

Versuchsbericht:

Ackerbohnen als hofeigenes Eiweißfuttermittel in der Milchviehfütterung

Arbeitsgruppe:

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

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

Projektpartner:

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutztierwissenschaften, Abteilung
Wiederkäuerernährung
Kellnerweg 6, 37077 Göttingen
B.sc. Christin Albers, Dr. Martin Hünenberg, Prof. Dr. Jürgen Hummel

Februar 2022



Landesanstalt für
Landwirtschaft und
Gartenbau

Landwirtschaftskammer
Niedersachsen

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	ii
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis.....	iv
1. Einleitung.....	1
2. Tiere, Material und Methoden.....	4
3. Ergebnisse.....	11
3.1 Futter- und Nährstoffaufnahmen.....	11
3.2 Milchleistung und -inhaltsstoffe.....	12
3.3 Stickstoffausscheidungen und Effizienzen	14
3.4 Ökonomische Bewertung.....	16
4. Diskussion.....	18
4.1 Futter- und Nährstoffaufnahmen.....	18
4.2 Milchleistung und -inhaltsstoffe.....	19
4.3 Stickstoffausscheidungen und Effizienzen	21
4.4 Ökonomie.....	21
5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	23
Quellenverzeichnis.....	25
Anhang.....	A

Abkürzungsverzeichnis

BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
ECM	Energiekorrigierte Milch
FM	Frischmasse
GVO	Gentechnisch veränderte Organismen
IOFC	Income over feed costs (Einkommen nach Futterkosten)
KG	Kontrollgruppe
N	Stickstoff
n	Anzahl
RES	Rapsextraktionsschrot
RFD	Rückenfettdicke
SES	Sojaextraktionsschrot
TM	Trockenmasse
TMR	Totale Mischration
TW	Testwoche
UFOP	Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V.
VG	Versuchsgruppe

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsdesign	4
Abbildung 2: Trockensubstanzaufnahme der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.	12
Abbildung 3: Milchmenge der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.	13
Abbildung 4: Milchharnstoffgehalt der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.	14
Abbildung 5: Berechnete N-Ausscheidungen mittels kalkuliertem Milch-N der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.	16
Abbildung 6: XF-Aufnahme und xP-Aufnahmen der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.	A
Abbildung 7: RNB der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.	A
Abbildung 8: Milchfett- und Milcheiweißgehalt sowie Milchfett- und Milcheiweißmenge der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.	B
Abbildung 9: Futtereffizienz und N-Effizienz der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.	B

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschreibende Statistik (Mittelwerte \pm Standardabweichung) der Kontrollgruppe (KG) und der Versuchsgruppe (VG) im Ackerbohnen-Fütterungsversuch.	5
Tabelle 2: Rationszusammensetzungen und Nährstoffgehalte im Abschnitt Gleichfütterung.....	6
Tabelle 3: Rationszusammensetzungen und Nährstoffgehalte der Kontroll- und Versuchsgruppe im Hauptversuch.....	7
Tabelle 4: Ergebnisse der Ackerbohnenanalysen (n=3) und Einordnung in die Literatur (Feedipedia, 2021).	8
Tabelle 5: Mittlere Aufnahmen (je Tier und Tag) an Futter, Energie und Nährstoffen im Hauptversuch.....	11
Tabelle 6: Milchleistung und -inhaltsstoffe je Tier und Tag.	13
Tabelle 7: Über die Milch kalkulierte Stickstoffausscheidungen und Effizienzen	15
Tabelle 8: Ökonomische Bewertung bei Änderungen im Milch- und Getreidepreis.	17

1. Einleitung

Eine ausgewogene Ration ist die Voraussetzung für leistungsstarke Kühe und langanhaltenden Erfolg im Milchviehbetrieb. Dabei zählt der optimale Einsatz von Eiweißfuttermitteln als Grundlage für eine hohe Milchleistung und stabile Gesundheit der Tiere.

Die hohe Nachfrage der wachsenden Weltbevölkerung nach tierischen Erzeugnissen führt unweigerlich zum steigenden Bedarf von Proteinfuttermitteln (Trostle, 2008). SES ist mit 14,8 Mio. t weltweit und 1,2 Mio. t in Europa das am häufigsten eingesetzte Eiweißfuttermittel. Gleichzeitig liegt der Selbstversorgungsgrad lediglich bei 4 % (FEFAC, 2020). Kritisch wird der Einsatz von SES hinsichtlich der GVO-Problematik, Ressourcenschutz sowie langen Transportwegen gesehen (Guddad et al., 2014).

Regionale, nicht gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel mit guter Rückverfolgbarkeit werden von den Verbrauchern zunehmend befürwortet (Titze et al., 2019). Auch der Lebensmitteleinzelhandel reagiert mit Nachhaltigkeitsstrategien, die vorsehen importiertes SES durch heimische Eiweißquellen zu ersetzen. Politisch soll durch die Fortführung der 2012 eingeführten Eiweißpflanzenstrategie des BMEL Wettbewerbsnachteile heimischer Eiweißpflanzen verringert werden.

In der Milchviehfütterung wurde mehrfach gezeigt, dass sich SES durch RES erfolgreich substituieren lässt (Thomas Engelhard et al., 2012; Pries et al., 2012). Trotzdem kann der Anbau von Körnerleguminosen, wie der Ackerbohne, interessant werden im Hinblick auf die Marktpreisentwicklung oder begrenzter Verfügbarkeit von Raps.

Der Ackerbohne werden gute Effekte auf Landnutzung und Umwelt zugeschrieben. Durch die Rhizobium-Wurzelknöllchen mit symbiontisch bindenden Bakterien findet eine N-Fixierung statt, die sich positiv auf den Ertrag der Folgefrucht auswirkt. Seit 2014 hat sich der Anbau von Ackerbohnen in Deutschland zwar verdreifacht (2020: 59.900 ha), liegt aber dennoch mit <1,5% der Anbaufläche auf einem niedrigen Niveau (Böhm et al., 2020). Reizvoll ist der Anbau in Folge des 2015 eingeführten Greenings geworden, in dem die Ackerbohne als ökologische Vorrangfläche eingeht.

Ackerbohnen weisen einen hohen Rohproteinanteil von ca. 30 % (TM) auf. Auch der Stärkeanteil kann mit 42 % (TM) als hoch eingestuft werden. Sie gelten daher als Protein- und Energielieferant. Die größte Herausforderung bei der Verwendung von Ackerbohnen in der Milchviehfütterung stellt die hohe Abbaurate (>80 %) der Nährstoffe im Pansen dar (Bissinger et al., 2007). Neben den Nährstoffen beinhalten Körnerleguminosen sekundäre Inhaltsstoffe, die sich antinutritiv einstufen lassen (Abel, 2016). Durch fortschreitende züchterische Bearbeitung konnten diese stark reduziert werden. Bei Wiederkäuern ließen sich durch den reduzierten Abbau der Nährstoffe im Pansen sogar höhere UDP-Anteile realisieren (Losand & Priepke, 2020). Die empfohlene Einsatzbegrenzung liegt aktuell bei 4 kg TM je Tier und Tag (Bader & Blessing, 2020; Weber, 2016).

Der Marktpreis für Ackerbohnen lag zum Zeitpunkt des Versuches bei 23,45 Euro/dt (Schleswig-Holstein, 2022). Eine Analyse zur Veränderung der Erzeugungskosten durch den Einsatz von Ackerbohnen ergab eine Einsparung zwischen 0,75 Cent/kg Milch in grasbetonten Rationen und 1,25 Cent/kg Milch in maisbetonten Rationen, wobei in der maisbetonten Ration eine Ergänzung mit RES erfolgte (LfL, 2018).

Ziel des Ackerbohnen-Fütterungsversuches war es, die Effekte auf die Futter- und Nährstoffaufnahme zu prüfen. Weiterhin sollten Auswirkungen auf die

Milchleistung und -inhaltsstoffe charakterisiert und mögliche Umweltwirkungen durch veränderte N-Ausscheidungen beleuchtet werden. Anhand des Einkommens nach Futterkosten wurde geprüft, ob sich der Einsatz von Ackerbohnen wirtschaftlich rentiert. Außerdem wurde mittels Veränderungen des Milchpreises und der Futterkosten die ökonomische Rentabilität des Ackerbohneeneinsatzes in unterschiedlichen Szenarien abgeschätzt.

2. Tiere, Material und Methoden

Der Versuch fand vom 21.09.2020 bis 14.02.2021 am Zentrum für Tierhaltung und Technik in Iden statt und gliederte sich in drei Abschnitte (Abb.1). Insgesamt flossen Daten von 74 Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein ein. Der durchschnittliche Laktationstag lag zu Beginn des Versuches bei 66. Die Fütterung erfolgte über automatische Wiegetröge (n=36) mit Einzeltiererkennung. Während des Versuches befanden sich die Tiere als Gruppe in dem Versuchsabteil des Milchkuhstalles. Die Einteilung der Kühe in die Versuchs- und Kontrollgruppe erfolgte auf Basis der Informationen zu Laktationsnummer, Leistung in der Vorperiode (Abschnitt 0), Vorlaktationsleistung, Zuchtwerten, Lebendmasse und Rückenfettdicke. Ziel war es, homogene Gruppen zu bilden. Die Kennzahlen der Versuchs- und Kontrollgruppe sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Fütterung der Totalen Mischration (TMR) erfolgte ad libitum (ca. 5% Restfutter). Die Komponenten und Nährstoffgehalte der Rationen sind in Tabelle 2 (Abschnitt 0, Gleichfütterung) und Tabelle 3 (Abschnitt 1, Hauptversuch) dargestellt.

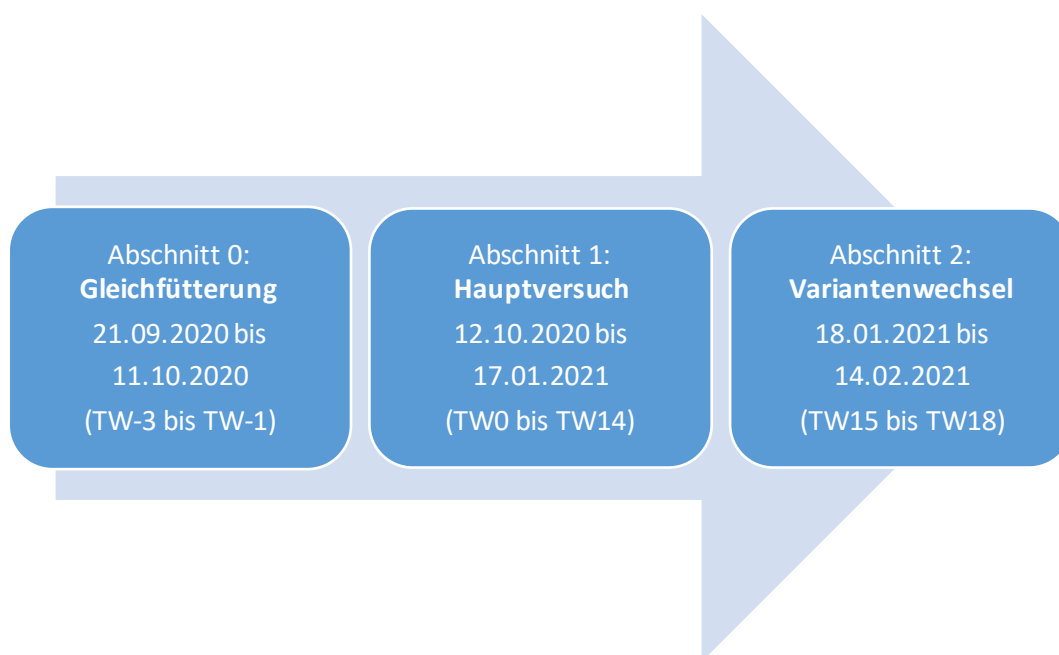


Abbildung 1: Versuchsdesign

Tabelle 1: Beschreibende Statistik (Mittelwerte \pm Standardabweichung) der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe im Ackerbohnen-Fütterungsversuch.

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Kühe, n	36	38
davon 1. Laktation	10	10
davon \geq 2. Laktation	26	28
Laktationsnummer	2,9	3,0
Laktationstag	76 \pm 32	82 \pm 27
RZM ¹	117,4	118,5
Rückenfettdicke ² , mm	11,4 (5 – 21)	12,1 (5 – 32)
Lebendmasse, kg	641,9 (524 – 757)	643,6 (532 – 731)
Vorlaktation		
Milchmenge, kg	12.633	12.357
Milchfett, %	3,8	3,8
Milcheiweiß, %	3,5	3,5
Vorperiode		
Milchmenge, kg	42,4 \pm 8,3	43,0 \pm 7,1
Milchfett, %	3,8 \pm 0,5	3,9 \pm 0,6
Milcheiweiß, %	3,3 \pm 0,3	3,3 \pm 0,2

¹RZM=Relativ-Zuchtwert Milch

²(Min – Max)

Tabelle 2: Rationszusammensetzungen und Nährstoffgehalte im Abschnitt Gleichfütterung.

Komponenten, % TM (kg TM)	
Maissilage Grassilage	24 (6,0) 25 (6,3)
Luzernesilage	6 (1,6)
Stroh, gehäckselt	2 (0,5)
Rapsextraktionsschrot	8 (1,9)
Ackerbohnen, geschrotet	8 (1,9)
Milchleistungsfutter ¹ , pelletiert	24 (6,0)
Pressschnittsilage	2 (0,5)
Mineralfutter	1 (0,3)
Nährstoffgehalte, g/kg TM	
NEL, MJ/kg TM	7,05
xP nxP RNB, g/d	162 159 0,5
xF strukturwirksame xF	164 127
ADF _{om}	201
aNDF _{om} aNDF _{om} aus Grobfutter, %	321 23,6
Stärke Zucker	223 57
Rohfett	31
Ca P	7,5 4,1
DCAB, meq/kg TM	139

¹Milchleistungsfutter: 35% Roggen, 35% Gerste, 26% Körnermais, 2% Rohglycerin, 2 % Melasse

Tabelle 3: Rationszusammensetzungen und Nährstoffgehalte der Kontroll- und Versuchsgruppe im Hauptversuch.

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Komponenten, % TM (kg TM)		
Maissilage Grassilage	25 (6,7) 23 (6,2)	25 (6,7) 23 (6,2)
Luzernesilage	6 (1,5)	6 (1,5)
Stroh, gehäckselt	2 (0,5)	2 (0,5)
Rapsextraktionsschrot	12 (3,1)	8 (1,9)
Ackerbohnen, geschrotet	0	14 (3,7)
Getreidemischung ¹ , pelletiert	28 (7,4)	18 (4,7)
Pressschnitzelsilage	3 (0,7)	3 (0,9)
Mineralfutter ² Kalk	1 (0,3) 0 0,2	1 (0,1) 0,1 (0,03)
Harnstoff	(0,06)	0
Nährstoffgehalte, g/kg TM		
NEL, MJ/kg TM	7,06	7,12
xP nxP RNB	159 161 -0,3	165 159 1,1
xF strukturwirksame xF	164 129	170 128
ADF _{om}	200	203
aNDF _{om} aNDF _{om} aus	327 23,5	318 23,4
Grobfutter, %		
Stärke Zucker	208 55	216 50
Rohfett	32	29
Ca P	7,99 4,14	8,00 4,06
DCAB, meq/kg TM	148	160

¹Milchleistungsfutter: 35% Roggen, 35% Gerste, 26% Körnermais, 2% Rohglycerin, 2 % Melasse

Zum Einsatz kamen Ackerbohnen der Sorten Fanfare und Hiverna. Die Ackerbohnen wurden vor Ort mittels einer mobilen Mahl- und Mischanlage geschrotet. Der Einkaufspreis lag bei 25,00 Euro/dt, für das Schrotten und Mischen wurden 2,20 Euro/dt veranschlagt. Die Analyse der Ackerbohnen erfolgte drei Mal im Laufe des Versuchs. Die Ergebnisse der Ackerbohnenanalyse sind in Tabelle 4 aufgezeigt.

Tabelle 4: Ergebnisse der Ackerbohnenanalysen (n=3) und Einordnung in die Literatur (Feedipedia, 2015).

Parameter, g/kg TM	Analyse	Literatur
Trockensubstanzgehalt, g/kg	874	866
Stärke	420	447
xP nxP ¹	304 195	290 194
xF aNDF _{om} ADF _{om}	114 181 136	91 159 107
xA	39	39
Zucker	29	36
xL	17	14
ME NEL, MJ/kg TM	13,57 8,57	13,30
K	11,65	11,50
P	5,60	5,50
Ca	1,40	1,50
Mg	1,53	1,80
Na	0,64	0,10
S	2,06	
Cl	0,88	
DCAB, meq/kg TM	178	

¹Annahme UDP 15% (LKS, 2020)

Die Kennzahlen ECM (Spiekers et al., 2009), Milch-N (DLG, 2014), Milch-N-Ausscheidungen (Bannink & Hindle, 2003), N-Effizienz und Futter-Effizienz wurden nach folgenden Formeln tierindividuell wöchentlich ermittelt:

$$ECM [kg] = \frac{(0,38 \times \text{Fett} [\%] + 0,21 \times \text{Eiweiß} [\%] + 1,05)}{3,28 \times \text{Milchmenge} [kg]}$$

$$\text{Milch} - N [g] = \text{Milchmenge} [kg] \times \left(\frac{\text{Eiweiß} \left[\frac{g}{kg} \right]}{6,38} \right)$$

$$N - \text{Ausscheidungen} [g]$$

$$= 124 + \left(1320 \times \text{Harnstoff} \left[\frac{g}{kg} \right] \right) + 1,87 \times \text{Milch} - N [g]$$

$$N - \text{Effizienz} [\%]$$

$$= \frac{\text{Milch} - N [g]}{TS - \text{Aufnahme} [kg] \times (\text{Rohprotein TMR} [\%] / 6,25)} * 100$$

$$\text{Futter Effizienz} = \frac{ECM [kg]}{TS - \text{Aufnahme} [kg]}$$

Das Einkommen nach Futterkosten wurde für die Versuchsgruppe und die Kontrollgruppe ermittelt. Dafür wurden für die in den angegebenen Rationsanteilen (Tab. 3) verwendeten Futtermittel folgende Preise unterstellt, die den zum Versuchszeitpunkt gültigen Einkaufspreisen entsprachen:

- Ackerbohnen 26,25 €/dt (inkl. 2,20 €/dt für das Schrotten)
- Getreide-Mais-Mischung 22,81 €/dt
- Rapsextraktionsschrot 28,56 €/dt

Für die Berechnung wurde ein zu dem Zeitpunkt repräsentativer Milchpreis von 33 Cent/kg Milch angenommen. Die Korrekturfaktoren lagen für Fett bei 2,5 Cent/%-Punkt und für Eiweiß bei 5,0 Cent/%-Punkt.

Um Handlungsempfehlungen für oder gegen den Einsatz von Ackerbohnen anhand der Preisentwicklung der Futterpreise für RES, Getreide-Mais-Mischung, sowie der AB und dem Milchpreis geben zu können, wurden Szenarien für

Schwankungen in den Futterkosten und im Milchpreis durchgerechnet. Dabei wurden der AB 2,20 €/dt für das Schrot aufsummiert.

Die unterschiedlichen Futterkosten in den Szenarien waren:

- Niedrig: RES 24 €/dt; Getreide-Mais-Mischung 18 €/dt; AB 22,2 €/dt
- Mittel: RES 28 €/dt; Getreide-Mais-Mischung 21 €/dt; AB 27,2 €/dt
- Hoch: RES 36 €/dt; Getreide-Mais-Mischung 27 €/dt; AB 32,2 €/dt

Die angenommenen Milchpreisszenarien waren:

- Niedrig: 23 Cent/kg Milch
- Mittel: 33 Cent/kg Milch
- Hoch: 42 Cent/kg Milch

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SAS Version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2017). Für den Vergleich aller gemessenen Parameter zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe wurde ein gemischtes Modell (PROC MIXED) genutzt. Als fixe Effekte wurden die Behandlung, die Versuchswoche und deren Wechselwirkung (Behandlung × Versuchswoche) in das Modell aufgenommen. Das Einzeltier innerhalb der Versuchs- und Kontrollgruppe wurde als zufälliger Effekt im Modell berücksichtigt. Das Signifikanzniveau lag bei 5% ($P < 0,05$). Da während der Gleichfütterung (Abschnitt 0) keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Kühen beider Gruppen auftraten, wurden Parameter, die in der Gleichfütterung erhoben wurden, bei der Analyse des Hauptversuchs nicht als Kovariate berücksichtigt. Die grafische Aufbereitung fand mit R Studio (R core Team, 2018) statt.

3. Ergebnisse

3.1 Futter- und Nährstoffaufnahmen

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Futter-, Energie- und ausgewählter Nährstoffaufnahmen im Mittel der Tiere im Hauptversuchsabschnitt dargestellt. Die Aufnahmen an TM (Abb. 2) und Energie unterschieden sich nicht zwischen der VG und der KG. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen wurde in der Rohfaser- und Rohproteinaufnahme verzeichnet. Dieser lag bei beiden Parametern ca. 6 % höher in der VG verglichen mit der KG (Anhang Abb. 6). Die berechneten nxP-Aufnahmen waren identisch zwischen den Gruppen. Folglich unterschied sich die RNB zwischen VG und KG signifikant (Tab. 5, Anhang Abb. 7). Geringfügige Rationsanpassungen aufgrund von Wechsel der Silagen und sich damit ändernden Analysewerten wurden in TW 2 und TW 8 sowohl in der VG als auch der KG durchgeführt, um beide Gruppen bedarfsgerecht zu versorgen.

Tabelle 5: Mittlere Aufnahmen (je Tier und Tag) an Futter, Energie und Nährstoffen im Hauptversuch.

Parameter	Behandlung		Differenz (Versuch – Kontrolle)	SEM	p-Wert
	Versuch	Kontrolle			
TM, kg	26,5	26,1	+0,4	0,46	0,540
XF, g	4.468	4.216	+252,0	75,98	0,020
XP, g	4.342	4.101	+241,0	73,82	0,022
RNB, g	27,5	-5,1	+32,6	0,04	<0,001
nxP, g	4.245	4.208	+37,0	105,32	0,601
NEL, MJ	189	185	+4,0	3,28	0,298

Die TM-Aufnahme lag in beiden Gruppen auf einem hohen Niveau von durchschnittlich über 26 kg. Zu Beginn des Versuches lag die TM-Aufnahme je Tier und Tag der VG bei 27,1 kg, die der KG bei 26,3 kg. In Abbildung 2 lässt sich

erkennen, dass die Verläufe der TM-Aufnahmen nahezu identisch waren. In TW 2 wurde ein Rückgang in der TM-Aufnahme um ca. 1 kg sowohl in der VG als auch der KG verzeichnet. Dieser stabilisierte sich bis TW 7, nach der es einen Anstieg der TM-Aufnahme in beiden Gruppen gab (VG: +2,5 kg, KG: +2,4 kg). Im Variantenwechsel (ab TW 14 – senkrechte rote Linie Abb. 2) gingen die Futteraufnahmen erneut zurück. Die KG, die fortan die Versuchsration erhielt, zeigte dabei einen stärkeren Rückgang (-3,1 kg) als die VG (-1,3 kg).

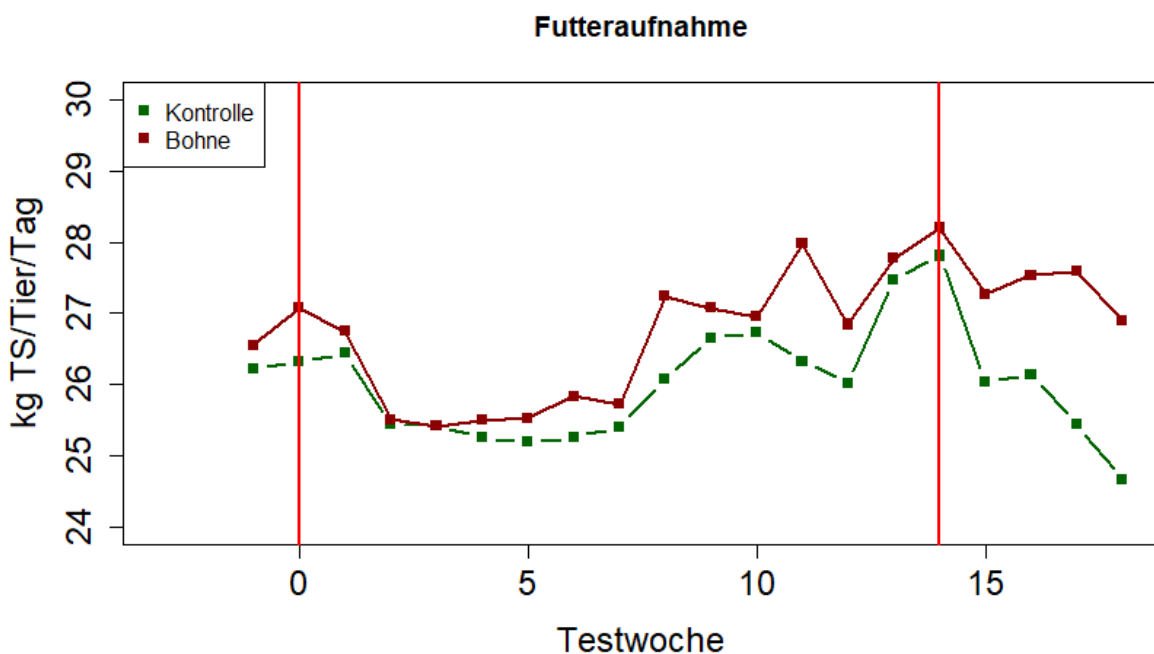


Abbildung 2: Trockensubstanzaufnahme der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.

3.2 Milchleistung und -inhaltsstoffe

In der Milchmenge, der ECM, sowie den Milchinhaltstoffen Fett und Eiweiß traten keine signifikanten Mittelwertdifferenzen zwischen VG und KG auf (Tabelle 6). Ein hochsignifikanter Unterschied lag im Milchharnstoffgehalt zwischen VG und KG vor (Abb 3).

Tabelle 6: Milchleistung und -inhaltsstoffe je Tier und Tag.

Parameter	Behandlung		Differenz (Versuch – Kontrolle)	SEM	p-Wert
	Versuch	Kontrolle			
Menge, kg	38,5	38,0	+0,50	1,19	0,759
ECM, kg	39,4	38,4	+0,96	1,05	0,606
Fett, %	4,08	4,00	+0,08	0,07	0,450
Eiweiß, %	3,63	3,64	-0,01	0,04	0,854
Fett, g	1.556	1.511	+45,00	41,76	0,444
Eiweiß, g	1.388	1.376	+12,00	36,39	0,827
Harnstoff, g/l	234	196	+38,00	0,36	<0,001

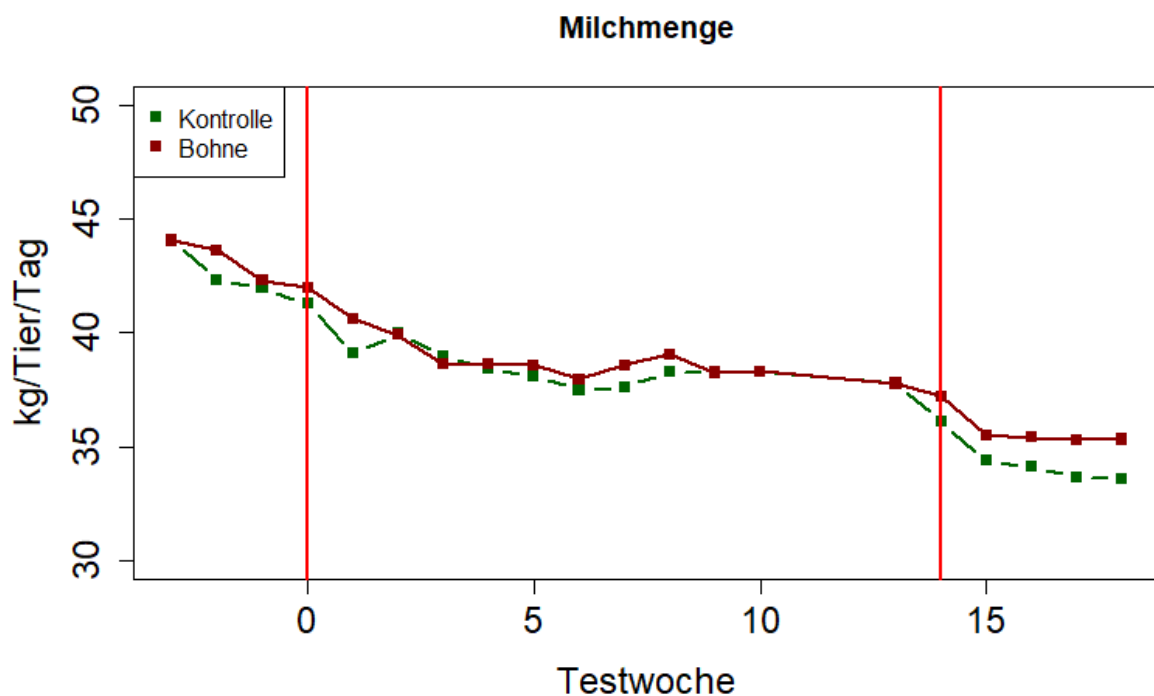


Abbildung 3: Milchmenge der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.

Im Milchharnstoffgehalt war direkt zu Beginn des Versuches der Unterschied zwischen der VG und KG zu erkennen (Abb. 4). Die VG hatte in TW 2 ihr Maximum bei durchschnittlich 25,0 mg/dl. Der Harnstoffgehalt in der KG stieg langsamer an und erreichte in TW 14 das Maximum bei durchschnittlich 22,3 mg/dl. Im Variantenwechsel (ab TW 14 – senkrechte rote Linie Abb. 4) stieg der Milchharnstoffgehalt der KG, die dann die Versuchsration erhielt, auf 24,6 mg/dl an während der Milchharnstoffgehalt sich in der VG, die dann die Kontrollration erhielt, auf 20,4 mg/dl verringerte. Die Grafiken für den Verlauf der MilCHFett- und Milcheiweißgehalte, sowie der MilCHFett- und Milcheiweißmengen im Versuch sind im Anhang in Abbildung 8 dargestellt.

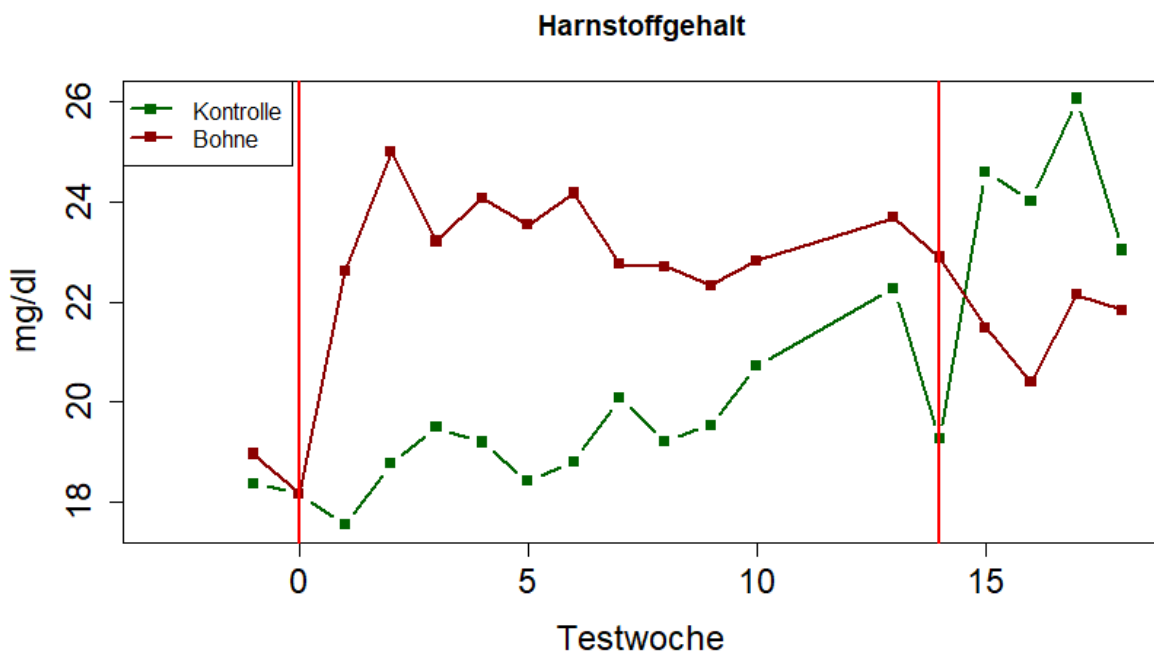


Abbildung 4: Milchharnstoffgehalt der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.

3.3 Stickstoffausscheidungen und Effizienzen

Während der berechnete Milch-N zwischen den Gruppen auf nahezu identischem Niveau lag unterschieden sich die kalkulierten N-Ausscheidungen

über die Milch zwischen VG und KG signifikant (Tab. 7). Die kalkulierten jährlichen N-Ausscheidungen belaufen sich auf 150 kg/Tier/Jahr in der VG und 141 kg/Tier/Jahr in der KG. Die Futter Effizienz war identisch zwischen beiden Gruppen und sank leicht im Laufe des Versuches (- 0,15). Die N-Effizienz lag in beiden Gruppen über 30 %, wobei tendenziell die KG eine höhere Effizienz aufwies.

Im Variantenwechsel stiegen die kalkulierten N-Ausscheidungen in der KG an, während sie in der Versuchsgruppe sanken (Abb. 5). Auch die Futtereffizienz stieg in der KG, während sie in der Versuchsgruppe gleichblieb. Die Stickstoffeffizienz sank in beiden Gruppen im Variantenwechsel und stieg nach zwei Wochen in beiden Gruppen bis zum Ende der Datenaufnahme (Anhang Abb. 9).

Tabelle 7: Über die Milch kalkulierte Stickstoffausscheidungen und Effizienzen

Parameter	Behandlung		Differenz (Versuch – Kontrolle)	SEM	p-Wert
	Versuch	Kontrolle			
Milch-N, g	217	216	+1,00	5,70	0,83
N-Ausscheidungen, g	411	388	+23,00	4,50	<0,001
N-Effizienz, %	31,3	33,9	-2,61	0,60	0,060
Futter Effizienz	1,48	1,48	0,00	0,03	0,241

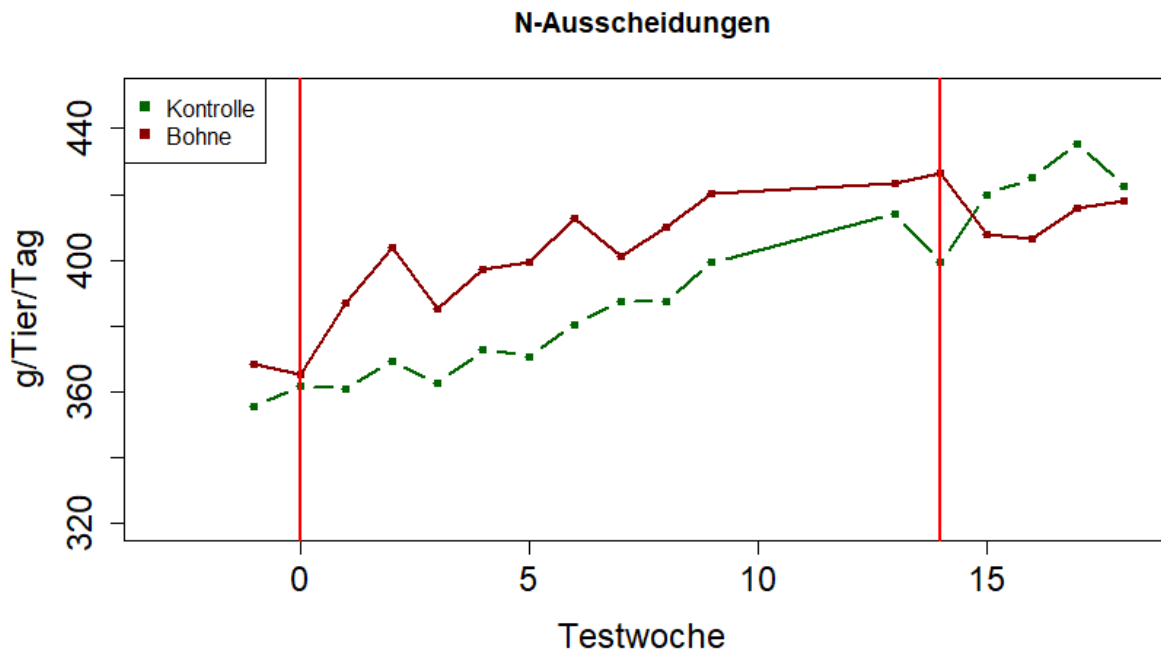


Abbildung 5: Berechnete N-Ausscheidungen mittels kalkuliertem Milch-N der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.

3.4 Ökonomische Bewertung

Die ökonomische Bewertung ergab im Hauptversuch unter Annahme der zur Versuchsdurchführung gültigen Rahmenbedingungen (Futtermittelkosten, Milchpreis und Korrekturfaktoren für die Milchinhaltsstoffe) für die VG ein um 0,29 € höheres Milchgeld je Kuh und Tag nach Abzug der Futterkosten. Die Gründe dafür sind auf der einen Seite die Einsparung von Futterkosten in Höhe von 6 Cent je Tier und Tag und andererseits die etwas höhere Milchleistung mit leicht höheren Milchinhaltsstoffen in der Versuchsgruppe, welche zu 22 Cent kalkulierten Mehrerlös je Tier und Tag führte.

In Tabelle 8 ist die Differenz des Milchgeldes je Kuh und Tag nach Abzug der Futterkosten zwischen Rationen mit Ackerbohnen und Rationen ohne Ackerbohnen aufgezeigt. Den Berechnungen wurden die Leistungsparameter

(Milchmengen und -inhaltsstoffe) sowie die Rationsanteile aus dem Hauptversuch zu Grunde gelegt. Die größten ökonomischen Vorteile würden demnach vorliegen, wenn sowohl der Milchpreis als auch die Futterkosten hoch sind. Bei mittleren Futterkosten und niedrigem Milchpreis wäre der ökonomische Vorteil am geringsten.

Tabelle 8: Ökonomische Bewertung bei Änderungen im Milchpreis und den Futterkosten.

Milchpreis	Futterkosten		
	Niedrig	Mittel	Hoch
Niedrig	+0,22	+0,15	+0,24
Mittel	+0,28	+0,21	+0,30
Hoch	+0,33	+0,27	+0,35

4. Diskussion

4.1 Futter- und Nährstoffaufnahmen

Die Abweichungen zwischen den vorliegenden Nährstoffanalysen der Ackerbohnen und zu den Literaturangaben (Feedipedia, 2015) sind als gering einzustufen. Die in dem Fütterungsversuch verwendeten zwei Ackerbohnsorten kamen von einem Betrieb. Die Sorte und damit verbunden der Tannin-Gehalt, als auch der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (weniger das Wetter und der Standort) können sich auf die Nährstoffzusammensetzung auswirken (Micek et al., 2015). Auch die Daten des seit 2015 bundesweit durchgeführten Monitorings der UFOP zeigen, dass eine Nährstoffanalyse vor dem Einsatz als Futtermittel der ausschließlichen Verwendung von Literaturwerten vorzuziehen ist.

Die Trockenmasseaufnahme wurde durch den Einsatz von 3,6 kg Ackerbohnen in der Trockenmasse (14 % d. TM in der TMR) nicht beeinflusst. Auch (Jilg, 2014) ersetzte RES und Gerste teilweise mit Ackerbohnen und konnte keine Unterschiede in der Trockenmasseaufnahme sehen. Dieses Ergebnis wurde auch in Studien belegt, die SES mit Ackerbohnen substituierten (Cherif et al., 2018). Für die Praxis gilt die Empfehlung maximal 3,5 bis 4 kg Ackerbohnen in die Rationsplanung aufzunehmen (Abel, 2016). Mendowski et al. (2020) setzten 25 % Ackerbohnen (d. TM in der TMR) ein, was knapp 6 kg entsprach und stellten keine Auswirkung auf die Futteraufnahme fest. In dem Versuch lag die Trockenmasseaufnahme im Schnitt bei 23 kg. Ob mit höherer Trockenmasseaufnahme mehr Ackerbohnen eingesetzt werden können hängt maßgeblich von den Nährstoffanalysen der Einzelkomponenten ab. Solange eine isoenergetische und isonitrogene Substitution erfolgt, spricht nichts dagegen. Der UDP-Gehalt von Körnerleguminosen kann durch thermische oder

hydrothermische Behandlung erhöht werden (Pries & Freitag, 2005). Bei der Blauen Lupine führten die technischen Behandlungen zu einer Erhöhung des UDP-Gehaltes um im Schnitt 62 % auf über 30% (Passagerate 5%/h). Der kalkulierte nXP-Gehalt stieg dadurch von durchschnittlich 220 g/kg TM auf 251 g/kg TM (Engelhard et al., 2016). Dem gegenüber steht der logistische und finanzielle Aufwand für die technische Behandlung.

Die Sorten Fanfare und Hiverna sind beide als tanninhaltig eingestuft (Bundessortenamt, 2021). Dies bekräftigt bisherige Untersuchungen, dass sich der Tanningehalt in der Milchviehfütterung nicht nachteilig auf die Futteraufnahme oder Leistungsparameter auswirkt (Bissinger et al., 2004). Unterschiede in der Rohfaser- sowie der Rohproteinaufnahme sind bedingt durch die Anpassungen der Ration hinsichtlich des nXP-Gehaltes. Dadurch ist auch die RNB leicht unterschiedlich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe.

Jilg (2014) beobachtete den gleichen Rückgang der Trockenmasseaufnahme im Variantenwechsel. Eine Begründung dafür liegt nicht vor. Ob sich der Einsatz von Ackerbohnen in der Spätlaktation (ab dem 200. Laktationstag) nachteilig auf die Futteraufnahme auswirkt, bleibt Gegenstand zukünftiger Untersuchungen.

4.2 Milchleistung und -inhaltsstoffe

Auf die Milchmenge, die energiekorrigierte Milch, sowie die Milchinhaltstoffe Fett und Eiweiß hatte der partielle Einsatz von Ackerbohnen keinen Einfluss. Dieses Ergebnis deckt sich mit vorherigen Studien, die ebenfalls keine Milchmengenunterschiede zwischen den Gruppen feststellten (Cherif et al., 2018; Mendowski et al., 2020). Geringere Milchleistungen beim Einsatz von Ackerbohnen im Austausch zu RES wurden von Jilg (2014) beschrieben. In der Versuchsration von Jilg (2014) war der Anteil RES auf 4 % reduziert, um 15 %

Ackerbohnen in der TM zu füttern. In einer Studie aus Finnland wurde in drei Versuchsgruppen (Gruppe 1: 100% RES, Gruppe 2: 50% RES, 50% Ackerbohnen, Gruppe 3: 100% Ackerbohnen) der Einsatz von Ackerbohnen in grassilagebetonten Rationen untersucht. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Trockenmasseaufnahme und die Milchmenge durch den Einsatz von Ackerbohnen sanken und rieten ab, Ackerbohnen als alleiniges Eiweißfuttermittel in Milchviehrationen einzusetzen (Puhakka et al., 2016).

Nach dem Variantenwechsel sank die Milchmenge in der Gruppe, die fortan die Versuchsration erhielt, stärker. Dies geht einher mit der reduzierten Trockenmasseaufnahme dieser Gruppe nach dem Variantenwechsel. Gleichzeitig reduzierten sich die Fett- und Eiweißmenge. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die KG sich nach dem Variantenwechsel nicht so gut an die neue Ration mit den Ackerbohnen adaptierte, wie die VG. Ob dieser Effekt allein auf den Einsatz der Ackerbohnen zurückzuführen ist, lässt sich nicht abschließend klären.

Die Milchwahnstoffgehalte beider Gruppen befanden sich im definierten Optimalbereich der DLG (Glatz-Hoppe et al., 2020) zwischen 150 mg/l bis 250 mg/l. Dies lässt darauf schließen, dass eine ausreichende ruminale Stickstoffversorgung und –verwertung vorlag. Der höhere Milchwahnstoffgehalt der Ackerbohnen-Versuchsgruppe könnte im Zusammenhang mit dem leicht höheren XP-Gehalt der Versuchsration (165 g/kg TM) im Vergleich zur Kontrollration (159 g/kg TM) begründet liegen (Decker et al., 2021). Puhakka et al. (2016) verzeichneten ebenfalls einen tendenziellen Anstieg des Milchwahnstoffgehaltes bei Erhöhung des Anteils Ackerbohnen als Substitut zu RES. Bei gleichzeitig reduzierter TMA und Milchleistung schlussfolgerten sie, dass die Verwertung des Futterproteins mit dem Ackerbohneneinsatz beeinträchtigt wird. Da in der Ackerbohnen-Versuchsgruppe zeitweise die Obergrenze des

Optimalbereichs des Milchharnstoffgehaltes erreicht wurde, sollte v.a. bei der Fütterung von Milchkühen im 1. Laktationsdrittel auf mögliche Stoffwechselbelastungen durch zu hohe ruminale Stickstoffeinträge bei möglicher reduzierter Energieaufnahme und dadurch reduzierter Stickstoffverwertung geachtet werden (Harnstoffgehalte >250 mg/l).

4.3 Stickstoffausscheidungen und Effizienzen

Die über die Milch kalkulierten Stickstoffausscheidungen lagen, bedingt durch die höheren Milchharnstoffgehalte, in der Versuchsgruppe höher als in der Kontrollgruppe. Auch hier ist festzuhalten, dass der empfohlene Grenzwert von 152 kg N/Tier/Jahr für den Leistungsbereich von 12.000 kg Milch (DLG, 2014) in beiden Gruppen unterschritten wird. Kürzlich wurden in der Schweiz Daten über vier Jahre ausgewertet, die belegen, dass der Milchharnstoffgehalt deutliche Hinweise auf die N-Ausscheidungen über den Harn gibt. Höhere Umweltbelastungen sind durch den Einsatz der Ackerbohnen und damit verbundenen höheren N-Ausscheidungen zu erwarten. Wenn man diese jedoch in Relation zu dem erwarteten Nutzen (bspw. Verringerung der N-Düngung) betrachtet, sollte das Ergebnis kein Ausschusskriterium für den Einsatz darstellen.

4.4 Ökonomie

Das kalkulierte Einkommen nach Futterkosten lag im vorliegenden Versuch um 0,29 € höher für die Versuchsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Durch geringere Futterkosten und leicht höhere Milchleistung und –inhaltsstoffe war die Ackerbohnen-Versuchsgruppe im ökonomischen Vorteil. Dies spiegelte sich auch in allen geprüften Szenarien mit Änderung des Milchpreises und der Futterkosten wider. Ökonomisch betrachtet ergab sich aus dieser Berechnung kein Nachteil für den partiellen Austausch von RES durch AB. Neben dem IOFC

spielen für den Einsatz von Ackerbohnen als hofeigenes Eiweißfuttermittel innerbetriebliche Faktoren eine Rolle. Zu nennen wären hierbei die lange Anbaupause von 5 bis 7 Jahren, Ertragsschwankungen und damit verbunden geringere Deckungsbeiträge im Vergleich zu Getreide oder Raps. Neben diesen Nachteilen bietet der Anbau dennoch pflanzenbauliche Vorteile (bspw. Mehrertrag der Folgekultur, Einsparung von Stickstoff, Pflanzenschutzmittel und Bodenbearbeitung) (Böhm et al., 2020).

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Hinblick auf die Entwicklung des Marktpreises von Raps sowie möglicher begrenzter Verfügbarkeit wird der Einsatz von Körnerleguminosen, wie der Ackerbohne, zunehmend interessant in der Milchviehfütterung. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die partielle Substitution von RES durch geschrotete Ackerbohnen in einem Einzeltier-Fütterungsversuch zu prüfen. Dafür wurden Daten von 74 Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein am ZTT Iden erhoben und ausgewertet. Die Hälfte der Tiere erhielt über 14 Wochen im Hauptversuch die Ackerbohnen-Versuchsration, während die andere Hälfte als Kontrollgruppe ohne Ackerbohnen versorgt wurde. Im Anschluss an den Hauptversuch fand ein Variantenwechsel zwischen den Gruppen statt.

Der Einsatz von 3,6 kg TM Ackerbohnen (14 % d. TM der TMR) kann für die Milchkuhfütterung in der mittleren Laktation bei Tieren mit hohem Leistungsniveau (12.000 kg/Jahr) als unbedenklich eingestuft werden. Negative Effekte, wie eine geringere Futteraufnahme oder Veränderungen in der Milchleistung sowie dem Milchfett und Milcheiweißgehalt wurden nicht beobachtet. Eine teilweise Substitution von RES mit Ackerbohnen konnte ohne Leistungseinbußen dargestellt werden. Dabei waren Versuchs- und Kontrollgruppe stets bedarfsgerecht versorgt. Die höheren Milchwurstoffgehalte und kalkulierten Stickstoff-Ausscheidungen der AB-Versuchsgruppe lagen noch im Optimalbereich/unter dem Grenzwert. Ökonomisch betrachtet befand sich die AB-Versuchsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe im leichten Vorteil.

Vor dem Einsatz der Ackerbohnen als Futtermittel sollte mindestens eine Nährstoffanalyse durchgeführt werden, um eine bedarfsgerechte Ration erstellen zu können.

Die Berechnung Einkommen nach Futterkosten fiel positiv für die Ackerbohnen-VG aus. Entscheidend für die Einsatzwürdigkeit ist vorrangig jedoch die Verfügbarkeit und betriebliche Ausrichtung. Auch bei zunehmender Bedeutung liegt die Anbaufläche auf einem niedrigen Niveau.

Quellenverzeichnis

- Abel, H. J. (2016). Bioaktive sekundäre Inhaltsstoffe. In Jeroch, Lipiec, Abel, Zentek, Grela, & Bellof (Eds.), *Körnerleguminosen als Futter- und Nahrungsmittel* (pp. 92–103). DLG-Verlag.
- Bader, J., & Blessing, C. (2020). *Ackerbohne L. Vicia*.
- Bannink, & Hindle. (2003). Prediction of N intake and N excretion by dairy cows from milk data. *Report 03 0008567*.
- Bissinger, C., Schneider, K., & Steingaß, H. (2007). Heimische Körnerleguminosen mit geschütztem Protein in der. *UFOP-Schriften, 33*.
https://www.ufop.de/files/2313/3922/6291/UFOP_Schriften_Heft_33.pdf
- Bissinger, C., Steingaß, H., & Drochner, W. (2004). Steigerung des Gehaltes an nutzbarem Protein bei Körnerleguminosen mittels ökologisch konformer technischer Bearbeitungsverfahren zur Förderung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Hochleistungskühen im ökologischen Landbau. *BÖL-Bundesprogramm Ökologischer Landbau*.
<https://orgprints.org/id/eprint/8661/1/8661-02OE005-bissinger-2004-milchkuehe.pdf>
- Böhm, H., Dauber, J., Dehler, M., Gallardo, D. A. A., de Witte, T., Fuß, R., Höppner, F., Langhof, M., Rinke, N., Rodemann, B., Rühl, G., & Schittenhelm, S. (2020). Crop rotations with and without legumes: A review. *Journal Fur Kulturpflanzen, 72*(10–11), 489–509.
<https://doi.org/10.5073/JfK.2020.10-11.01>
- Bundessortenamt. (2021). *Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais Öl- und Faserpflanzen Leguminosen Rüben Zwischenfrüchte*.
- Cherif, C., Hassanat, F., Claveau, S., Girard, J., Gervais, R., & Benchaar, C. (2018).

- Faba bean (*Vicia faba*) inclusion in dairy cow diets: Effect on nutrient digestion, rumen fermentation, nitrogen utilization, methane production, and milk performance. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8916–8928.
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-14890>
- Decker, A., Zähler, M., Dohme-Meier, F., Böttger, C., Münger, A., Heimo, D., & Schrade, S. (2021). Milchharnstoffgehalt: Was sagt er über die stickstoffausscheidungen aus? *Agrarforschung Schweiz*, 12, 137–145.
<https://doi.org/10.34776/afs12-137>
- DLG. (2014). *Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere*.
- Engelhard, T, Helm, L., Riemann, E., Andert, G., Meyer, A., Steingaß, H., Bulang, M., Schulz, U., & Richardt, W. (2016). *Einsatz von Blauen Lupinen als hofeigenes Eiweißfuttermittel in der Milchkuhfütterung*.
- Engelhard, Thomas, Helm, L., Riemann, E., Andert, G., Zarwel, H., & Meyer, A. (2012). *Bericht*.
- Feedipedia. (2015). Animal Feed Resources Information System. In *INRA, CIRAD, AFZ and FAO*.
- FEFAC. (2020). *European Feed Manufacturers Federation Yearbook*.
- Glatz-Hoppe, J., Losand, B., Kampf, D., Onken, F., & Spiekers, H. (2020). Nutzung von Milchkontrolldaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkühen. *DLG Merkblatt*, 451.
- Guddad, C., Wölfel, S., & Götz, R. (2014). *Fachinformation zum Anbau von Winterackerbohnen*. <http://www.tll.de/ainfo/pdf/wabo0414.pdf>
- Jilg, T. (2014). *Ackerbohneinsatz in der Milchviehfütterung*. (Issue 1).

- LfL. (2018). *Veränderung der Erzeugungskosten beim Einsatz von heimischen Eiweißfuttermitteln.*
- Losand, B., & Priepke, A. (2020). *Nutzung einheimischer Körnerleguminosen in der Fütterung hochleistender Milchkühe.*
- Mendowski, S., Chapoutot, P., Chesneau, G., Ferlay, A., Enjalbert, F., Cantalapiedra-Hijar, G., Germain, A., & Nozière, P. (2020). Effects of pretreatment with reducing sugars or an enzymatic cocktail before extrusion of fava bean on nitrogen metabolism and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *103*(1), 396–409.
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17286>
- Micek, P., Kowalski, Z. M., Kulig, B., & Kański, J. (2015). Effect of variety and plant protection method on chemical composition and in vitro digestibility of faba bean (*vicia faba*) seeds. *Annals of Animal Science*, *15*(1), 143–154.
<https://doi.org/10.2478/aoas-2014-0080>
- Pries, M., & Freitag, M. (2005). *Ackerbohnen oder Lupinen zur Eiweißversorgung von Milchkühen.*
- Pries, M., Mahlkow-Nerge, K., Engelhard, T., Meyer, A., & Steingaß, H. (2012). Einsatz von Raps- und Sojaextraktionsschrot in der Fütterung von Kühen mit hoher Milchleistung und unterschiedlichen Anteilen an Maissilage in der Grobfuttermittellration - Teil 2 Fütterungsversuche. *Forum Angewandte Forschung*, 1–4.
- Puhakka, L., Jaakkola, S., Simpura, I., Kokkonen, T., & Vanhatalo, A. (2016). Effects of replacing rapeseed meal with fava bean at 2 concentrate crude protein levels on feed intake, nutrient digestion, and milk production in cows fed grass silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, *99*(10), 7993–8006. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10925>

- R core Team. (2018). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.*
- SAS Institute Inc., Cary, NC, U. (2017). Sas® 9.4. *SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.*
- Schleswig-Holstein, L. (2022). *Futtermittelpreise.*
<https://www.lksh.de/landwirtschaft/markt/futtermittelpreise/>
- Spiekers, H., Nußbaum, H., & Potthast, V. (2009). *Erfolgreiche Milchviehfütterung.* DLG-Verlag.
- Titze, N., Krieg, J., Steingass, H., & Rodehutschord, M. (2019). Variation of lupin protein degradation in ruminants studied in situ and using chemical protein fractions. *Animal, 13*(4). <https://doi.org/10.1017/S1751731118002124>
- Trostle, R. (2008). A Report from the Economic Research Service Global Agricultural Supply and Demand : Factors Contributing to the Recent Increase in Food. *Agricultural Outlook.*
- Weber, M. (2016). *Inhaltsstoffe von Futtererbsen und Ackerbohnen deutschlandweit geprüft.* Proteinmarkt.De.

Anhang

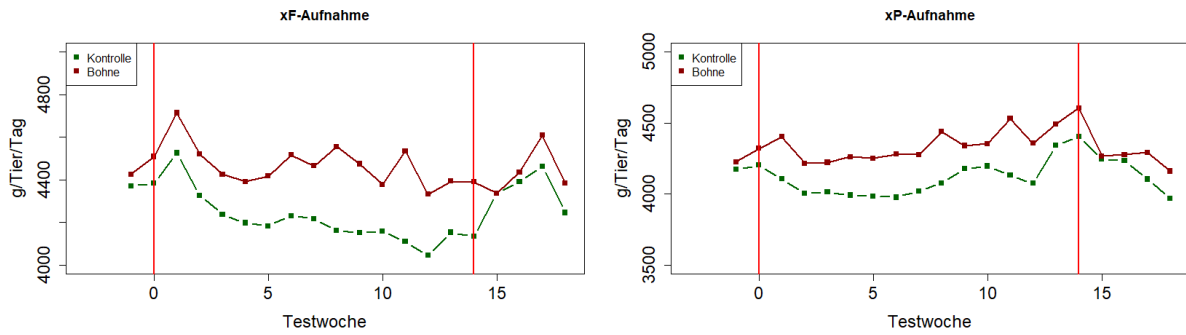


Abbildung 6: XF-Aufnahme und xP-Aufnahmen der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.

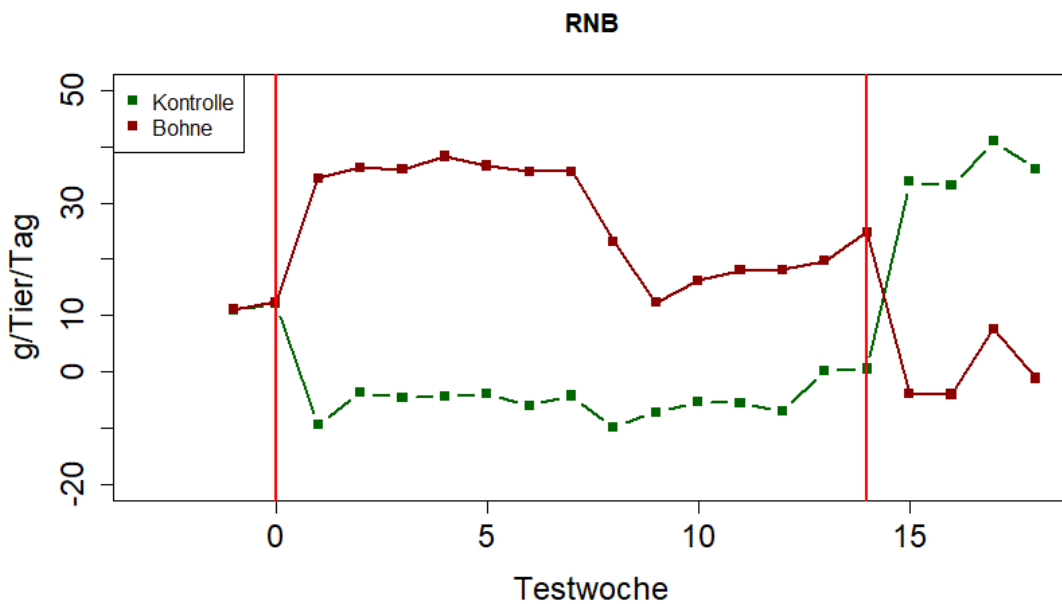


Abbildung 7: RNB der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.

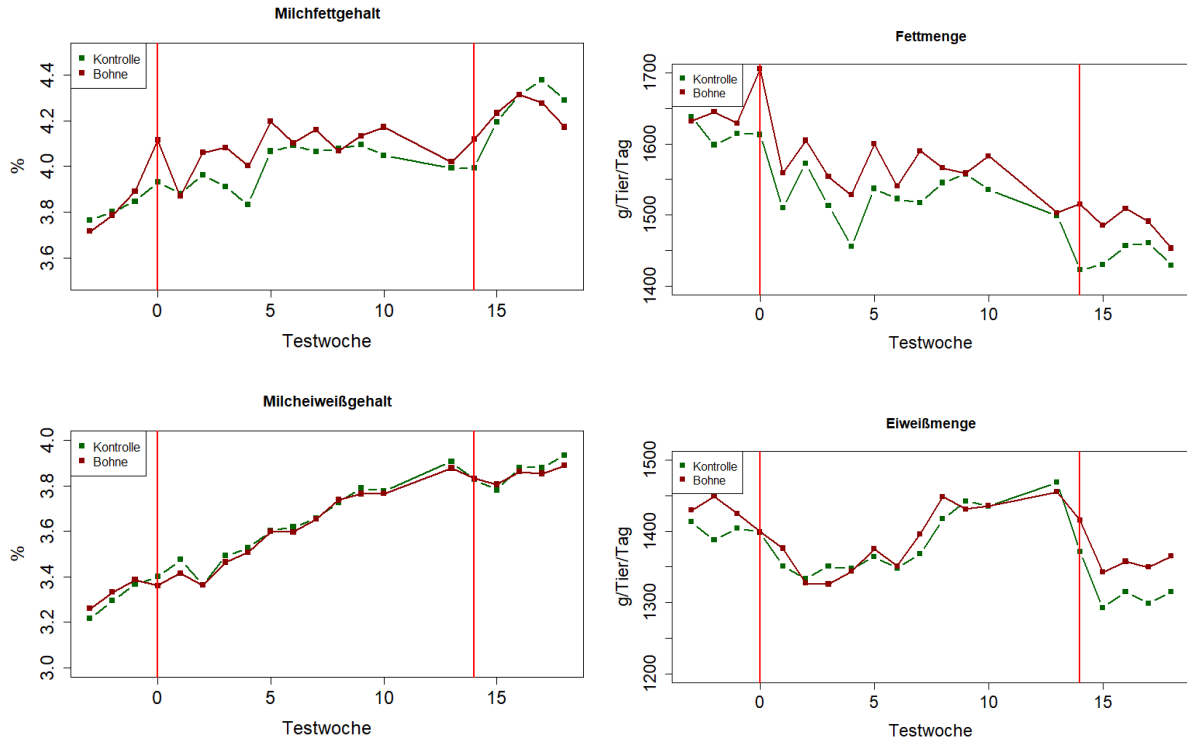


Abbildung 8: Milchfett- und Milcheiweißgehalt sowie Milchfett- und Milcheiweißmenge der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.

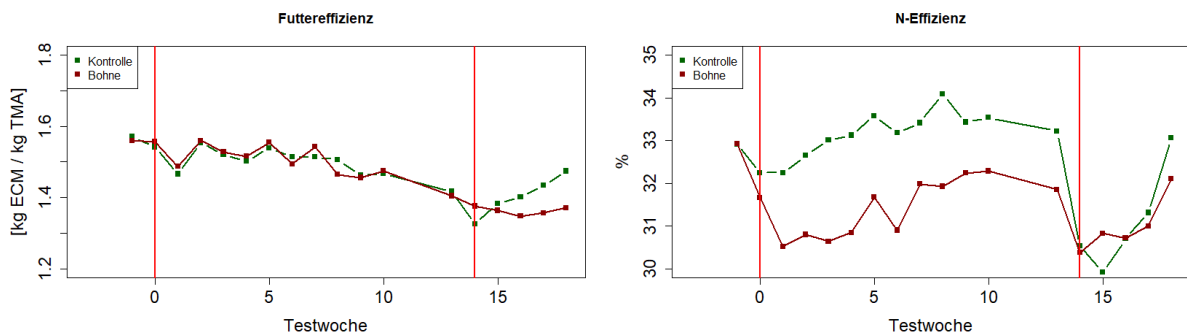


Abbildung 9: Futtermittelfizienz und N-Effizienz der Versuchsgruppe (braun) und Kontrollgruppe (grün). Senkrechte rote Linien markieren Start und Ende des Fütterungsversuches.