 Schlussfolgerungen zum Einsatz von pansengeschütztem Sojaextraktionsschrot (SoyPass®)

Der Austausch von Sojaextraktionsschrot durch den pansengeschützten Sojaextraktionsschrot SoyPass® während der ersten 120 Laktationstage führte zu folgenden Ergebnissen:

- Steigerung der Milchmenge um 0,7 kg/Kuh und Tag (auf 102 %)
- Steigerung des Milcheiweißgehaltes um 0,11 % und der –menge um 9,2 kg
- keine Beeinflussung des Milchfettgehaltes, Erhöhung der Milchfettmenge um 2,2 kg
- keine Beeinflussung der Leberstoffwechselkennwerten (Blutparameter)
- Mehrerlös von 0,13 € je Kuh und Tag

7.4 Schlussfolgerungen zum Einsatz von pansengeschütztem Rapsexpeller (RaPass®)

Der Austausch von herkömmlichem Sojaextraktionsschrot durch den pansengeschützten Rapskuchen RaPass® während der ersten 120 Laktationstage führte zu folgenden Ergebnissen:

- Steigerung der Milchmenge um 1,1 kg/Kuh und Tag (auf 103 %)
- kein Einfluss auf den Milcheiweißgehalt, Erhöhung der Milcheiweißmenge um 2,6 kg
- Abfall des Milchfettgehaltes um 0,3 % und der Milchfettmenge um 6,4 kg
- Keine Beeinflussung der Leberstoffwechselkennwerten (Blutparameter)
- Mehrerlös von 0,22 € je Kuh und Tag

8 Zusammenfassung

Der Einsatz der pansengeschützten Aminosäure Methionin (Smartamine™M) und der Einsatz von pansengeschütztem Sojaextraktionsschrot (BioprofinS, SoyPass) bzw. pansengeschütztem Rapsexpeller (RaPass) führt bei hochleistenden, frischlaktierenden Kühen (erste 120 Laktationstage) zur Steigerung der Milchleistung. Während der Milcheiweißgehalt dabei mehr oder weniger ebenfalls ansteigt, zeigt sich beim Fettgehalt eher ein Abfall. Die pansengeschützten Nährstoffe wurden bei

einheitlicher maisbetonter Grundration geprüft. Im Mittel der ersten 120 Laktationstage wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Variante	Versuchsgruppe			Kontrollgruppe		
	Milchmenge kg	Milchfett %	Milcheiweiß %	Milchmenge kg	Milchfett %	Milcheiweiß %
Smartamine™M	33,05	4,09	3,55	31,25	4,30	3,48
Bioprofin®	36,13	3,77	3,46	35,20	3,86	3,41
SoyPass®	34,30	4,00	3,46	33,60	4,04	3,35
RaPass®	33,60	4,00	3,43	32,50	4,30	3,48

Bei allen Varianten konnte in der Versuchsgruppe ein Mehrerlös je Kuh und Tag erzielt werden (Smartamine™M 0,18 € je Kuh und Tag, Bioprofin® 0,28 € je Kuh und Tag, SoyPass® 0,13 € je Kuh und Tag, RaPass® 0,22 € je Kuh und Tag).

9 Literaturverzeichnis

BIOPROFIN® Praxis-Report, Pansenstabiles Protein für Spitzenleistungen, Redaktion: PR-Agentur agro, Kontakt GmbH, Bergisch Gladbach

BORREGAARD, H. E., SCARPSBORG, N., 1997: Aminosäureversorgung der Milchkuh, Handbuch der tierischen Veredlung, Verlag H. Kamlage, S. 354 - 357

BRÜCKER, P., 1987: Die Beeinflussung der ökonomisch interessanten Milchleistungsparameter von Kühen in der Hochlaktation durch oral verabreichtes Antibiotikum und die kontinuierliche Applikation eines „geschützten“ Methioninsupplements. Diss. Fachbereich Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, 144 Seiten

DEGUSSA, AG, 1999: Amino Cow 1,0 Calculator, PC-Version

DLG, 1984: Geschütztes Eiweiß in der Milchviehfütterung, DLG Information 5/1984

DLG, 1997: Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. erweiterte und überarbeitete Auflage, DLG Verlag Frankfurt/Main

DUNKEL, S., GERNAND, E., LÖHNERT, H.-J., OCHRIMENKO, W. I., FRÜH, G. 2001: Geschütztes Methionin – Einfluss auf Milchleistung, -inhaltsstoffe und Stoffwechselparameter bei Milchkuhen, Poster VDLUFA Kongress, 2001

ENGELHARD, TH., HELM, LORENA, 1998: Geschütztes Methionin für Milchkühe - Erfolgversprechend gegen Ketosen, Neue Landwirtschaft, 4, S. 64 - 68

ENGELHARD, TH., 2002: Aminosäuren an Hochleistungskühe füttern? top agrar 5, R10 - R12

FICKLER, J. UND W. HEIMBECK, 1994: Metabolisierbare Aminosäuren in der Milchviehfütterung – ein Kalkulationsmodell. Kraftfutter, 12, S. 475 - 478

FLACHOWSKY, G., LEBZIEN, P., MEYER, U., 2000: Was Spitzenkühe können und was sie brauchen. Sonderheft Rind Neue Landwirtschaft, S. 2 - 6

- FLACHOWSKY, G., LEBZIEN, P., 1999: Zum Einsatz von Aminosäuren in der Milchkuhfütterung, *Rekasan®-Journal*, H. 11/12, S. 20 - 22
- FÜRL, M., 2002: Persönliche Mitteilung
- GFE, 1997: In 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkuhe und Aufzuchtinder, DLG-Verlags GmbH
- GRANZ, E., WEIß, J., PAPST, W., STARK, E., 1990: Tierproduktion, 11. Auflage, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, 167
- HAGENA, F., 1985: Untersuchungen zum Einfluss eines „geschützten“ Methionin-Supplements auf verschiedene Leistungsmerkmale bei Milchkuhen. Diss. Fachbereich Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. 90 Seiten
- HEIMBECK, W., 1997: Praxisergebnisse mit aminosäureoptimierten Rationen in der Milchviehfütterung, *Handbuch der tierischen Veredlung*, 343-353, Verlag H. Kamlage, Osnabrück
- JOCHMANN, KARLA, LEBZIEN P., FLACHOWSKY, G., 1996: Zum Einsatz pansenstabiler Aminosäuren in der Milchviehfütterung, *Übers. Tierernährung* 24, 255-292, DLG-Verlags GmbH, Frankfurt/Main
- KAUFMANN, W., LÜPPING, W., 1978: Fortschritte beim geschützten Protein-ein Kurzbericht, *Kraftfutter*, 61, S. 524 - 528
- KAUFMANN, W., LÜPPING, W., 1982: Protected Proteins and Protected Amino Acids for Ruminants. In: *Protein Contribution of Feedstuffs for Ruminants*, Herausgeber: Miller, E. L., I.H. Pike, A. J. H. van Eß, Butterworths, S. 36 - 75
- KERSTING, G., 1984: ein experimenteller Beitrag zur Beeinflussung der quantitativen und qualitativen Leistung bei Milchkuhen durch ein „geschütztes“ Methionin-Supplement. Diss. Fachbereich Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. 124 Seiten
- KRASTANOVA, MARIA, LEBZIEN, P., ROHR, K., 1995: Untersuchungen zum Einfluss von „geschütztem“ Rapsschrot auf die Verdauungsvorgänge und Aminosäurenversorgung von Milchkuhen, *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 73, 66-76, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- LOSAND, B., SANFTLEBEN, P., WOLF J., 1996: Pansenstabiles Protein, *Kraftfutter* 2, S. 65 - 71
- LOSAND, B., 1999: Fütterungssysteme im Vergleich – Über das Zusammenspiel von Tier, Haltung und Fütterung, *Fütterung der 10.000-Liter-Kuh*, Erfahrungen und Empfehlungen für die Praxis, *Arbeiten der DLG/Band 196*, S. 33 - 42, DLG-Verlags GmbH, Frankfurt/Main
- LUCHT, H.-W., KAHL, A., 2002: Expandiertes Leistungsfutter für Milchkuhe, *Kraftfutter*, 6, 233-238
- MAHLKOW-NERGE, KATRIN, 2000: Gezielte Eiweißversorgung der Milchkuh. Sonderdruck aus *Bauernblatt Schleswig-Holstein und Hamburg*, Ausgabe 26
- MAHLKOW-NERGE, KATRIN, 2003: Pansenstabile Aminosäuren: Unerlässlich oder teures Vergnügen? *dLz* 11/2003, S. 124 - 126
- MAIERHOFER, R., DEMPFLER, L., OBERMAIER, A., ZENS, H.G., KOSINSKY, J., 1999: Einsatz von „Soypass“ in der Milchviehfütterung. In: *Forschungsergebnisse und praktische Rationsgestaltung zur Eiweißversorgung bei Mastrindern und Milchkuhen*, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, LfL Tierernährung,
- MAICHER, M. 2000: Milchviehmischfutter mit geschütztem Protein, *Kraftfutter*, S. 28 - 29

- MÜLLER, A., 1996: Pansengeschütztes Eiweiß für die Hochleistungskuh? Sonderdruck aus Rinderwelt, Agrar Service Verlag, Rheinbach, S. 1 - 4
- MÜLLER, A., 1998: Pansengeschütztes Methionin im Praxiseinsatz, Handbuch der Tierischen Veredlung, S. 353 - 363
- REUTER, B., 2003: RaPass® und RaPass-RES® geschützte Rapsprodukte für hohe Milchleistung, Veredelungsproduktion 3, S. 54 - 55
- RICHARDT, W., STEINHÖFEL, O., 2002: Untersuchungen zur Additivität von Rohproteinfraktionen in Mischrationen – Bedeutung für die UDP-Schätzung, 114. VDLUFA-KONGRESS in Leipzig, Kurzfassungen der Referate, 49, VDLUFA-Verlag, LK Rheinland, Bonn
- SCHADE, O., 2002: Pansengeschütztes Protein aus Rapsexpeller. Veredelungsproduktion 1, S. 12 - 13
- SCHRÖDER, A., 2002: 1 Jahr Erfahrung mit dem pansengeschützten Proteinträger deukalac UDP 39 in der praktischen Fütterung, Tagungsbericht, 6. Symposium zu Fragen der Fütterung von Kühen mit hohen Leistungen, S. 109 - 116
- SHANNAK, S., SÜDEKUM, K.-H., SUSENBETH, A., 1999: Schätzungen des ruminalen Rohprotein-Abbaus aus dem in sacco-Abbau und der chemischen Analyse, Proc. Soc. Nutr. Physiol. 8, 71 (Abstract)
- SHANNAK, S., SÜDEKUM, K.-H., SUSENBETH, A., 2000: Anim. Feed Sci. and Tec. 85, 195-214
- SHANNAK, S., 2000: Abbauverhalten der organischen Masse und Rohproteine von Futtermitteln während ruminaler insitu Fermentation, Dissertation, Agrarwiss. Fak., Univ. Kiel, 58 S.
- SPIEKERS, H., 1988: Untersuchungen an Milchkühen über die Wirkung einer Zulage von „geschütztem“ Methionin auf Milchleistung und einige Kenngrößen im Blut, Diss. Landw. Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität zu Bonn. 160 Seiten
- SPIEKERS, H., RODEHUTSCORD, M., 1999: Knackpunkte der Proteinversorgung, Untersuchungen zu Mikroben- und Futterproteinen, In: Fütterung der 10.000-Liter-Kuh, Erfahrungen und Empfehlungen für die Praxis. 2. verbesserte Neuauflage, Vorträge der Fachtagung 1999 in Braunschweig, DLG-Verlags GmbH, Frankfurt/M., S. 65 - 84
- SPIEKERS, H., POTTHAST, V., 2004: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 4. völlig neu überarbeitete Auflage, DLG-Verlags GmbH, 347
- SÜDEKUM, K.-H., 1997: Aufnahme, Verdaulichkeit und ruminaler Nährstoffumsatz bei Wiederkäuern. Habilitationsschrift, Agrarwiss. Fak., Univ. Kiel, 258 S.
- SÜDEKUM, K.-H. u. a., 2001: Posterausstellung, VDLUFA-Kongress 2001
- SÜDEKUM, K.-H., 2002: Grundlagen internationaler Futterbewertungssysteme für Milchkühe und Perspektiven für die deutschen Empfehlungen Energie, Protein und Aminosäuren. Übers. Tierernährung 30, S. 135 - 162
- SÜDEKUM, K.-H., SPIEKERS, H., 2002: Raps- und Sojaextraktionsschrot neu bewertet, Kraftfutter 2, S. 62 - 68
- VOIGT, J., HAGEMEISTER, H., 1997: Aminosäureversorgung der Milchkuh, Handbuch der tierischen Veredlung, Verlag H. Kamlage, S. 328 - 342

Impressum

- Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden
Internet: www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl
- Autoren:** Dr. Olaf Steinhöfel, Dipl.-Ing. agr. Markus Pahlke, Jeannette Boguhn, Dr. Holger Kluth, Dr. Martina Peterhänsel, Prof. Dr. Markus Rodehutschord, Dr. Hans-Joachim Alert, Reinhard Uhlig, Dipl.-Ing. Lebensmitteltechnol. Brigitte Fröhlich, Dipl.-Chem. Doris Krieg, Dr. Jens Schönherr, Frau Dr. Schöberlein, Herr Dr. Westphal, Prof. Dr. M. Wink, Dr. Schumann, Dr. Stölken
- Redaktion:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierische Erzeugung
Dr. Olaf Steinhöfel
Telefon: 034222/46-172
Telefax: 034222/46-109
E-Mail: olaf.steinhoefel@koellitsch.lfl.smul.sachsen.de

Dr. Hans-Joachim Alert
Telefon: 034222/46-171
Telefax: 034222/46-109
E-Mail: joachim.alert@koellitsch.lfl.smul.sachsen.de
Am Park 3
04886 Köllitsch
- Endredaktion:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Öffentlichkeitsarbeit
Thomas Freitag, Ramona Scheinert
Telefon: 0351/2612-138
Telefax: 0351/2612-151
E-mail: thomas.freitag@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de
- Redaktionsschluss:** August 2004
- Bildnachweis:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Satz:** Christlich-Soziales Bildungswerk Sachsen e. V. Miltitz
- Druck:** Sächsisches Digitaldruck Zentrum GmbH Dresden
- Auflage:** 140 Exemplare
- Bezug:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Öffentlichkeitsarbeit
August-Böckstiegel-Str. 1, 01326 Dresden-Pillnitz
Telefon: 0351/2612-138
Telefax: 0351/2612-151
E-Mail: poststelle@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de
- Schutzgebühr:** 12,78 EUR

Diese Broschüre wurde auf chlorfrei gebleichtem sowie alterungsbeständigem Papier (ISO 9706) gedruckt. Die Alterungsbeständigkeit beträgt laut Zertifikat mehr als 200 Jahre.

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:
Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Diese Broschüre wurde auf chlorfrei gebleichtem sowie alterungsbeständigem Papier (ISO 9706) gedruckt. Die Alterungsbeständigkeit beträgt laut Zertifikat mehr als 200 Jahre.

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:
Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.