

Einsatz von Rotklee-grassilage-Presskuchen aus der Bioraffinierung in der Bio-Milchviehfütterung

Manuel Winter¹, Andreas Steinwidder^{1*}, Michael Mandl², Georg Terler¹, Reinhard Resch¹, Joseph B. Sweeney³ und Kevin McDonnell³

Zusammenfassung

Zur Gewinnung von Protein aus heimischen Futterquellen für Monogastrier rücken zunehmend Feldfutter- und Grünlandbeständen in den Focus der Forschung. In einem Bioraffinierungsprozess wurde Rotklee-gras-Silage dazu abgepresst, um das im Presssaft enthaltene Protein in der Bio-Geflügelmast zu testen. In der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz des dabei anfallenden Rotklee-grassilage-Presskuchens in der Bio-Milchviehfütterung geprüft. Der Versuch wurde in der Winterfütterungsperiode 2021/2022 unter biologischen Bedingungen in Form eines vollständigen lateinischen Quadrats mit 15 Milchkühen (6 HF- und 9 Fleckviehtiere) durchgeführt, wobei jeweils zwei Wochen als Adaptierungs- und drei Wochen als Auswertungsperioden dienten. Allen Tieren wurden die Rationen in Form einer TMR vorgelegt. Die Kontrollration (K) bestand aus einer Mischration aus 37 % Grassilage, 37 % Rotklee-silage und 26 % Kraftfutter. Die Ration der Versuchsgruppe 1 (V1) bestand aus 37 % Grassilage, 18,5 % Rotklee-silage, 18,5 % Presskuchen-Klee-grassilage und 26 % Kraftfutter. In V2 erhielten die Tiere 37 % Grassilage, 37 % Presskuchen-Klee-grassilage und 26 % Kraftfutter. Der Presskuchen-Anteil in V2 machte daher 50 % des Grundfutters aus. Die Versuchsdaten wurden mit einem gemischten Modell statistisch analysiert. Die Futteraufnahme lag in Gruppe V2 (18,19 kg TM/d) signifikant niedriger als in Gruppe V1 (19,15 kg TM/d) und numerisch niedriger als in der Kontrollgruppe (18,95 kg TM/d). In der energiekorrigierten Milchleistung (ECM) wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt ($P=0,329$). In der Energiebilanz sowie in der Rücken-fettdicke und Körperkondition wurden ebenfalls keine statistisch gesicherten Gruppenunterschiede ermittelt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unter vergleichbaren Bedingungen wie im Versuch bis zu einem Klee-grassilage-Presskuchenanteil von 25 % am Grundfutter bzw. 18,5 % der Gesamtfutterration kein Rückgang der Futteraufnahme und Milchleistung zu erwarten ist. Bei einer Einsatzmenge von 50 % am Grundfutter wurde jedoch ein gesicherter Rückgang der Futteraufnahme festgestellt und die ECM-Leistung lag numerisch tiefer. Bei Einsatz von höheren Mengen an Presskuchen muss, insbesondere unter grundfutterbasierten Fütterungsbedingungen, dieser Rückgang sowie auch jener in der Protein- und Energieversorgung sowie den Mineralstoffen beachtet werden. Die Prüfung von Einsatzmengen über 25 % des Grundfutters, über eine längere Fütterungsphase und auch bei geringerem Kraftfuttereinsatz, sollten Gegenstand weiterer Versuche sein.

Schlagwörter: Grünes Protein, Bioraffinerie, Eiweiß aus Grünland, Presskuchen, Milchkühe, Biologische Landwirtschaft

Summary

To obtain protein from domestic sources for monogastric animals, field fodder and grassland forages are increasingly coming in the focus of research. In a biorefining

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² tbw research GesmbH, Schönbrunner Str. 297, A-1120 Wien

³ LIFE farm4more, School of Biosystems Engineering, University College Dublin, Dublin 4, IE

* Ansprechpartner: PD Dr. Andreas Steinwidder, email: andreas.steinwidder@raumberg-gumpenstein.at

process, red clover grass silage was pressed to test the protein contained in the pressed juice in organic poultry fattening. In the present experiment, the use of the resulting red-clover grass silage press-cake (red-clover pulp silage) in organic dairy cattle feeding was tested. The trial was conducted in the winter-feeding period 2021/2022 under organic conditions with a complete Latin square design with 15 dairy cows (6 HF and 9 Fleckvieh), with two weeks as adaptation period and three weeks as evaluation periods. All animals were given a TMR ration. The control ration (K) consisted of a mixed ration of 37 % grass silage, 37 % red clover silage and 26 % concentrate. The ration of experimental group 1 (V1) consisted of 37 % grass silage, 18.5 % red clover silage, 18.5 % pressed cake clover silage and 26 % concentrate. In V2, the animals received 37 % grass silage, 37 % pressed cake clover silage and 26 % concentrated feed. The data were statistically analysed with a mixed model. Feed intake was significantly lower in group V2 (18.19 kg DM/d) than in group V1 (19.15 kg DM/d) and numerically lower than in the control group (18.95 kg DM/d). No significant group differences were found in energy corrected milk yield (ECM) ($P=0.329$). In the energy balance as well as in the backfat thickness and body condition no statistically confirmed group differences were found. In summary, it can be said that under the tested experimental conditions no decrease in feed intake and milk yield is to be expected up to a clover grass silage press cake proportion of 25 % of the forage (18.5 % of DM intake). However, at an application rate of 50 %, an assured decrease in feed intake was observed and the ECM performance was numerically lowest. When using higher amounts of press cake, especially under forage-based feeding conditions, this decrease as well as that in protein and energy supply and minerals must be taken into account. The testing of application rates above 25 % of the forage (>18.5 % of DMI), over a longer feeding phase and with lower concentrate application, should be the subject of further trials.

Keywords: green protein, biorefinery, protein from grassland, press cake, dairy cows, organic farming

1 Einleitung

Grüne Bioraffinerien bieten neuartige Möglichkeiten, Biomasse effizient zu nutzen und dabei die Ökosystemleistungen von Feldfutterbeständen und Grünland zu erhalten (Savonen et al., 2020). In einer grünen Bioraffinerie können Feld- und Grünlandfutter oder Silagen daraus in flüssige (Presssaft) und feste Fraktionen (faserreicher Presskuchen) getrennt werden. Der so gewonnene Saft kann zu innovativen Futtermittelkomponenten (Protein, Aminosäuren, organischen Säuren usw.) für Monogastrier weiterverarbeitet werden, während der Presskuchen aufgrund seines hohen Gehalts an Strukturkomponenten als Wiederkäuerfuttermittel verwendet wird (Damborg et al., 2019; Savonen et al., 2020; Pijlman et al., 2018). Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Fütterungseigenschaften des Presskuchens durch das Ausgangssubstrat (Nährstoffgehalt, Verdaulichkeit etc.), das Pressverfahren (Druck, Temperatur etc.) und die weitere Behandlung des Pressguts beeinflusst werden (McEniry und O'Kiely, 2013; Franco et al., 2019; Rinne et al., 1999). Darüber hinaus beeinflussen die weiteren Rationskomponenten sowie die Nährstoffzusammensetzung der gesamten Ration die Eignung des Presskuchens in der Fütterung. Damborg et al. (2019) verglichen Presskuchen aus Kleemischsilage mit einer intakten (nicht ausgepressten) Silage, die jedoch eine Woche später geerntet wurde als der Pflanzenbestand, der für den Presskuchen verwendet wurde. Die Milchkühe zeigten bei Einsatz des Presskuchens eine verbesserte Gesamtfuttermittelaufnahme und Milchproduktion. Savonen et al. (2020) führen aus, dass durch die mechanische Behandlung während der Saftgewinnung, die ruminale Abbaubarkeit des Presskuchens und die Futtermittelaufnahme (bis zu 25 % Presskuchen in der Ration) verbessert werden können. Pijlman et al. (2018)

fanden heraus, dass Presskuchen (8 kg TM/Kuh und Tag; etwa 25 % in der Ration), der eine geringere N- und P-Konzentration aufwies als unraffinierte Grassilage, die N- und P-Verwertung der Milchkühe verbessern konnte, ohne die Milchproduktion negativ zu beeinträchtigen. Bei der Interpretation der oben angeführten Arbeiten ist zu beachten, dass in diesen Studien kraftfutterreiche Rationen verfüttert wurden. Die verbesserte Struktur-Kohlenhydratzufuhr in den Versuchsgruppen-Rationen könnte daher die Pansenfermentation verbessert haben. In der vorliegenden Arbeit sollte der Presskucheneinsatz in der biologischen Milchviehfütterung geprüft werden.

2 Tiere, Material und Methoden

2.1 Versuchsställe und Methoden

Der Fütterungsversuch fand in den Wintermonaten zwischen 2021 und 2022 statt. Der Versuchsplan folgte einem „lateinischen Quadrat“ mit 3 Gruppen und 3 Perioden (3 × 3) mit insgesamt 15 Tieren. Im Verlauf des Versuchs kam jede Kuh in jede Fütterungsgruppe. Die Anfütterung dauerte zu Beginn jeder Periode 14 Tage und die Datenerhebung erfolgte über 21 Tage. Die Versuchstiere (6 Holstein Friesian und 9 österreichische Zweinutzungs-Fleckvieh) wurden auf Grund ihrer Leistungsparameter (Futteraufnahme, Milchleistung, BCS, Körpergewicht) den drei Gruppen gleichmäßig zugeteilt.

Die drei Grundfütterationen bestanden aus folgenden Komponenten: **Kontrollgruppe (K)**: unraffinierte Grassilage (50 % der Grundfutter TM) und Rotkleeegrassilage (50 % der TM); **Versuchsgruppe 1 (V1)**: unraffinierte Grassilage (50 % der TM) und Rotkleeegrassilage (25 % der TM) sowie Rotkleeegrassilage-Presskuchen (25 % der TM); **Versuchsgruppe 2 (V2)**: unraffinierte Grassilage (50 % der TM) sowie Rotkleeegras-Presskuchen (50 % der Grundfutter TM). Die Grundfütteration wurde mit 26 % Kraftfutter (in der TM) ergänzt und in Form einer Total-Mischration (TMR; elektronischer Standmixer Scherfler E-stat 6.5) vorgelegt. Das gemahlene Kraftfutter bestand in allen Gruppen aus 35 % Gerste, 8 % Körnermais, 45 % Erbsen, 6 % Sojakuchen, 3,4 % Ackerbohnen, 0,5 % Salz sowie 2 % einer Mineralstoffmischung (6 % Ca, 10 % P, 5 % Na, 120 % Mg, Vitamine und Spurenelemente) und 0,1 % Melasse. In der Kontrollgruppe (K) bestand dementsprechend die TMR zu 37% aus Grassilage, zu 37% aus Rotkleeegrassilage und zu 26% aus Kraftfutter (auf TM-Basis). In der Versuchsgruppe 1 (V1) bestand die TMR aus 37 % Grassilage, 18,5 % Rotkleeegrassilage, 18,5 % Rotkleeegrassilage-Presskuchen und zu 26% aus Kraftfutter, in der Versuchsgruppe 2 (V2) aus 37 % Grassilage, 37 % Rotkleeegrassilage-Presskuchen und ebenfalls 26 % Kraftfutter. Durch entsprechende Wasserzugabe wurde in allen Gruppen ein Trockensubstanzgehalt der TMR von 38% eingestellt. Während des Versuchszeitraums wurde die TMR zweimal täglich individuell über ein Calan Broadbent Feeding System (www.americancalan.com) angeboten. Alle Tiere hatten freien Zugang zur TMR.

2.2 Hammel-Verdauungsversuch

Die scheinbare Verdaulichkeit der Silagen (Rotkleesilage und Rotkleeegras-Silage) und den jeweiligen Presskuchensilagen wurde mit Hammeln bestimmt (GfE, 1991; Bothe et al., 2017). Dazu wurden die Futteraufnahmen und alle Ausscheidungen separat erhoben. Anschließend wurden Futter und Ausscheidungen chemisch entsprechend den VDLUFA-Standards analysiert (Bothe et al., 2017; VDLUFA, 2012). Anhand dieser Daten wurde die scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe berechnet. Die Verdaulichkeit der Rotkleesilagen, der Rotkleeegrassilagen und der Presskuchensilagen wurden mit vier Tieren pro Futtermittel untersucht. Das Durchschnittsalter der Tiere betrug 3,6 Jahre, das durchschnittliche Lebendgewicht lag bei 80 kg. Die Tiere erhielten 1 kg TM des jeweiligen Grundfutters pro Tag, welches mit 20 g Mineralstoffzusatz und 4 g Salz pro Tag (auf Frischmassebasis) ergänzt wurde. Diese Ration entsprach in etwa dem

Erhaltungsbedarf der Tiere. Der gesamte Versuch dauerte vier Wochen mit einer Eingewöhnungsphase und einer fünftägigen Versuchsphase. Die Futteraufnahme und die Kotmengen wurden täglich aufgezeichnet. Der Gehalt an metabolisierbarer Energie (ME) und Netto-Laktationsenergie (NEL) in den Futtermitteln wurde nach den Empfehlungen der GfE (2001) berechnet.

2.3 Erhobene und berechnete Daten

2.3.1 Milchparameter, BCS, RFD und Verdaulichkeit

Die Kühe wurden zweimal täglich um etwa 6:00 und 17:00 Uhr gemolken. Die Milchleistung wurde während des gesamten Versuchszeitraums täglich aufgezeichnet und der Gehalt an Milchfett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff sowie die Anzahl der somatischen Zellen wurden an drei Tagen pro Woche bestimmt. Die energiekorrigierte Milchleistung (ECM) wurde nach GfE (2001) wie folgt berechnet: $ECM (kg) = (Milch \text{ kg} \times (Fett \% \times 0,38 + Eiweiß \% \times 0,21 + 1,05)) / 3,2$. Nach dem morgendlichen Melken wurde das individuelle Körpergewicht zweimal wöchentlich mit einer installierten Viehwaage (AGRETO 4x1t HD1) erfasst. Das Body Condition Scoring (BCS) wurde von derselben geschulten Person gemessen, wobei eine Skala von 1 bis 5 mit 0,25 Schritten verwendet wurde. Die Ultraschallmessung der Rückenfettdicke (RFD) wurde wöchentlich durchgeführt (Pavo pro, Proxima Medical Systems GmbH) (Wildman et al., 1982; Ferguson et al., 1994; Schröder und Staufenbiel, 2006).

Die Verdaulichkeit der TMR wurde ebenfalls nach GfE (1991) an vier Hammeln pro Futtermittel untersucht (siehe oben). Zusätzlich zu den Hammelversuchen wurde die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe der TMR durch die Kühe mit Hilfe von säureunlöslicher Asche (als interner Indikator) bestimmt. Zu diesem Zweck wurden von jeder Kuh 5 Tage vor Ende des Versuchszeitraums rektal im Abstand von 12 Stunden Kotproben entnommen und zu einer Einzelprobe gepoolt. Bis zur Nährstoffanalyse (nach VDLUFA, 2012) in Raumberg-Gumpenstein wurden diese Proben bei -20°C gelagert. Die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe wurde nach der in Kirchgeßner et al. (2014) beschriebenen Methode errechnet. Der säureunlösliche Aschegehalt (AIA) wurde mit 2N-Salzsäure (HCl) bestimmt.

2.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertung

Die Daten wurden mit MS-Access und MS-Excel erfasst und verarbeitet. Die statistische Analyse wurde mit SAS 9.4 (SAS Institute, 2012; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) durchgeführt. Um die Residuen auf Normalverteilung zu testen, wurde das Verfahren univariate verwendet. Daten von abhängigen Variablen (response variables), die nicht normalverteilt waren (somatische Zellzahlen), wurden vor der statistischen Analyse in natürliche Logarithmen transformiert und es werden die P-Werte für die transformierten Daten angegeben.

Die Daten zur Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung, Nährstoffversorgung und Pansen-Motilität wurden mit Hilfe eines gemischten Modells analysiert, das die fixen Effekte der Gruppe (K, V1 und V2), der Periode (P; 1-3), der Woche innerhalb der Periode (1-3), der Laktationsgruppe der Kühe (1 und 2 für erstkalbende Kühe bzw. Kühe in höheren Laktationen) und die Interaktion von Gruppe x Periode (K x P) enthielt. Alle anderen Interaktionen waren nicht signifikant oder nicht schätzbar und wurden daher nicht in das endgültige Modell aufgenommen. Der Tag der Laktation und das Lebendgewicht wurden als lineare Regressionsvariablen einbezogen. Das Tier innerhalb der Rasse wurde als zufälliger Effekt berücksichtigt und die Woche als Faktor, für den die Messungen wiederholt wurden (autoregressive Kovarianzstruktur erster Ordnung) für das Tier innerhalb der Gruppe. Bei wiederholten Messungen wurde die Kenward-Roger-Korrektur bei der Berechnung der Freiheitsgrade verwendet. Die paarweisen Gruppenvergleiche

wurden nach Tukey durchgeführt. In den Ergebnistabellen sind die LS-Mittelwerte, die Residualstandardabweichung (s_e) und Standardfehler des Mittelwerts (Std.) sowie P-Werte für den Gruppeneffekt dargestellt. Für die statistische Signifikanz wurde das Wahrscheinlichkeitsniveau (P) auf $P \leq 0,05$ festgelegt. P-Werte zwischen $0,05 < P \leq 0,10$ wurden als Tendenzen definiert. Unterschiedliche Großbuchstaben weisen auf signifikante Gruppenunterschiede im paarweisen Gruppenvergleich hin.

Die Hammelverdauungsversuche wurden mit einem GLM-Modell mit der Gruppe als fixem Effekt ausgewertet. Die Verdaulichkeitsergebnisse der Kühe wurden mit Hilfe eines gemischten Modells analysiert, das die fixen Effekte der Gruppe (K, V1 und V2), der Periode (1-3) und die Interaktion von Gruppe x Periode enthielt. Der Tag der Laktation und das Lebendgewicht wurden als lineare Regressionsvariablen einbezogen. Die Wochendaten des Tieres wurden als wiederholte Messung innerhalb der Gruppe einbezogen (autoregressive Kovarianzstruktur erster Ordnung).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Hammelversuch zu den Einzelkomponenten

3.1.1 Nährstoffgehalt der Grundfuttermittel

Die Nährstoffzusammensetzung der im Verdaulichkeitsversuch verwendeten Futtermittel ist in Tabelle 1 aufgeführt. Obwohl der TM-Gehalt in der Rotklee-gras-Silage um 70 g/kg TM höher war als in der Rotklee-Silage, war der TM-Gehalt im Press-

Tabelle 1: Nährstoffzusammensetzung der Futtermittel im Verdaulichkeitsversuch mit Hammeln

	Rotklee- gras-Silage	Presskuchen aus Rotklee-gras-Silage	Rotklee- Silage	Presskuchen aus Rotklee-Silage
TM, g/kg FM	340	390	271	393
XP, g/kg TM	148	117	168	134
XL, g/kg TM	25	27	24	28
XF, g/kg TM	220	317	190	311
OM, g/kg TM	894	924	889	922
Rohasche, g/kg TM	106	76	111	78
NDF, g/kg TM	364	490	295	427
ADF, g/kg TM	285	375	263	367
ADL, g/kg TM	28	44	26	49
NFC, g/kg TM	357	291	402	334
Ca, g/kg TM	12,4	9,8	14,4	12,7
P, g/kg TM	3,13	1,49	3,12	1,44
Mg, g/kg TM	2,35	1,45	2,80	2,04
K, g/kg TM	30,9	15,9	31,1	16,9
Na, g/kg TM	0,079	0,190	0,059	0,194
Mn, mg/kg TM	53,8	39,1	46,7	34,9
Zn, mg/kg TM	48,5	17,4	27,1	19,3
Cu, mg/kg TM	7,24	6,59	8,78	8,82

TM = Trockenmasse, XP = Rohprotein; XL = Rohfett; XF = Rohfaser; OM = organic matter; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser, ADF = Säure-Detergenzien-Faser, ADL = Säure-Detergenzien-Lignin, NFC = Nicht-Struktur-Kohlenhydrate

kuchen beider Silagen nahezu identisch. Im Vergleich zur Originalsilage war der XP-, Asche- und NFC-Gehalt niedriger und der XF-, NDF-, ADF- und ADL-Gehalt in den Presskuchensilagen höher. Durch das Pressen der Silagen sank auch der Gehalt an den meisten Mineralstoffen und Spurenelementen. Im Gegensatz dazu stieg der Na-Gehalt an, der Cu-Gehalt wurde durch das Pressen fast nicht beeinträchtigt.

3.1.2 Scheinbare Verdaulichkeit der Grundfuttermittel

Das Pressen der Silagen verringerte die Verdaulichkeit von TM, organischer Substanz (OM), XP und NFC, während die Verdaulichkeit des Ätherextrakts und Faserkomponenten nicht beeinflusst wurde. Bei keinem der Verdaulichkeitsparameter wurde eine Wechselwirkung zwischen der pflanzlichen Zusammensetzung und der Behandlung festgestellt. Die geringere TM- und OM-Verdaulichkeit der Presskuchensilagen im Vergleich zu den Originalsilagen lässt sich durch den höheren Gehalt an Faserkomponenten und den niedrigeren Zuckergehalt in den Presskuchensilagen erklären. Darüber hinaus trug auch die geringere NFC-Verdaulichkeit zur niedrigeren TM- und OM-Verdaulichkeit der Presskuchensilagen bei. Die OM-Verdaulichkeit von Presskuchensilage war im Vergleich zu Studien von Damborg et al. (2019, 71,6 %) und Savonen et al. (2019, 69,9 %) niedriger. Ein Grund für die geringere OM-Verdaulichkeit im aktuellen Versuch könnte eine höhere Flüssigkeitsausbeute beim Silagepressen sein. Der Presskuchen machte im vorliegenden Versuch ca. 68 % (auf TM-Basis) der ursprünglichen Silage aus, während der Presskuchenertrag in den Versuchen von Damborg et al. (2019) und Savonen et al. (2019) ca. 80 % betrug. Hochverdauliche Nährstoffe (z.B. Zucker, organische Säuren) werden während des Pressvorgangs ausgepresst. Eine höhere Pressintensität erhöht die Saftausbeute und kann den Anteil der hochverdaulichen Nährstoffe im Presskuchen verringern. Dies könnte die vergleichsweise geringe OM-Verdaulichkeit im aktuellen Versuch erklären. Infolge der geringeren Verdaulichkeit war der Energiegehalt der Presskuchen-Silagen um knapp 1 MJ ME und 0,7 MJ NEL niedriger als jener der Originalsilage.

Tabelle 2: Scheinbare Verdaulichkeit und Energiegehalt der Originalsilagen und den Presskuchensilagen aus Klee- bzw. Rotklee

Merkmale	Futtermittel				s _e	P Werte			R ²
	RG	RK	RG_PK	RK_PK		Bot	BE	Bot x BE	
Scheinbare Verdaulichkeit, %									
Trockenmasse	72,3	74,0	66,3	64,9	2,3	0,925	<0,001	0,234	79,2
Rohprotein	62,8	68,5	46,3	51,7	3,2	0,010	<0,001	0,930	91,2
Rohfett	49,3	47,4	50,4	47,8	4,3	0,351	0,756	0,878	9,9
Rohfaser	65,6	62,7	67,1	66,0	2,6	0,182	0,124	0,526	33,6
Organische Masse	74,7	76,6	67,6	66,7	2,1	0,666	<0,001	0,243	85,3
NDF	64,6	58,4	63,4	54,8	3,5	0,003	0,221	0,536	63,6
ADF	63,9	62,4	62,0	56,6	3,4	0,087	0,057	0,314	46,8
NFC	91,2	94,5	84,3	89,1	1,1	<0,001	<0,001	0,261	94,5
Energiegehalt, MJ/kg TM									
ME	10,21	10,46	9,44	9,34	0,27	0,628	<0,001	0,267	80,8
NEL	6,14	6,33	5,54	5,47	0,19	0,608	<0,001	0,237	83,2

RG = Rotklee-Grassilage; RK = Rotklee-Silage; PK = Presskuchen; se = Reststandardabweichung; Bot = Botanische Zusammensetzung; BE = Behandlung (Silage vs. Presskuchen); R² = Bestimmtheitsmaß; NDF = Neutrale-Detergenzien -Faser; ADF = Säure-Detergenzien-Faser; NFC = Nicht-Faser-Kohlenhydrate; ME = metabolisierbare Energie; NEL = Netto-Erneuerungsleistung

3.2 Ergebnisse des Milchkuhversuchs

3.2.1 Nährstoffgehalt der Gesamtmischrationen (TMR)

Die Nährstoffzusammensetzung der im Milchviehversuch verwendeten Futtermittel ist in Tabelle 3 aufgeführt. Der TM-Gehalt in den drei TMR-Gruppen war nahezu identisch (39 %). In der TMR der Kontrollgruppe (K) waren die XP-, NFC-, P- und K-Gehalte höher und die XL-, XF-, NDF-, ADF- und ADL-Gehalte geringer als in V1 und insbesondere V2. Die im Hammelversuch ermittelten Energiegehalte lagen in allen Mischungen im Bereich von 6,1 bis 6,3 MJ NEL/kg TM. Berücksichtigt man die unterschiedlichen Rohaschegehalte

Tabelle 3: Nährstoffzusammensetzung der im Versuch mit Milchkühen verwendeten Gesamtmischrationen (Gewicht in TMR)

	Gruppe K		Gruppe V1		Gruppe V2	
	Mittel	Std.	Mittel	Std.	Mittel	Std.
Anzahl	9		9		9	
TM, g/kg FM	389	10,4	392	6,9	393	10,2
XP, g/kg TM	141	8,9	135	5,8	132	4,8
XL, g/kg TM	22	3,4	22	2,6	24	1,7
XF, g/kg TM	218	7,3	233	13,9	247	16,4
NfE, g/kg TM	536	13,7	532	16,1	525	16,9
XA, g/kg TM	82	1,5	79	3,0	72	1,3
OM, g/kg TM	918	1,5	921	3,0	928	1,3
NDF, g/kg TM	382	28,9	401	34,0	424	39,0
ADF, g/kg TM	264	9,1	278	16,2	298	7,8
ADL, g/kg TM	32	6,9	30	3,8	33	5,1
NFC, g/kg TM	372	25,9	364	33,3	349	37,5
UDP, g/kg TM	27	1,7	27	1,1	27	1,0
nXP, g/kg TM	140	1,7	138	1,2	142	0,9
RNB, g/kg TM	0,3	1,16	-0,4	0,74	-1,5	0,62
ME, MJ/kg TM	10,23	0,025	10,13	0,034	10,46	0,013
NEL, MJ/kg TM ¹⁾	6,13	0,014	6,06	0,019	6,28	0,011
NEL, MJ/kg OM ¹⁾	6,67	0,016	6,58	0,021	6,77	0,012
Ca, g/kg TM	8,0	0,59	7,7	0,73	7,1	0,56
P, g/kg TM	3,6	0,19	3,3	0,11	3,1	0,12
K, g/kg TM	22,4	1,00	20,3	0,83	17,6	0,74
Mg, g/kg TM	2,3	0,12	2,2	0,14	2,0	0,10
Na, g/kg TM	1,48	0,124	1,44	0,171	1,48	0,176
Cu, mg/kg TM	13	1,6	12	1,4	13	1,6
Mn, mg/kg TM	60	6,9	64	9,1	60	8,5
Zn, mg/kg TM	49	6,7	48	7,0	52	7,5
Fe, mg/kg TM	677	1,1	671	2,2	693	1,0

TM = Trockenmasse, XP = Rohprotein; XL = Rohfett; XF = Rohfaser; OM = organische Substanz; NfE = stickstofffreie Extraktstoffe; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser, ADF = Säure-Detergenzien-Faser, ADL = Säure-Detergenzien-Lignin, NFC = Nicht-Faser-Kohlenhydrate; UDP = unabbaubares Futterprotein; nXP = nutzbares Rohprotein am Dünndarm; RNB = ruminale N-Bilanz; ME = metabolisierbare Energie; NEL = Nettoenergie für die Laktation

¹⁾ Energiegehalt berechnet nach GfE (1991) mit den Verdaulichkeitsergebnissen des Hammelversuchs

bzw. den Gehalt an organischer Substanz, so lagen die Energiekonzentrationen in allen drei Gruppen auf einem vergleichbaren Niveau (6,6-6,8 MJ NEL/kg OM).

3.2.2 Futter-, Energie- und Nährstoffaufnahme

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Futter-, Nährstoff- und Energieaufnahme der Milchkühe zusammengefasst. Die tägliche Futteraufnahme war in der Gruppe V1 (25% Rotkleegrassilage-Presskuchenanteil am Grundfutter; 19,15 kg TM/d) am höchsten und in der Gruppe V2 (50% Rotkleegrassilage-Presskuchen am Grundfutter; 18,19 kg TM/d) am niedrigsten. Die Kontrollgruppe ohne Presskuchen lag dazwischen (18,85 kg TM). Erwartungsgemäß sank die Rohprotein-, die N-freie Extraktstoff- (NfE) und die NFC-Aufnahme von Gruppe K zu V1 und V2 signifikant. Im Gegensatz dazu stieg die Aufnahme der strukturellen Kohlenhydratfraktionen (NDF, ADF, ADL, Rohfaser) von Gruppe K zu V2 an. Auch die ruminale N-Bilanz nahm von K über V1 bis V2 ab. Diese Veränderungen in der Nährstoffzusammensetzung können die etwas eingeschränkte Futteraufnahme in V2 erklären. Das Pressen der Silage bewirkt auch eine Verringerung des Mineralstoffgehalts im Presskuchen. Dies führte zu einer leichten Abnahme der Aufnahme an den Mengenelemente Ca, K und P von Gruppe K über V1 zu Gruppe V2.

Tabelle 4: Futter-, Nährstoff- und Energieaufnahme der Milchkühe in den Gruppen K, V1 und V2

Merkmale ^{a)}	K	V1	V2	s _e	P-Wert Gruppe
Futteraufnahme (kg TM/d)	18,95 ^{ab}	19,15 ^a	18,19 ^b	1,158	0,037
Std.	0,297	0,296	0,297		
ME-Aufnahme (MJ ME/d)	194,0	193,9	190,6	13,29	0,548
Std.	2,81	2,80	2,81		
Nettoenergie-Aufnahme (MJ NEL/d)	116,2	115,9	114,4	7,86	0,689
Std.	1,70	1,70	1,71		
Rohprotein-Aufnahme (kg/d)	2,70 ^a	2,59 ^a	2,40 ^b	0,206	<0,001
Std.	0,047	0,047	0,047		
nXP-Aufnahme (kg/d)	2,655	2,642	2,580	0,1807	0,278
Std.	0,0389	0,0388	0,0390		
RNB (Ruminal N Bilanz, g N/d)	7,08 ^a	-6,8 ^b	-20,2 ^c	11,88	<0,001
Std.	1,58	1,58	1,59		
NDF-Aufnahme (kg/d)	7,22 ^b	7,65 ^{ab}	7,75 ^a	0,744	0,035
Std.	0,161	0,160	0,160		
ADF-Aufnahme (kg/d)	4,98 ^b	5,29 ^b	5,44 ^a	0,407	0,001
Std.	0,094	0,094	0,094		
P-Aufnahme (kg/d)	0,069 ^a	0,064 ^b	0,056 ^c	0,005	<0,001
Std.	0,0012	0,0012	0,0012		

^{a)} Zahlen mit unterschiedlichen Hochbuchstaben in einer Zeile weisen auf einen signifikanten Unterschied (P<0,05) im paarweisen Gruppenvergleich hin

3.2.3 Milchleistung und Qualität

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse zur Milchleistung und Milchqualität dargestellt. Es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede bei der täglichen Milchleistung und den Hauptnährstoffgehalten und -leistungen (Eiweiß, Fett, Laktose) festgestellt. Auch die Milchezellzahl lag in allen Gruppen auf einem sehr guten Niveau. Die Milchharnstoffwerte waren, wie auf vielen Biobetrieben im Winter, niedrig. Der Milchharnstoffgehalt

Tabelle 5: Milchleistung und Milchqualität in den Gruppen K, V1 und V2

Merkmale ^{a)}	K	V1	V2	S _e	P-Wert-Gruppe
Milchleistung (kg/d)	23,69	24,14	23,25	0,751	0,595
Std.	0,684	0,681	0,684		
ECM (kg/d)	24,50	24,99	23,43	1,384	0,329
Std.	0,835	0,832	0,836		
Milcheiweiß (%)	3,12	3,09	3,03	0,066	0,323
Std.	0,044	0,044	0,044		
Milchfett (%)	4,46	4,51	4,31	0,475	0,336
Std.	0,108	0,107	0,108		
Milch-Harnstoffgehalt (mg/100 ml)	12,4 ^a	11,0 ^{ab}	9,2 ^b	1,32	0,001
Std.	0,59	0,59	0,60		

^{a)} Zahlen mit unterschiedlichen Hochbuchstaben in einer Zeile weisen auf einen signifikanten Unterschied (P<0,05) im paarweisen Gruppenvergleich hin

nahm von Gruppe K bis V2 ab. Der niedrige Harnstoffgehalt in V2 könnte bereits auf eine mangelhafte N-Versorgung der Pansenmikroben hinweisen, was neben den höheren Strukturkohlenhydratgehalten in V2 auch die Pansenfermentation und Futteraufnahme eingeschränkt haben könnte.

3.2.2 Nährstoff- und Energieversorgung, Körperreservparameter und Futteraufwand

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse zur Nährstoff- und Energieversorgung sowie zu den Parametern Körperreserve (Tageszunahme, BCS, Rückenfettdicke) und Futteraufwand dargestellt. Mit Ausnahme von Phosphor (Bilanz und Aufwand) wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt. Die Tiere aller Gruppen waren energetisch bedarfsgerecht versorgt, die Nährstoffbedarfsdeckung lag im Bereich von 100%. In der Gruppe V1 wurde eine leichte energetische Unterversorgung errechnet, dafür zeigten die Tiere in V1 die höchste Milchleistung. Die Daten zur Körperkondition, Rückenfettdicke und zum Körpergewicht zeigten in allen Gruppen keine Auffälligkeiten.

In Bezug auf Phosphor wurde ein Rückgang des Aufwands von Gruppe K über V1 zu V2 festgestellt. Bei P-Überschussrationen, wie sie im vorliegenden Versuch in allen Gruppen vorlagen (P-Bilanz positiv), verbessert sich die P-Effizienz also, wenn Presskuchen mit geringerem P-Gehalt verwendet wird. In diesem Fall sind auch geringere P-Ausscheidungen zu erwarten.

4 Schlussfolgerungen

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Kühe in allen Versuchsgruppen mit einer Gesamtmischration mit vergleichbarem Trockenmassegehalt gefüttert wurden. Mit Ausnahme der ersten Tage nach einer Rationsumstellung (ersten Tage in der Übergangswoche) wurden keine signifikanten Unterschiede in der Akzeptanz der Rationen festgestellt. Auch die statistischen Auswertungen bezüglich des Sortierverhaltens und der Futterauswahl (Partikellängenverteilung, Nährstoffunterschiede zwischen dem angebotenen Futter und den Resten) zeigten keine signifikanten Gruppenunterschiede. Auch das Liegeverhalten der Tiere und die Bewegungen des Pansens (Wiederkäueraktivität etc.) unterschieden sich nicht zwischen den geprüften Rationen. Unter den geprüften Versuchsbedingungen zeigte ein Presskuchenanteil von bis zu 25 % im Grunfdutter (18,5 % der Gesamtration) keine negativen Auswirkungen auf die

Tabelle 6: Energie-, nXP- und P-Bilanz, Körpergewicht, Body Condition Score, Rückenfettdicke sowie Futter- und Nährstoffaufwand in den Gruppen K, V1 und V2

Merkmale ^{a)}	K	V1	V2	s _e	p-Werte Gruppe
Energiebilanz (MJ NEL/d)	1,0	-0,7	3,0	6,53	0,602
Std.	2,87	2,86	2,87		
nXP-Bilanz (g/d)	342	318	363	97,2	0,769
Std.	48,7	48,5	48,7		
Körpergewicht (kg)	598	600	597	2,3	0,988
Std.	19,1	19,1	19,1		
BCS (Punkte 1-5)	3,31	3,29	3,29	0,046	0,982
Std.	0,087	0,087	0,087		
RFD (Rückenfettdicke, mm)	9,3	8,8	9,3	1,25	0,291
Std.	0,31	0,31	0,31		
Energie-Aufwand/kg Milch (MJ NEL/kg ECM)	4,75	4,66	4,88	0,285	0,450
Std.	0,139	0,138	0,139		
TM-Aufwand/kg Milch (kg DM/kg ECM)	0,77	0,77	0,78	0,045	0,963
Std.	0,023	0,023	0,023		
Rohprotein Aufwand/kg ECM (kg/kg ECM)	0,11	0,10	0,10	0,010	0,146
Std.	0,003	0,003	0,003		
Rohprotein-Effizienz (%)	28	29	30	2,0	0,160
Std.	0,8	0,8	0,8		
P-Bilanz (g/d)	14,7 ^a	9,0 ^b	2,4 ^c	5,92	<0,001
Std.	1,54	1,53	1,54		
P-Aufwand/kg Milch (g/kg ECM)	3,0 ^a	2,8 ^{ab}	2,6 ^b	0,26	<0,001
Std.	0,07	0,07	0,07		

^{a)} Zahlen mit unterschiedlichen Hochbuchstaben in einer Zeile weisen auf einen signifikanten Unterschied (P<0,05) im paarweisen Gruppenvergleich hin

Futteraufnahme, bei höheren Anteilen muss jedoch aufgrund des höheren Fasergehaltes und des geringeren Rohproteingehaltes mit einer reduzierten Futteraufnahme gerechnet werden. Die Rohprotein- und die NFC-Aufnahme sanken und die NDF- bzw. ADF-Aufnahme stieg von Gruppe K über V1 zu V2 an, die ruminale N-Bilanz nahm von K bis V2 ab. Diese Ergebnisse liefern mögliche Erklärungen für den leichten Rückgang der Futteraufnahme in V2. Auch die an den Milchkühen gemessene scheinbare Verdaulichkeit der Trockenmasse, des Rohproteins und der N-freien Extraktstoffe war in V2 am niedrigsten. Bei der scheinbaren Verdaulichkeit der Struktur-Kohlenhydrate wurden keine Unterschiede festgestellt, obwohl die Tiere in V2 am meisten davon aufnahmen. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass beim Pressvorgang die Strukturbestandteile etwas aufgeschlossen wurden. Darauf deuten auch die Ergebnisse der Hammelversuche hin. Bei der Nettoenergieaufnahme wurden nur numerische Gruppenunterschiede festgestellt. Die Milchleistung und der Gehalt an Milch Inhaltsstoffen unterschieden sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen, numerisch lag die Gruppe V2 am tiefsten. Die Abnahme des Milchharnstoff- und Blutplasma-Harnstoffgehaltes von K über V1 bis V2 weisen auf den Rückgang der N-Versorgung der Pansenmikroben hin. Sowohl in der Nährstoff- und Energieversorgung der Milchkühe als auch im Body-Condition-Score und den Hauptparametern des Futteraufwands wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt.

Für Phosphor wurde ein Rückgang des Aufwands von Gruppe K bis zu V2 berechnet. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Tiere in allen Gruppen mit P überversorgt waren und dieser Überschuss von Gruppe K bis V2 abnahm.

Die Ergebnisse des Versuchs zeigen, dass Rotkleegrassilage-Presskuchen ein geeignetes Futtermittel für Wiederkäuer darstellt. Bei der Gestaltung der Ration sind der reduzierte Rohproteingehalt und der steigende Gehalt an Strukturkohlenhydraten zu berücksichtigen.

Wie die vorliegenden Ergebnisse zeigen, können unter vergleichbaren Fütterungsbedingungen Mengen von 25 % Presskuchen am Grundfutter (18,5 % der Gesamtration auf TM-Basis) ohne negative Effekte auf die Futteraufnahme und Leistung eingesetzt werden.

Aufgrund des geringeren Nährstoffbedarfs dürften am Ende der Laktation, während der Trockenstehzeit und zur Fütterung von Aufzuchtalbinnen, Schafen, Ziegen und Pferden höhere Presskuchenmengen (>25 % der Grundfutter-TM) ohne Leistungseinbußen einsetzbar sein. In diesem Fall ist der Nährstoffgehalt der Gesamtration durch die Wahl des Ergänzungsfutters an die jeweiligen Nährstoffversorgungsempfehlungen anzupassen.



Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Beteiligung der Europäischen Union zum Life-Projekt „LIFE Farm4More - Future Agricultural Management for multiple outputs on climate and rural development“ mit der Projektnummer LIFE 18 CCM /IE/001195 Farm4More.

Weitere Infos zum Projekt über www.farm4more.eu

5 Literaturverzeichnis

Pijlman, J., S. Koopmans, G. De Hang, F. Lenssinick, K.M. Van Houwelingen, J.P.M. Sanders, J.G.C. Deru and J.W. Erisman, 2018: Effect of feeding the grass fibrous fraction obtained from biorefinery on N and P utilisation of dairy cows. Proceedings of the 20th Nitrogen Workshop. June 25-27, 2018 Rennes, France, 431-433.

Damborg VK, Jensen SK, Johansen M, Ambye-Jensen M and Weisbjerg MR, 2019: Ensiled pulp from biorefining increased milk production in dairy cows compared with grass-clover silage. *Journal of Dairy Science* 102, 8883–8897.

DeVries, T.J., Holtshausen, L., Oba, M., Beauchemin, K.A., 2011: Effect of parity and stage of lactation on feed sorting behaviour of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94, 4039–4045. <https://doi.org/10.3168/JDS.2011-4264>.

Endres, M.I. und A.E. Barberg, 2007: Behavior of Dairy Cows in an Alternative Bedded-Pack Housing System. *J. Dairy Sci.* 90, 4192–4200.

Ferguson, J.D., Galligan, D.T., Thomsen, N., 1994: Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 77, 2695-2703.

Franco M, Hurme T, Winqvist E and Rinne M, 2019: Grass silage for biorefinery – a meta-analysis of silage factors affecting liquid-solid separation. *Grass and Forage Science* 74, 218–230.

GfE, 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder (Recommended energy and nutrient supply for dairy cows and growing cattle). Frankfurt am Main, Germany: DLG-Verlag; 2001.

- GfE, 1991:** Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen an Wiederkäuern [Guidelines for determination of crude nutrient digestibility with ruminants]. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65, 229–234.
- GfE, 2008:** New Equations for predicting metabolisable energy of grass and maize products for ruminants. *Proc.Soc. Nutr. Physiol.* 17, 191–197.
- GfE, 2009:** New equations for predicting metabolisable energy of compound feeds for cattle. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 18, 143-146.
- Horn, M, Steinwider, A, Gasteiner, J, Podstatzky, L, Haiger, A, Zollitsch, W, 2013:** Suitability of different dairy cow types for an Alpine organic and low-input milk production system. *Livest. Sci.*153,135–146.
- Ito, K., D.M. Weary und M.A.G. von Keyserlingk, 2009:** Lying behavior: Assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 4412–4420.
- Kononoff PJ, Heinrichs AJ, Buckmaster DA.,2003:** Modification of the Penn State forage and TMR separator and the effects of moisture content on its measurements. *J. Dairy Sci.* 86(5):1858-1863.
- Ledgerwood, D.N., C. Winckler and C.B. Tucker, 2010:** Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behaviour of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 93, 5129–5 139.
- LfL, 2020:** Der Ökologische Gesamtzuchtwert (August 2020). Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- McEniry J and O’Kiely P, 2013:** The estimated nutritive value of three common grassland species at three primary growth harvest dates following ensiling and fractionation of press-cake. *Agricultural and Food Science* 22, 194–200.
- Rinne M, Jaakkola S, Kaustell K, Heikkilä T and Huhtanen P, 1999:** Silages harvested at different stages of grass growth v. concentrate foods as energy and protein sources in milk production. *Animal Science* 69, 251–263.
- Savonen, O., M. Franco, T. Stefanski, P. Mäntysaari, K. Kuoppala and M. Rinne, 2020:** Grass silage pulp as a dietary component for high-yielding dairy cows. *Animal*, 14 (7), 1472–1480.
- Schröder, U.J., Staufenbiel, R., 2006:** Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. *Journal of Dairy Science* 89, 1-14.
- VDLUFA, 2012:** In: VDLUFA (Ed.), *Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Umweltmethodik (VDLUFA Methodenbuch) Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln.* VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Germany.
- Wildman, E.E., Jones, G.M., Wagner, P.E., Boman, R.L., Troutt, H.F., Lesch, T.N., 1982:** A Dairy Cow Body Condition Scoring System and Its Relationship to Selected Production Characteristics. *Journal of Dairy Science* 65, 495-501.