

Farm4More - Innovative Landbewirtschaftung zur Minderung der Emissionen und Förderung der ländlichen Entwicklung - EU-LIFE Projektteil der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Abschlussbericht

Abschlussbericht

Farm4More — Innovative Landbewirtschaftung zur Minderung der Emissionen und Förderung der ländlichen Entwicklung - EU- LIFE Projektteil der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

*Future Agricultural Management for multiple
outputs on climate and rural development - EU-LIFE
projectpart of AREC Raumberg-Gumpenstein*

Nummer: 101440

Akronym: Farm4More

Projektleitung HBLFA Raumberg-Gumpenstein:

Andreas Steinwider

Projektmitarbeiter HBLFA Raumberg-Gumpenstein:

Reinhard Resch²; Georg Terler³; Eduard Zentner⁴, Michael
Kropsch⁴, Manuel Winter¹

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und
Biodiversität der Nutztiere, Trautenfels 15, A-8951 Stainach-Pürgg.
E-Mail: andreas.steinwider@raumberg-gumpenstein;

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft,
Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

³ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38,
A-8952 Irdning-Donnersbachtal

⁴ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Tier, Technik und Umwelt ,
Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

Laufzeit: 2019-2023

Irdning-Donnersbachtal 2023

Externe Projektmitarbeiter (Versuche HBLFA Raumberg-Gumpenstein):

Michael Mandl⁵; Ernst Holler⁶; Joseph B. Sweeny⁷,
Kevin McDonnell⁷

⁵ tbw research GesmbH, Schönbrunner Str. 297, A-1120 Wien

⁶ Biochar-Nergy GmbH, Gabersdorf 11, A-8424 Gabersdorf

⁷ UCD School of Biosystems and Food Engineering, Room 303 Agriculture & Food Science Centre Belfield, Dublin 4, Ireland

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Landwirtschaft

Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

raumberg-gumpenstein.at

AutorInnen: Ing. Reinhard Resch; Dr. Georg Terler; Ing. Eduard Zentner, Michael Kropsch, Manuel

Winter, BSc., HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Fotonachweis: HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Gestaltung: Veronika Winner

Alle Rechte vorbehalten

Irdning-Donnersbachtal 2023

Inhalt

Zusammenfassung / Summary.....7

Erträge und Verluste sowie Futter- und Gärqualitäten aus der Bioraffinierung von Rotklee- und Rottklee-Grassilage.....21

Reinhard Resch, Manuel Winter, Michael Mandl, Andreas Steinwider,
Joseph B. Sweeny, Kevin McDonnell

Einsatz von Rotklee-Grassilage-Presskuchen aus der Bioraffinierung in der Bio-Milchviehfütterung.....33

Manuel Winter, Andreas Steinwider, Michael Mandl, Georg Terler, Reinhard Resch,
Joseph B. Sweeny, Kevin McDonnell

Prüfung des Silage Presssaftkonzentrats unter biologischen Hühnermastbedingungen.....47

Manuel Winter, Andreas Steinwider, Michael Kropsch, Michael Mandl, Reinhard Resch,
Joseph B. Sweeny

Prüfung des Potenzials von Futterkohle (Biochar) zur Reduktion der Methanemissionen in der Milchviehhaltung.....63

Georg Terler, Ernst Holler, Manuel Winter, Michael Mandl, Andreas Steinwider,
Joseph B. Sweeny, Kevin McDonnell

Wirkung von Futterkohle (Biochar) auf Leistung und Emissionen in der Hühnermast.....71

Manuel Winter, Ernst Holler, Michael Kropsch, Andreas Steinwider, Michael Mandl,
Georg Terler, Reinhard Resch, Joseph B. Sweeny, Kevin McDonnell

Zusammenfassung Summary



Zusammenfassung

Sowohl der Klimawandel als auch der steigende Bedarf nach tierischen Lebensmitteln stellen bedeutende Herausforderungen für die Gesellschaft und die Landwirtschaft dar. Die Lebens- und Futtermittelproduktion ist auf globaler Ebene aber auch ein bedeutender „Treibhausgasfaktor“ und trägt durch den wachsenden Flächenbedarf für die Futtermittelbereitung auch zum „Verlust ökologisch wertvoller Flächen“ bei. Daher sind Innovationen zur Emissionsminderung, zur Effizienzsteigerung in der Lebensmittelversorgung und zur Verminderung des Verbrauchs wertvoller Flächen für die Tierfütterung von zentraler Bedeutung. Im europäischen LIFE-Projekt „farm4more“ (Laufzeit Juli 2019 bis Juni 2024) werden diese Herausforderungen, in einer länderübergreifenden Zusammenarbeit von Forschungsstellen, Universitäten, Firmen und Interessensgruppen entlang der Lebensmittel-Wertschöpfungskette, durch innovative Konzepte bearbeitet. Der vorliegende DaFNE-Abschlussbericht fasst die Ergebnisse von Forschungsarbeiten der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zu den zwei Hauptthemengebieten (1) alternative Proteinquelle bzw. (2) Futterkohleeinsatz welche im Rahmen des Life-Projektes bis Juni 2023 erarbeitet wurden, zusammen.

1) Alternative Proteinquelle für Monogastrier – Kleegras- und Seegrassilage Presssaft

Pilotstudien haben gezeigt, dass die Gewinnung von Aminosäuren bzw. Eiweißkonzentraten aus Feld- und Grünlandfutter (Kleegras, Luzerne etc.) sowie aus Meeres-See gras ein bedeutendes Potenzial zur nachhaltigen Proteinversorgung der wachsenden Menschheit haben könnte. Im „farm4more Projekt“ wird die direkte Gewinnung von wertvollen Proteinbausteinen aus Kleegrassilage und Seegrassilage untersucht. Die daraus gewonnenen Aminosäuren sollen der Fütterung von Hühnern und Schweinen dienen und damit den klimaschädlichen Proteinimportbedarf, den Ackerflächenbedarf für die Tierfütterung sowie den Druck auf ökologisch wertvolle Flächen reduzieren helfen. Darüber hinaus sollen aber auch, die beim Proteingewinnungsprozess anfallenden Nebenprodukte (z.B. Presskuchen aus Feldfutter), sinnvoll in der Fütterung von Wiederkäuern eingesetzt werden. Folgende Projektteile wurden von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein im LIFE-Projekt „farm4more“ bearbeitet:

1.1 Erträge und Verluste sowie Futter- und Gärqualitäten aus der Bioraffinierung von Rotklee- und Rotklee-Grassilage

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

1.3 Prüfung des Silage-Presssaftkonzentrats unter biologischen Hühnermastbedingungen

2) Bio-Kohle in der Fütterung

Durch die gezielte Nutzung von Kohle wurden in Hochkulturen schon vor Jahrtausenden fruchtbare landwirtschaftliche Böden aufgebaut. Die Erzeugung von Kohle und deren Einbringung in den Boden kann auch zur C-Sequestrierung beitragen. In Fachbeiträgen und in wissenschaftlichen Arbeiten wird darüber hinaus auch über mögliche positive Wirkungen von hochwertiger Futterkohle in der Tierernährung (Emissionsminderung bzw. Leistungssteigerungen) berichtet. Im Rahmen des LIFE-Projekt „farm4more“ wurden von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein dazu folgende Projektteile bearbeitet:

2.1 Prüfung des Potenzials von Futterkohle (Biochar) zur Reduktion der Methanemissionen in der Milchviehhaltung

2.2 Wirkung von Futterkohle (Biochar) auf Leistung und Emissionen in der Hühnermast

Im folgenden Abschnitt sind die Anlage der Versuche sowie Hauptergebnisse zusammenfassend dargestellt.

1) Alternative Proteinquelle für Monogastrier – Klee gras- und Seegrassilage Presssaft

1.1 Erträge und Verluste sowie Futter- und Gärqualitäten aus der Bioraffinierung von Rotklee- und Rotklee-Grassilage

Im Versuch wurden drei verschiedene Arten von vorgewelktem Grünlandfutter aus dem 1. Aufwuchs (Vorversuch 2020: 1 – grasreich; Hauptversuch 2021: 2 – Gras/Rotklee gemenge („Klee gras“), 3 – Rotklee) in Rundballen einsiliert und nach der Vergärung mit einer praxiskonformen Schneckenpresse an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bioraffiniert. Ziel der Arbeit war einerseits die stoffliche Bilanzierung von TM und Inhaltsstoffen durch flächenbezogene quantitative Bewertung von Stoffströmen vom Pflanzenbestand zum Zeitpunkt der Mahd, über Ernte- und Konservierungsverluste, Fraktionierung aus der Bioraffinierung (Presssaft und Presskuchen) bis hin zu weiteren Prozessverlusten durch erneute Silierung des Presskuchens. Außerdem wurde der Frage nachgegangen, inwieweit der faserreiche Presskuchen, der als Rückstand der Bioraffinierung neuerlich siliert wurde, konservierungsmäßig und in der Wiederkäuerfütterung funktioniert.

Die Ertragshebungen ergaben für Rotklee gras 3.033 kg (Klee gras) bzw. für Rotklee 2.795 kg TM-Bruttoertrag/ha für den 1. Aufwuchs. Feldverluste waren mit 84 bis 91 kg TM/ha zu beziffern. Die Fermentationsverluste in den Silorundballen betragen bei Rotklee gras 322 kg und bei Rotklee nur 19 kg Trockenmasse bzw. 10 % bei Rotklee gras und 1 % bei Rotklee. Die Bioraffinierung der Silagen erfolgte nach kontrollierter Anwässerung des Materials im Mischwagen auf 230 g TM/kg FM mit einer Schneckenpresse (Typ: Bellmer/Kufferath Akupress X250). Die Pressung der angewässerten Grassilagen führte zu einer einheitlichen Anhebung des TM-Gehaltes in den Presskuchen auf rund 370 g/kg FM. Von einem Hektar Rotklee gras wurde insgesamt 669 kg Presssaft und bei Rotklee 746 kg Presssaft erzeugt. Auf die Grassilage bezogen machte die Saftausbeute 26 % bzw. 28 % aus. Somit ergaben sich TM-Verluste bei der Pressung von 174 kg TM/ha (6,6 %) beim Klee gras und 99 kg TM/ha (3,7 %) beim Rotklee. Die gesamten TM-Verluste vom Grünfutter vor der Ernte bis zum fertigen Futtermittel betragen insgesamt 620 kg TM/ha (20,4 %) bei Klee gras und 163 kg TM/ha (5,8 %) bei Rotklee. Vom gesamten Rohprotein (XP) aus der Silage konnten durch die Bioraffinierung rund 36 % in den Presssaft überführt werden und ca. 54 % verblieben im Presskuchen. Der frische Presssaft enthielt 204 bis 208 g XP/kg TM. Gegenüber der Silage büßte der Presskuchen ca. 30 g XP/kg TM ein. Die Pressung bedingte XP-Verluste von 9,2 bis 10,3 %. Bezogen auf die Hektarerträge gingen bei Klee gras 24 % XP und bei Rotklee 15 % XP bis zum fertigen Futter verloren. Die Prozessverluste während der Pressung an den essentiellen Aminosäuren Lysin, Methionin und Cystin lagen im hohen Bereich von 30 bis 41 %. Anhand der vorliegenden Daten sind die Ursachen für diese hohen Verluste nicht ausreichend erklärbar. Daher ist hier unbedingt ein Forschungsbedarf gegeben, um mögliche Fehlerquellen zu ergründen. Der Effekt der Fraktionierung über die Futterpressung bewirkte im Presskuchen einen Anstieg der aNDFom-Gehalte um ca. 100 g/kg TM gegenüber der Silage. Die Massenbilanz für aNDFom ergab einen Gesamtverlust von 22 % NDF für Klee gras und 4 % für Rotklee. Durch die Pressung der Silagen wurden 44 bis 47 % der Rohasche (XA) in den Presssaft transferiert. Im Presskuchen reduzierten sich die XA-Gehalte gegenüber der Silage um ca. 30 g/kg TM. Mit der Pressung gelangten 56 bis 58 % an P in den Presssaft und 5

bis 9 % gingen bei der Pressung verloren, sodass der Presskuchen nur mehr 1,5 bis 1,6 g P/kg TM enthielt. Beim Kupfer (CU) wurden nur rund 22 % in den Presssaft überführt, sodass im Presskuchen die Kupfergehalte höher waren als in der Silage.

Mit der Pressung wanderten 57 bis 62 % an Gärungsprodukten wie Milch-, Essig-, Propion- und Buttersäure, sowie Ethanol in den Presssaft, wodurch dieser sehr hohe Gehalte von 133 bis 192 g Gärprodukte/kg TM enthielt. Im frischen Presskuchen wurden die Summengehalte an Gärprodukten und auch der Zuckergehalt halbiert. Die Re-Silierung bewirkte eine ausgeprägte Milch- und Essigsäuregärung, welche die pH-Werte signifikant unter den kritischen pH-Wert senkte und für eine sehr gute Gärqualität sorgte. Durch die zweite Gärung wurde praktisch fast der gesamte Zucker und auch ein Teil der NFC der Presskuchen verbraucht. Zu Fragen der Senkung von Prozessverlusten besteht weiterer Forschungsbedarf.

1.2 Einsatz von Rotkleegrassilage-Presskuchen aus der Bioraffinierung in der Bio-Milchviehfütterung

Zur Gewinnung von Protein aus heimischen Quellen für Monogastrier rücken zunehmend Feldfutter- und Grünlandbeständen in den Focus der Forschung. In einem Bioraffinierungsprozess wurde Rotkleegrassilage dazu abgepresst um das im Presssaft enthaltene Protein in der Bio-Geflügelmast zu testen. In der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz des dabei anfallenden Rotkleegrassilage-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 % Rotkleesilage und 26 % Kraftfutter. Die Ration der Versuchsgruppe 1 (V1) bestand aus 37 % Grassilage, 18,5 % Rotkleesilage, 18,5 % Presskuchen-Kleegrassilage und 26 % Kraftfutter. In V2 erhielten die Tiere 37 % Grassilage, 37 % Presskuchen-Kleegrassilage und 26 % Kraftfutter. Der Presskuchen-Anteil in V2 machte daher 50 % des Grundfutters aus. Die Versuchsdaten wurden mit einem gemischten Modell statistisch analysiert. Die Futtermittelaufnahme 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 Rückenfettdicke und Körperkondition wurden ebenfalls keine statistisch gesicherten Gruppenunterschiede ermittelt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unter vergleichbaren Bedingungen wie im Versuch bis zu einem Kleegrassilage-Presskuchenanteil von 25 % am Grundfutter bzw. 18,5 % der Gesamtfutterration kein Rückgang der Futtermittelaufnahme und Milchleistung zu erwarten ist. Bei einer Einsatzmenge von 50 % am Grundfutter wurde jedoch ein gesicherter Rückgang der Futtermittelaufnahme 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.

1.3 Prüfung des Silage-Presssaftkonzentrats unter biologischen Hühnermastbedingungen

Der Gewinnung von Eiweiß- und Aminosäurekonzentraten aus Grünlandbiomasse (Kleegrass, Luzerne usw.) wird ein erhebliches Potenzial zur Versorgung von Monogastriern zugeschrieben. Im vorliegenden Versuch wurde ein Rotkleegrassilage-Presssaftkonzentrat

trat gewonnen und in einem simulierten Bio-Masthühnerversuch geprüft. Der Versuch wurde in zwei Durchgängen (54 bzw. 47 Tage), mit jeweils insgesamt 352 Bio-Masthühnern (JA57 Coloryield), in zwei identischen Ställen, mit jeweils 8 Boxen (N=22 Küken/Box), durchgeführt. Die Kontrollgruppe (K) und die Versuchsgruppen P-3, P-6 sowie P-9 wurden mit einem steigenden Rotkleegrassilage-Protein-Konzentrationsanteil von jeweils 0 %, 3 %, 6 %, und 9 % der Trockenmasse des pelletierten Futters gefüttert. Die Herstellung des Konzentrats erfolgte durch Bioraffinierung aus siliertem Rotklee gras unmittelbar nach dem Pressvorgang. Unter Berücksichtigung der Normen der GfE (1999) wurden in allen Gruppen vergleichbare Aminosäuren-/Energie-Verhältnisse angestrebt. In den Versuchsgruppen (P-3 bis P-9) wurde der Gehalt an Sojabohnenkuchen reduziert und der Bedarf an Mineralstoffzusätzen ebenfalls verringert. Aufgrund des relativ geringen Gehalts an Rohprotein und Aminosäuren im Presssaftkonzentrat musste jedoch auch in den Versuchsgruppen der Anteil an Mais reduziert und der Anteil an Sonnenblumenkuchen und Erbsen teilweise erhöht werden. Da der Energiegehalt des Presssaftes aufgrund des hohen Mineralstoffgehaltes ebenfalls begrenzt war, wurde der Ration von P-9 auch kein bzw. weniger Luzerne-Mehl beigemischt. Das Presssaftkonzentrat enthielt auch organische Säuren, weshalb der Gehalt an organischen Säuren von P-3 bis P-9 anstieg. Lebendgewicht und Futteraufnahme wurden für jede Bucht wöchentlich separat erhoben. Die Versuchsdaten wurden mit einem gemischten Modell statistisch analysiert.

Der analysierte Nährstoffgehalt stieg von Gruppe K bis P-9 bei Rohasche, Ca, P und K an. Der Rohproteingehalt nahm leicht ab, und der Stärke- und Energiegehalt sank von Gruppe K bis P-9. Auch die Aminosäuregehalte nahmen von Gruppe K bis P-9 leicht ab. Bezogen auf den jeweiligen Energiegehalt (Aminosäuregehalt/MJ ME) waren diese Abnahmen ebenfalls gegeben, aber weniger deutlich ausgeprägt. Während des gesamten Versuchszeitraums nahmen die Broiler im Durchschnitt 2130 g zu und wiesen eine durchschnittliche Zunahme von 42 g pro Tag auf, was für Bio-Bedingungen auf ein hohes Produktionsniveau hinweist. Die Ausfälle waren sehr gering und es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt. Darüber hinaus konnten unabhängig von der Gruppe keine Hautveränderungen an den Füßen und keine Unterschiede im Trockenmassegehalt des Kots festgestellt werden. Durchfälle traten ebenfalls nicht auf. Die Futteraufnahme stieg von Gruppe K zu P-9 signifikant an, aber es wurde ein Rückgang bei der Wachstumsleistung von Gruppe K zu P-9 festgestellt. Daher war der Futteraufwand in der Gruppe P-9 signifikant höher als in der Kontrollgruppe. Die Gruppen P-3 und P-6 lagen zwischen der Gruppe K und P-9, die Gruppe P-3 zeigte diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede zur Kontrollgruppe. Der Lysin-Aufwand pro kg LG-Zuwachs stieg numerisch (nicht signifikant) von Gruppe K zu P-9 an, der Methionin+Cystin-Aufwand unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es keine Gruppenunterschiede in der Aminosäurenverwertung gegeben haben dürfte. In Anbetracht des steigenden berechneten Energieaufwandes und der zunehmenden Aufnahme von Rohasche und Kalium, sowie der geringeren Aufnahme von schwefelhaltigen Aminosäuren in P-9, könnte der erhöhte Futteraufwand pro kg Zuwachs in den Versuchsgruppen (insbesondere P-6 und P-9) auf eine verminderte Energieverwertung (hoher Säuregehalt in P-6 und P-9, erhöhte Rohasche- und K-Aufnahme) und/oder die eingeschränkte Aufnahme von Methionin+Cystin zurückzuführen sein. Die Fütterungsgruppen unterschieden sich in keinem der untersuchten Qualitätsparameter des Schlachtkörpers signifikant. In allen Gruppen wurde eine gute Fleischqualität festgestellt. Der Gesamtfettgehalt im Brustmuskel stieg von Gruppe K zu Gruppe P-9 signifikant an. Dies kann im Hinblick auf die Fleischqualität (Saftigkeit und Zartheit) als günstig angesehen werden, deutet aber auch auf Unterschiede in der Nährstoffversorgung bzw. Verwertung hin. Möglicherweise könnte eine teilweise Entmineralisierung und auch Reduzierung des Säuregehalts, oder eine Extraktion von Aminosäuren aus dem Presssaft, zu höheren möglichen Einmischraten beitragen. Diese Fragen sollten in weiteren Versuchen geprüft werden.

2) Bio-Kohle in der Fütterung

2.1 Prüfung des Potenzials von Futterkohle (Biochar) zur Reduktion der Methanemissionen in der Milchviehhaltung

Futterzusätze werden als eine von mehreren Möglichkeiten gesehen, Methanemissionen aus der Wiederkäuerfütterung zu reduzieren. In diesem Versuch wurde der Effekt der Zufütterung von Biokohle bzw. von Biokohle und Harnstoff auf die Leistung und Methanproduktion von Milchkühen untersucht. Dafür wurden 18 Milchkühe verwendet und der Versuch in Form eines 3 × 3 lateinischen Quadrats angelegt. Die Kühe wurden in drei Fütterungsgruppen unterteilt, welche sich im Futterzusatz unterschieden: Kontrollgruppe ohne Futterzusatz (KO), Biokohle-Zufütterung (BK) und Biokohle- und Harnstoff-Zufütterung (BK+HS). Der Versuch umfasste 3 Perioden, wobei die Zuteilung der Kühe zu den Fütterungsgruppen nach jeder Versuchsperiode getauscht wurde, sodass am Ende jede Kuh einmal in jeder Fütterungsgruppe war. In allen drei Fütterungsgruppen erhielten die Kühe eine Grundfuttermischung zur freien Aufnahme und im Durchschnitt 5 kg Kraftfutter pro Tag. Die Methanproduktion wurde in Respirationenkammern gemessen. Die Zufütterung von Biokohle bzw. Biokohle und Harnstoff hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Aufnahme von Trockenmasse, Energie und nutzbarem Rohprotein. Jedoch waren die Lignin-Aufnahme in der BK-Gruppe und die Rohproteinaufnahme in der BK+HS-Gruppe höher als in der KO-Gruppe. Die Fütterung der Futterzusätze hatte kaum Einfluss auf die Milchleistung und die Milchzusammensetzung. Lediglich der Harnstoffgehalt der Milch war in der BK+HS-Gruppe deutlich höher als in den beiden anderen Gruppen. Die Futterverwertung, die Verdaulichkeit der Ration und die Methanproduktion wurden durch die Ergänzung der Futterzusätze nicht beeinflusst. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ergänzung von Biokohle in Milchviehrationen die Methanemissionen nicht reduziert, jedoch auch keine negativen Auswirkungen auf die Leistung der Milchkühe hat.

2.2 Wirkung von Futterkohle (Biochar) auf Leistung und Emissionen in der Hühnermast

In der vorliegenden Studie wurde der Einsatz von Biokohle in der Hühnermast (Broilermast) getestet. Der Versuch wurde in vier Mastdurchgängen durchgeführt, jeweils vom 1. bis zum 35. Lebenstag der Tiere. In jedem Versuchsdurchgang wurden 840 Hühnerküken der „Ross-Rasse“ gleichmäßig auf acht Buchten (je 105 mit ca. 7 m²/Bucht) in zwei Ställen (je 420) verteilt. Als Ausgangsmaterial für die Herstellung der Biokohle diente reines Eschenholz. In der Biokohle-Versuchsgruppe (B) wurde die Biokohle ergänzt und der Gehalt pro kg Frischmasse (FM) von 0,5 % in der Mastperiode 2 auf 0,8 % in Periode 3 und 1,0 % in Periode 4 erhöht. Die übrigen Rationskomponenten entsprachen der Kontrollgruppe. Im Vergleich zu den Empfehlungen der GfE (1999) entsprechen sowohl die Rohprotein- als auch die Mineralstoffgehalte aller Mischungen den Empfehlungen. Da die Biokohle dem Futter in der Versuchsgruppe (Mastabschnitt P2, P3 und P4) zugesetzt wurde, kam es dadurch zu leichten Verdünnungseffekten.

Die beiden Fütterungsgruppen unterschieden sich in keinem der Mastparameter signifikant. Die täglichen Zunahmen betragen im Durchschnitt 56 g und die Futtereffizienzparameter (1,40 kg TM Futter/kg LM-Zunahme) weisen auf ein gutes Produktionsniveau hin. Die individuell erfassten Schlachtkörpergewichte aller geschlachteten Tiere waren in der Kontrollgruppe tendenziell höher (P=0,084). Sowohl das Brustgewicht, als auch der Brustanteil am Schlachtkörper waren in der Biokohle-Gruppe signifikant niedriger. Tendenzial war im Brustmuskel auch der Rohproteingehalt numerisch niedriger und der Fettgehalt numerisch höher. Diese Ergebnisse deuten auf eine geringere Umwandlung von Protein in Muskelmasse hin. Es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede bei den NH₃-Emissionen festgestellt. Zahlenmäßig waren die Emissionen in der Biokohle-Gruppe sogar leicht höher, obwohl der Proteingehalt im Futter geringer war. Auch bei den

N₂O- und CH₄-Emissionen wurden keine signifikanten Effekte gemessen. Auch bei den olfaktrometrisch ermittelten Geruchsstoff-Konzentrationen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festgestellt werden, tendenziell waren die Geruchsemissionen in der Biokohlegruppe geringer.

Summary

Both climate change and the increasing demand for animal food pose significant challenges for society and agriculture. However, on a global scale, food and feed production is also a significant „greenhouse gas contributor“ and also contributes to the „loss of ecologically valuable land“ due to the growing demand for land for feed preparation. Therefore, innovations to reduce emissions, increase efficiency in food supply and reduce the consumption of valuable land for animal feed are of key importance. In the European LIFE project „farm4more“ (duration July 2019 to June 2024) these challenges, in a trans-national collaboration of research institutes, universities, companies and stakeholders along the food value chain, are addressed through innovative concepts.

This DaFNE final report summarizes the results of research work carried out by AREC Raumberg-Gumpenstein on the two main topic areas (1) alternative protein source and (2) feed charcoal use, respectively which were developed within the Life project until June 2023.

1) Alternative protein source for monogastric animals - clover grass and sea grass silage pressed juice.

Pilot studies have shown that the extraction of amino acids or protein concentrates from field and grassland forages (clover grass, alfalfa, etc.) as well as from marine seagrass could have significant potential for the sustainable protein supply of growing humanity. In the „farm4more project“, the direct extraction of valuable protein building blocks from clover grass silage and sea grass silage is being investigated. The amino acids obtained from these sources are to be used to feed chickens and pigs and thus help reduce the need for protein imports, which are harmful to the climate, the amount of arable land required for animal feed, and the pressure on ecologically valuable land. In addition, the by-products of the protein extraction process (e.g. press cake from field fodder) are to be used sensibly in the feeding of ruminants. The following project parts were worked on by AREC Raumberg-Gumpenstein in the LIFE project „farm4more“:

1.1 Yields and losses as well as feed and fermentation qualities from biorefining of red clover and red clover grass silage.

1.2 Use of press cake from clover-grass silage in organic dairy cattle feeding

1.3 Testing of protein concentrate from silage press cake under organic chicken fattening conditions

2) Feed charcoal (biochar)

The selective use of charcoal (biochar) built fertile agricultural soils in advanced civilizations thousands of years ago. The production of biochar and its incorporation into the soil can also contribute to C sequestration. In addition, technical papers and scientific work also report on possible positive effects of high-quality feed charcoal in animal nutrition (emission reduction or performance increases). Within the framework of the LIFE project „farm4more“, AREC Raumberg-Gumpenstein worked on the following project parts:

2.1 Testing the potential of biochar to reduce methane emissions in dairy farming

2.2 Effect of biochar on performance and emissions in chicken fattening

The following section briefly describes the experiments and summarizes the main results.

1) Alternative protein source for monogastric animals - clover grass and sea grass silage pressed juice

1.1 Yields and losses as well as feed and fermentation qualities from biorefining of legume silages (e.g. red clover and red clover grass silage)

As part of the international research project Farm4More (LIFE18CCM/IE/001195), three different types of pre-wilted grassland forage (preliminary trial 2020: 1 - grass-rich; main trial 2021: 2 - grass/clover, 3 - red clover) were ensiled in round bales in work package C.5.1 at AREC Raumberg-Gumpenstein and biorefined after fermentation using a practical screw press. With the material balancing of DM and ingredients, an area-related quantitative evaluation of material flows from the plant stand at the time of mowing, harvesting and preservation losses, fractionation from biorefining (press juice and press cake) to further process losses through re-ensiling of the press cake was carried out. In addition, the question was investigated to what extent the high-fiber press cake, which was ensiled again as a residue of biorefining, functions in ruminant feeding.

The used grassland forage was from the first growth of the organic field station Lambach (Upper Austria) of AREC Raumberg-Gumpenstein. The gross DM yield of the grassland was determined using a square meter frame. The prewilted forage was pressed into bales and these were weighed using pallet truck scales (type Kern VHB, division 1 kg) and then transported to Gumpenstein. The round bales weighed from 900 to more than 1,000 kg, stored for at least 6 weeks. At opening silage was mixed for 30 minutes in a mixing truck with a vertical cutter and chopped to about 5 cm theoretical chop length before baling. From the mixture, the DM content was determined using the microwave and the amount of water required for dilution was calculated to 230 g DM/kg FM. The required amount of water was added to the silage during the mixing process. After pressing with a screw press (type: Bellmer/Kufferath Akupress X250), approx. 45 kg of the fresh press cake was placed in 60 liter wide-neck plastic drums. The average storage density in the drums was 275 to 281 kg DM/m³. The storage period was 62 days in the preliminary test (2020) and 52 to 56 days in the main test (2021). Chemical analyses were performed according to VDLUFA method book III (1976). The validated data were variance-analyzed using the statistical program Statgraphics Centurion XVII (version 17.1). Mean comparisons were made using the Tukey- HSD method at p-level 95%.

The yield surveys on the grassland plots resulted in 3,033 kg gross DM yield/ha for clover grass and 2,795 kg gross DM yield/ha for red clover for the first growth. Harvest conditions could be described as good, therefore average field losses of 3% were assumed. In terms of one hectare area, field losses were 84 to 91 kg DM/ha. Average fermentation losses were 322 kg for clover-grass and only 19 kg dry matter for red clover, or 10% for clover-grass and 1% for red clover.

Referring to the biorefining process with pressing of the digestate into a liquid and a solid fraction, a total of 669 kg of pressed juice was produced from one hectare of clover grass and 746 kg of pressed juice for red clover under the prevailing conditions. In terms of green forage on the standing crop, this would be a juice yield of 22% and 27%, respectively. In terms of grass silage, the juice yield accounted for 26% and 28%, respectively. For the solid re-silaged press cake fraction, 68% could be obtained for clover grass and 69% for red clover. Thus, DM losses on pressing were 174 kg DM/ha (6.6%) for clover grass and 99 kg DM/ha (3.7%) for red clover. Total DM losses from pre-harvest green forage to finished forage totaled 620 kg DM/ha (20.4%) for clover-grass and 163 kg DM/ha (5.8%) for red clover.

Of the total crude protein (XP) from the silage, about 36% was transferred to the press juice by biorefining and about 54% remained in the press cake. The fresh pressed juice

contained 204 to 208 g XP/kg DM. Compared to the silage, the press cake lost about 30 g XP/kg DM. Pressing caused XP losses of 9.2 to 10.3%. In terms of yields per hectare, 24% XP was lost in clover-grass and 15% XP in red clover to finished forage.

Balancing of the essential amino acids lysine, methionine, and cystine was performed throughout the process. Gross yields of 50 to 70 kg per hectare were found for lysine. Losses due to ensiling alone were 22%. Due to the easy perishability of the pressed juice, an additional 34 to 39% was lost through biorefining, primarily through deamination, resulting in total losses of 39 to 50% for lysine. For the sulfur-containing amino acids methionine and cystine, which yielded about half the amount of lysine by volume, transfer to the pressed juice was somewhat lower and total losses tended to be higher than for lysine at 47 to 53%. In conclusion, the valuable amino acids were greatly reduced by fermentation and biorefining in our balance trials.

Neutral detergent fiber (aNDFom) occupied the largest mass proportionally. A slight reduction was observed until the end of fermentation. No fiber components from the silage were transferred into the press juice, therefore most of the fiber remained in the press cake. The effect of fractionation via feed pressing caused an increase in aNDFom content in the press cake of about 100 g/kg DM compared to the silage. The mass balance for aNDFom showed a total loss of 22% NDF for clover grass and 4% for red clover.

Crude ash (XA) contents in the field forage ranged from 104 to 111 g/kg DM. Pressing of silages transferred 44 to 47% of XA to the press juice, while 2 to 7% of XA was lost during biorefining. In the press cake, XA contents were reduced by about 30 g/kg DM compared to the silage. Total mass losses of XA from green forage to finished forage were 2 to 16%. For phosphorus (P), the levels in the forage were moderate at 2.9 to 3.0 g/kg DM, probably related to the organic management practices. With pressing, 56 to 58% of P entered the pressed juice and 5 to 9% was lost during pressing, leaving the pressed cake with only 1.5 to 1.6 g P/kg DM. The total losses were between 10 and 19% P. The situation was completely different for copper (Cu). Here, only about 22 % Cu was transferred to the press juice during pressing, so that the copper contents in the press cake were higher than in the silage. Ultimately, total mass losses of between 7 and 20 % were also present for copper.

The balance also included the fermentation products of fermentation, such as lactic acid, volatile fatty acids and ethanol. After all, between 155 and 231 kg of fermentation products were produced per hectare of forage. With pressing, 57 to 62% of these products migrated into the pressed juice, resulting in very high contents of 133 to 192 g fermentation products/kg DM. In the fresh press cake, on the other hand, the total contents of fermentation products were more than halved. The re-silaging of the press cake initiated a new lactic acid fermentation, whereby the fermentation product contents in the re-silaged press cake increased by a factor of two to three and showed a very good fermentation quality.

The DM contents of the grass silages differed significantly before watering. Pressing of the irrigated grass silages resulted in a uniform increase in DM content in the press cakes to about 370 g/kg FM. The chemical composition of the press cakes was significantly changed compared to the original silage. NDF content increased by about 100 g/kg DM; otherwise, reductions in protein (-11 to -24%), minerals (-25 to -30%), sugars (-50%), and fermentation products (-55 to -57%) were most significant.

1.2 Effects of feeding a biorefining press cake from red-clover grass silage in organic dairy cattle feeding

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. Therefore, the press cake portion in V2 made up 50 % of the basic feed. The trial 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 either. 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 basic feed. 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 %, over a longer feeding phase and with lower concentrate application, should be the subject of further trials.

1.3 Testing of silage pressed juice concentrate under organic chicken fattening conditions

The extraction of protein and amino acid concentrates from grassland biomass (clover grass, alfalfa, etc.) is considered to have considerable potential for supplying monogastric animals. In the present trial, a clover-grass silage pressed juice concentrate was obtained and tested in a organic broiler trial. The trial was conducted in two runs (54 and 47 days, respectively), each with a total of 352 organic broiler chickens (JA57 Coloryield), in two identical houses, each with 8 boxes ($N=22$ chicks/box). The control group (K) and the experimental groups P-3, P-6, as well as P-9 were fed with increasing levels of clover grass silage protein concentrates of 0%, 3%, 6%, and 9% of the dry matter of the pelleted diet, respectively. The concentrate was produced by biorefining from ensiled clover grass. Considering the standards of GfE (1999), comparable amino acid/energy ratios were aimed in all groups. In the experimental groups (P-3 to P-9), the soybean cake content was reduced and the requirement for mineral supplements was also reduced. However, due to the relatively low crude protein and amino acid content of the pressed juice concentrate, the corn content also had to be reduced and the sunflower cake and pea content partially increased in the experimental groups. Since the energy content of the pressed juice was also limited due to the high mineral content, no or less alfalfa meal was also added to the P-9 ration. The pressed juice concentrate also contained organic acids, so the organic acid content increased from P-3 to P-9. Live weight and feed intake were collected separately for each pen on a weekly basis. The experimental data were statistically analyzed using a mixed model.

The analyzed nutrient content increased from group K to P-9 for crude ash, Ca, P and K. The crude protein content decreased slightly and the starch and energy content decreased from group K to P-9. The amino acid contents also decreased slightly from group K to P-9. In terms of the respective energy content (amino acid content/MJ ME), these decreases were also present, but less pronounced. Throughout the trial period, broilers gained an average of 2130 g and showed an average gain of 42 g per day, indicating a high production level for organic conditions. Animal losses were very low and no significant group differences were observed. In addition, no skin lesions on the feet and no differences in dry matter content of the manure were observed regardless of group. Diarrhea also did not occur. Feed intake increased significantly from group K to P-9, but a decrease in growth performance was noted from group K to P-9. Therefore, feed effort was significantly higher in group P-9 than in the control group. Groups P-3 and P-6 were

intermediate between group K and P-9, and group P-3 showed no significant differences from the control group in this regard. Lysine expenditure per kg LW gain increased numerically (not significantly) from group K to P-9, and methionine+cysteine expenditure did not differ significantly between groups. The results suggest that there may not have been group differences in amino acid utilization. Considering the increasing calculated energy expenditure and the increasing intake of crude ash and potassium, as well as the lower intake of sulfur-containing amino acids in P-9, the increased feed expenditure per kg gain in the experimental groups (especially P-6 and P-9) could have been due to decreased energy utilization (high acidity in P-6 and P-9, increased crude ash and K intake) and/or the more restricted intake of methionine+cysteine. The feeding groups did not differ significantly in any of the carcass quality parameters studied. Good meat quality was observed in all groups. The total fat content in the breast muscle increased significantly from group K to group P-9. This can be considered favorable in terms of meat quality (juiciness and tenderness), but also indicates differences in nutrient supply or utilization. It can be hypothesized that partial demineralization and also reduction of acidity, or extraction of amino acids from the pressed juice, could contribute to higher possible incorporation rates. These questions should be examined in further trials.

2) Feed charcoal (biochar)

2.1 Testing the potential of biochar to reduce methane emissions in dairy farming

Feed additives are one of a number of climate change mitigation strategies being sought to reduce methane emissions in ruminants. In this study, the effect that biochar or biochar and urea supplementation has on dairy cow performance and methane production, was assessed. 18 cows were used in a 3x3 Latin Square design with three feeding groups: Control with no supplementation (CO), Biochar supplementation (BC, 200 g/d) and Biochar and Urea supplementation (BC+U, 200 g/d biochar and 90 g/d urea). All cows were fed a forage mixture ad libitum and 5 kg concentrates per day, on average. Methane emissions were measured in respiration chambers. Biochar as well as biochar and urea supplementation did not affect total dry matter, energy and utilisable protein intake. However, lignin intake was higher in the BC group and crude protein intake was higher in the BC+U group compared to the CO group. Supplementation of feed additives did not affect milk production and milk composition, except for a higher milk urea content in the BC+U group. Feed conversion, diet digestibility and methane production were not affected by feeding strategy. In conclusion, biochar supplementation does not reduce methane emissions, but also does not negatively affect dairy cow performance.

2.2 Effect of biochar on performance and emissions in chicken fattening

In the present study, the use of biochar in broiler fattening was tested. The trial was conducted in four fattening runs, each conducted from day 1 to day 35 of the broilers' lives. In each experimental run, 840 broiler chicks of the „Ross breed“ were evenly distributed among eight pens (105 each with approximately 7 m²/pen) in two barns (420 each). Pure ash wood was used as the starting material for the production of the biochar. In the biochar experimental group (B), the biochar was supplemented and the content per kg fresh matter (FM) was increased from 0.5% in fattening period 2 to 0.8% in period 3 and 1.0% in period 4. The remaining ration components were the same as the control group. Compared to GfE recommendations (1999), both crude protein and mineral contents of all mixtures were in accordance with the recommendations. Since the biochar was added to the feed in the experimental group (fattening section P2, P3

and P4), a slight dilution effect occurred in the experimental group.

The two feeding groups did not differ significantly in any of the fattening parameters. Daily gains averaged 56 g and feed efficiency parameters (1.40 kg DM feed/kg LW gain) indicate a good production level. Individually recorded carcass weights of all slaughtered animals tended to be higher in the control group (P=0.084). Both breast weight and carcass breast percentage were significantly lower in the biochar group. There was also a tendency for the crude protein content to be numerically lower and the fat content to be numerically higher in the breast muscle. These results indicate a lower conversion of protein to muscle mass in the biochar group.

No significant group differences in NH₃ emissions were observed. In fact, numerically, emissions were slightly higher in the biochar group, even though protein content in the diet was lower. No significant effects were also measured for N₂O and CH₄ emissions. No significant differences between the feeding groups were also found for odor units measured by olfactometry, but odor emissions of air volume tended to be lower in the biochar group.

Bioraffinierung von Rotklee und Rotklee-Grassilage

A photograph of a lush green field of red clover and grass silage. The plants are tall and dense, filling the foreground and middle ground. The background shows a clear blue sky with scattered white clouds. The overall scene is bright and vibrant, suggesting a healthy and productive agricultural field.

Erträge und Verluste sowie Futter- und Gärqualitäten aus der Bioraffinierung von Rotklee- und Rotklee-Grassilage

Reinhard Resch^{1*}, Manuel Winter¹, Michael Mandl², Andreas Steinwidder¹, Joseph B. Sweeney³ und Kevin McDonnell³

Zusammenfassung

Im Forschungsprojekt Farm4More (LIFE18CCM/IE/001195) wurden im Arbeitspaket C.5.1 drei verschiedene Arten von vorgewelktem Grünlandfutter aus dem 1. Aufwuchs (Vorversuch 2020: 1 – grasreich; Hauptversuch 2021: 2 – Gras/Rotklee-Gemenge („Kleegras“), 3 – Rotklee) in Rundballen einsiliert und nach der Vergärung mit einer praxiskonformen Schneckenpresse bioraffiniert. Ziel der Arbeit war einerseits die stoffliche Bilanzierung von TM und Inhaltsstoffen durch flächenbezogene quantitative Bewertung von Stoffströmen vom Pflanzenbestand zum Zeitpunkt der Mahd, über Ernte- und Konservierungsverluste, Fraktionierung aus der Bioraffinierung (Presssaft und Presskuchen) bis hin zu weiteren Prozessverlusten durch erneute Silierung des Presskuchens. Außerdem wurde der Frage nachgegangen, inwieweit der faserreiche Presskuchen, der als Rückstand der Bioraffinierung neuerlich siliert wurde, konservierungsmäßig und in der Wiederkäuerfütterung funktioniert.

Die Ertragserhebungen auf den Grünlandflächen der HBLFA-Außenstelle in Lambach ergaben für Rotklee-Gras 3.033 kg (Kleegras) bzw. für Rotklee 2.795 kg TM-Bruttoertrag/ha für den 1. Aufwuchs. Bezogen auf ein Hektar Fläche waren die Feldverluste mit 84 bis 91 kg TM/ha zu beziffern. Die durchschnittlichen Fermentationsverluste in den Silorundballen betrugen nach zumindest sechswöchiger Gärdauer bei Rotklee-Gras 322 kg und bei Rotklee nur 19 kg Trockenmasse bzw. 10 % bei Rotklee-Gras und 1 % bei Rotklee. Die Bioraffinierung der Silagen erfolgte nach kontrollierter Anwässerung des Materials im Mischwagen auf 230 g TM/kg FM in Gumpenstein mit einer Schneckenpresse (Typ: Bellmer/Kufferath Akupress X250). Die TM-Gehalte der Grassilagen unterschieden sich vor der Anwässerung signifikant voneinander. Die Pressung der angewässerten Grassilagen führte zu einer einheitlichen Anhebung des TM-Gehaltes in den Presskuchen auf rund 370 g/kg FM. Von einem Hektar Rotklee-Gras wurde insgesamt 669 kg Presssaft und bei Rotklee 746 kg Presssaft unter den vorherrschenden Bedingungen erzeugt. Bezogen auf das Grünfutter am stehenden Bestand wäre das ein Saftertrag von 22 % bzw. 27 %. Auf die Grassilage bezogen machte die Saftausbeute 26 % bzw. 28 % aus. Bei der festen re-silierten Presskuchen-Fraktion konnten 68 % bei Kleegras bzw. 69 % bei Rotklee gewonnen werden. Somit ergaben sich TM-Verluste bei der Pressung von 174 kg TM/ha (6,6 %) beim Kleegras und 99 kg TM/ha (3,7 %) beim Rotklee. Die gesamten TM-Verluste vom Grünfutter vor der Ernte bis zum fertigen Futtermittel betrugen insgesamt 620 kg TM/ha (20,4 %) bei Kleegras und 163 kg TM/ha (5,8 %) bei Rotklee. Vom gesamten Rohprotein (XP) aus der Silage konnten durch die Bioraffinierung rund 36 % in den Presssaft überführt werden und ca. 54 % verblieben im Presskuchen. Der frische Presssaft enthielt 204 bis 208 g XP/kg TM. Gegenüber der Silage büßte der Presskuchen ca. 30 g XP/kg TM ein. Die Pressung bedingte XP-Verluste von 9,2 bis 10,3 %. Bezogen auf die Hektarerträge gingen bei Kleegras 24 % XP

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: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

und bei Rotklee 15 % XP bis zum fertigen Futter verloren. Die Prozessverluste während der Pressung an den essentiellen Aminosäuren Lysin, Methionin und Cystin lagen im hohen Bereich von 30 bis 41 %. Anhand der vorliegenden Daten sind die Ursachen für diese hohen Verluste nicht ausreichend erklärbar. Daher ist hier unbedingt ein Forschungsbedarf gegeben, um mögliche Fehlerquellen zu ergründen.

Neutrale Detergenzienfaser (aNDFom) nahm anteilmäßig die größte Masse ein. Bis zum Ende der Gärung konnte eine geringfügige Reduktion festgestellt werden. In den Presssaft wurden keine Faserbestandteile aus der Silage überführt, daher verblieb die meiste Faser im Presskuchen. Der Effekt der Fraktionierung über die Futterpressung bewirkte im Presskuchen einen Anstieg der aNDFom-Gehalte um ca. 100 g/kg TM gegenüber der Silage. Die Massenbilanz für aNDFom ergab einen Gesamtverlust von 22 % NDF für Klee gras und 4 % für Rotklee.

Durch die Pressung der Silagen wurden 44 bis 47 % der Rohasche (XA) in den Presssaft transferiert, während 2 bis 7 % an XA bei der Bioraffinierung verloren gingen. Im Presskuchen reduzierten sich die XA-Gehalte gegenüber der Silage um ca. 30 g/kg TM. Beim Phosphor (P) waren die Gehaltswerte im Futter mit 2,9 bis 3,0 g/kg TM eher mäßig. Mit der Pressung gelangten 56 bis 58 % an P in den Presssaft und 5 bis 9 % gingen bei der Pressung verloren, sodass der Presskuchen nur mehr 1,5 bis 1,6 g P/kg TM enthielt. Beim Kupfer (CU) wurden nur rund 22 % in den Presssaft überführt, sodass im Presskuchen die Kupfergehalte höher waren als in der Silage.

Mit der Pressung wanderten 57 bis 62 % an Gärungsprodukten wie Milch-, Essig-, Propion- und Buttersäure, sowie Ethanol in den Presssaft, wodurch dieser sehr hohe Gehalte von 133 bis 192 g Gärprodukte/kg TM enthielt. Im frischen Presskuchen wurden die Summengehalte an Gärprodukten und auch der Zuckergehalt halbiert. Die Re-Silierung bewirkte eine ausgeprägte Milch- und Essigsäuregärung, welche die pH-Werte signifikant unter den kritischen pH-Wert senkte und für eine sehr gute Gärqualität sorgte. Durch die zweite Gärung wurde praktisch fast der gesamte Zucker und auch ein Teil der NFC der Presskuchen verbraucht.

Schlagwörter: Bioraffinierung, Qualität Presssaft und Presskuchen, Re-Silierung, Nährstoff-Bilanzierung, Prozessverluste

Summary

Concerning project Farm4More (LIFE18CCM/IE/001195), three different types of pre-wilted grassland fodder from the first growth (preliminary trial 2020: 1 - grass-rich; main trial 2021: 2 - grass/red clover mixture („clover grass“), 3 - red clover) were ensiled in round bales and biorefined after fermentation with a screw press. The aim of the work was, on the one hand, the material balancing of DM and ingredients through area-related quantitative evaluation of material flows from the plant stand at the time of mowing, through harvesting and preservation losses, fractionation from the biorefining (press juice and press cake) up to further process losses through re-ensiling of the press cake. In addition, the question was investigated to what extent the fibre-rich press cake, which was ensiled again as a residue of biorefining, functions in terms of conservation and in ruminant feeding.

The yield surveys on the grassland areas of the AREC field station in Lambach

showed 3,033 kg (clover grass) for red clover and 2,795 kg DM gross yield/ha for the first growth. In relation to one hectare of area, the field losses were to be estimated at 84 to 91 kg DM/ha. The average fermentation losses in the silage round bales after at least six weeks of fermentation were 322 kg for red clover grass and only 19 kg dry matter or 10 % for red clover grass and 1 % for red clover. The biorefining of the silages was carried out after controlled watering of the material in the mixing wagon to 230 g DM/kg FM in Gumpenstein with a screw press (type: Bellmer/Kufferath Akupress X250). The DM contents of the grass silages differed significantly before watering. Pressing the watered grass silages resulted in a uniform increase of the DM content in the press cakes to about 370 g/kg FM. A total of 669 kg of pressed juice was produced from one hectare of red clover grass and 746 kg of pressed juice from red clover under the prevailing conditions. In relation to the green forage on the standing crop, this would be a juice yield of 22 % and 27 % respectively. In relation to the grass silage, the juice yield was 26 % and 28 %, respectively. In the case of the solid re-silaged press cake fraction, 68 % could be obtained with clover grass and 69 % with red clover. Thus, DM losses during pressing were 174 kg DM/ha (6.6 %) for clover grass and 99 kg DM/ha (3.7 %) for red clover. Total DM losses from pre-harvest green forage to finished feed were 620 kg DM/ha (20.4 %) for clover grass and 163 kg DM/ha (5.8 %) for red clover. Of the total crude protein (XP) from the silage, about 36 % could be transferred to the pressed juice through biorefining and about 54 % remained in the press cake. The fresh pressed juice contained 204 to 208 g XP/kg DM. Compared to the silage, the press cake lost about 30 g XP/kg DM. The pressing caused XP losses of 9.2 to 10.3 %. In relation to the yield per hectare, 24 % XP was lost in clover grass and 15 % XP in red clover until the finished forage. Process losses during pressing of the essential amino acids lysine, methionine and cystine were in the high range of 30 to 41 %. Based on the available data, the causes of these high losses cannot be adequately explained. Therefore, there is an urgent need for research to find out possible sources of error.

Neutral detergent fibre (aNDFom) took up the largest mass proportionally in the silage. A slight reduction was observed until the end of fermentation. No fibre components from the silage were transferred into the press juice, therefore most of the fibre remained in the press cake. The effect of fractionation via forage pressing caused an increase in the aNDFom content in the press cake by about 100 g/kg DM compared to the silage. The mass balance for aNDFom showed a total loss of 22 % NDF for clover grass and 4 % for red clover.

By pressing the silages, 44 to 47 % of the crude ash (XA) was transferred into the press juice, while 2 to 7 % of XA was lost during biorefining. In the press cake, the XA contents were reduced by approx. 30 g/kg DM compared to the silage. The phosphorus (P) content in the forage was rather moderate at 2.9 to 3.0 g/kg DM. With the pressing 56 to 58 % of P entered the pressed juice and 5 to 9 % were lost during pressing, so that the press cake contained only 1.5 to 1.6 g P/kg DM. In the case of copper (CU), only about 22 % was transferred into the press juice, so that the copper content in the press cake was higher than in the silage.

During pressing, 57 to 62 % of fermentation products such as lactic, acetic, propionic and butyric acid as well as ethanol migrated into the press juice, which contained very high levels of 133 to 192 g fermentation products/kg DM. In the fresh press cake, the total content of fermentation products and also the sugar content were halved. The re-silaging caused a pronounced lactic and acetic acid fermentation, which lowered the pH values significantly below the critical pH

value and ensured a very good fermentation quality. The second fermentation consumed practically all the sugar and also part of the NFC of the press cakes.

Keywords: biorefinery, quality of press juice and press cake, re-ensiling, balancing of nutrients, process losses

1 Einleitung

Der Bedarf an nachhaltigerer Futterproduktion und die Protein-Selbstversorgung werden wichtiger (EUROPEAN PARLIAMENT 2011), daher stößt in der Produktion von Proteinfutter auch die Fraktionierung von grüner Biomasse auf großes Interesse. Bioraffinerie ist nach KROMUS et al. (2004) ein nachhaltiges Processing von Biomasse in ein Spektrum von marktfähigen Produkten und Energie. Die Stickstoffverteilung zwischen Presskuchen und Proteinkonzentrat aus dem Presssaft ist stark von der Zusammensetzung des verwendeten Pflanzenmaterials (PIRIE, 1987) und den Prozessparametern abhängig (COLAS et al., 2013). Nach RINNE et al. (2018) können mit einer Doppelschneckenpresse maximal 40 % des Rohproteins aus Grassilagen in den Presssaft transferiert werden. Im Rahmen des internationalen Forschungsprojektes **Farm4More (LIFE18CCM/IE/001195)** wurden im Arbeitspaket C.5.1 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein drei verschiedene Arten von vorgewelktem Grünlandfutter (Vorversuch 2020: 1 – grasreich; Hauptversuch 2021: 2 – Gras/Rotklee gemenge („Kleegras“), 3 – Rotklee) in Rundballen einsiliert und nach der Vergärung mit einer praxiskonformen Schneckenpresse bioraffiniert. Mit der stofflichen Bilanzierung von TM und Inhaltsstoffen wurde eine flächenbezogene quantitative Bewertung von Stoffströmen vom Pflanzenbestand zum Zeitpunkt der Mahd, über Ernte- und Konservierungsverluste, Fraktionierung aus der Bioraffinerie (Presssaft und Presskuchen) bis hin zu weiteren Prozessverlusten durch erneute Silierung des Presskuchens durchgeführt. Außerdem befasst sich dieser Beitrag mit dem faserreichen Presskuchen, der als Rückstand der Bioraffinerie neuerlich siliert wurde und an Wiederkäuer verfüttert werden kann.

2 Material und Methoden

Das verwendete Grünlandfutter stammte vom 1. Aufwuchs von Flächen der Bio-Außenstelle Lambach (Oberösterreich) der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Der TM-Bruttoertrag der Futterbestände wurde mit einem Quadratmeterrahmen erhoben. Das Erntegut wurde in Ballen gepresst und diese wurden mittels Hubwagen-Waage (Typ Kern VHB, Teilung 1 kg) gewogen und anschließend nach Gumpenstein transportiert. Die Rundballen wogen zwischen 900 bis über 1.000 kg, lagerten zumindest 6 Wochen und wurden vor der Pressung in einem Mischwagen mit Vertikalschneidwerk 30 Minuten gemischt und auf ca. 5 cm theoretische Häcksellänge zerkleinert. Von der Mischung wurde der TM-Gehalt mit der Mikrowellen-Methode nach LOSAND und WALDMANN (2003) bestimmt und die erforderliche Wassermenge zur Verdünnung auf 230 g TM/kg FM berechnet. Die erforderliche Wassermenge wurde während des Mischvorganges in die Silage eingebracht. Nach der Pressung mit einer Schneckenpresse (Typ: Bellmer/Kufferath Akupress X250) wurden jeweils ca. 45 kg vom frischen Presskuchen in 60 Liter Weithalsfässer aus Kunststoff einsiliert. Die durchschnittliche Lagerungsdichte in den Fässern betrug 275 bis 281 kg TM/m³. Die Behälter wurden mit einem Kunststoffdeckel mit Metallspanner luftdicht abgeschlossen. Die Lagerung der befüllten Fässer erfolgte bei ca. +20 °C bis zur Siloöffnung. Die Lagerungsdauer betrug im Vorversuch (2020) 62 Tage und im Hauptversuch (2021) 52 bis 56 Tage. Die Probeziehung an den Inhalten der geöffneten WHF-Behälter erfolgte vertikal von oben nach unten mittels Edelstahl-Stechzylinder (Durchmesser 5 cm) und 2 Einstichen je Behälter. Die Mischprobe jeder Variante (4 Fässer × 2 Einstiche) wurde sofort gekühlt. Anschließend erfolgte die weitere

Probenvorbereitung je nach Analysenmethode. Die chemischen Analysen wurden nach VDLUFA-Methodenbuch III (1976) durchgeführt. Die validierten Daten wurde mit Hilfe des Statistikprogrammes Statgraphics Centurion XVII (Version 17.1) varianzanalytisch verrechnet. Die Mittelwertvergleiche wurden mit der Methode Tukey- HSD auf p-Niveau 95 % angestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragserhebungen auf den Grünlandflächen ergaben für Rotklee gras 3.033 kg („Klee gras“) bzw. für Rotklee 2.795 kg TM-Bruttoertrag/ha für den 1. Aufwuchs. Die Erntebedingungen konnten als gut bezeichnet werden, daher wurden hier durchschnittliche Feldverluste von 3 % (STEINHÖFEL 2020) unterstellt. Bezogen auf ein Hektar Fläche waren die Feldverluste mit 84 bis 91 kg TM/ha zu beziffern. Die durchschnittlichen Fermentationsverluste betragen bei Klee gras 322 kg und bei Rotklee nur 19 kg Trockenmasse (Abbildung 1) bzw. 10 % bei Klee gras und 1 % bei Rotklee (Abbildung 2). Bezugnehmend auf den Prozess der Bio raffinerung mit Pressung des Gär futterers in eine flüssige und eine feste Fraktion, wurden von einem Hektar Klee gras (1. Aufwuchs) insgesamt 669 kg Presssaft und bei Rotklee 746 kg Presssaft

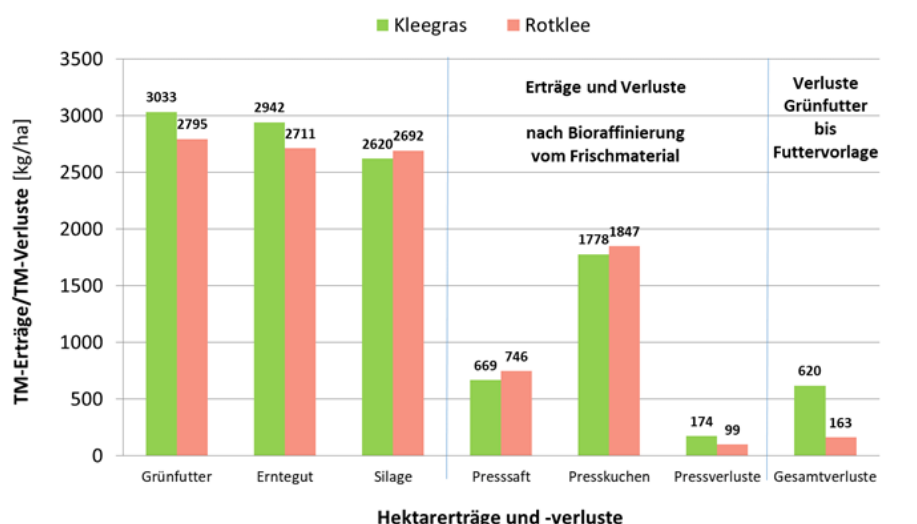


Abbildung 1: Absolute Erträge/Verluste an Trockenmasse durch Futterernte, Silierung und Bio raffinerung

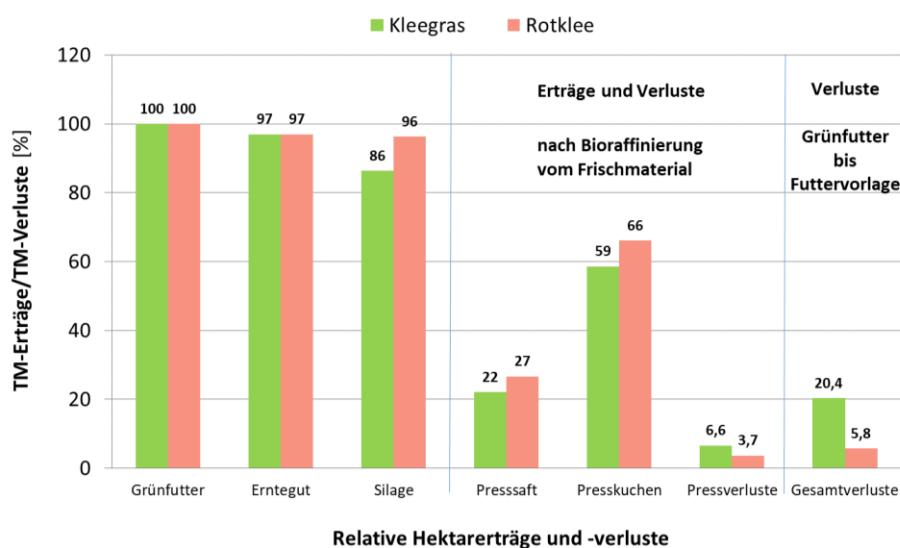


Abbildung 2: Relative Erträge/Verluste an Trockenmasse durch Futterernte, Silierung und Bio raffinerung

unter den vorherrschenden Bedingungen erzeugt. Bezogen auf das Grünfutter am stehenden Bestand wäre das ein Saftertrag von 22 % bzw. 27 % (Abbildung 2). Auf die Grassilage bezogen machte die Saftausbeute 26 % bzw. 28 % aus. Bei der festen re-silierten Presskuchen-Fraktion konnten 68 % bei Klee gras bzw. 69 % bei Rotklee gewonnen werden. Somit ergaben sich TM-Verluste bei der Pressung von 174 kg TM/ha (6,6 %) beim Klee gras und 99 kg TM/ha (3,7 %) beim Rotklee. Die gesamten TM-Verluste vom Grün-futter vor der Ernte bis zum fertigen Futtermittel betragen insgesamt 620 kg TM/ha (20,4 %) bei Klee gras und 163 kg TM/ha (5,8 %) bei Rotklee (RESCH et al. 2023).

Vom gesamten Rohprotein (XP) aus der Silage konnten durch die Bioraffinierung rund 36 % in den Presssaft überführt werden und ca. 54 % verblieben im Presskuchen. Der frische Presssaft enthielt 204 bis 208 g XP/kg TM. Gegenüber der Silage büßte der Presskuchen ca. 30 g XP/kg TM ein. Die Pressung bedingte XP-Verluste von 9,2 bis 10,3 % (Tabelle 1). Bezogen auf die Hektarerträge gingen bei Klee gras 24 % XP und bei Rotklee 15 % XP bis zum fertigen Futter verloren.

Die Bilanzierung der essentiellen Aminosäuren Lysin, Methionin und Cystin wurde über den gesamten Prozess durchgeführt. Je Hektar wurden bei Lysin Bruttoerträge von 50 bis 70 kg festgestellt. Allein durch die Silierung betrug die Verluste 22 %. Aufgrund der leichten Verderblichkeit des Presssaftes gingen durch die Bioraffinierung weitere 34 bis 39 % verloren, vorwiegend durch Deaminierung, sodass sich die Gesamtverluste bei Lysin auf 39 bis 50 % beliefen. Für die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystin, die mengenmäßig ca. die Hälfte des Ertrages von Lysin brachten, war die Übertragung in den Presssaft etwas geringer und die Gesamtverluste mit 47 bis 53 %

Tabelle 1: Hektarerträge, Gehaltswerte und Verluste bei Klee gras und Rotklee vom 1. Aufwuchs durch Silierung und Bioraffinierung (Fraktionierung durch Pressung)

Parameter	Einheit	Erntegut im Pressballen		Silage		Presssaft frisch		Presskuchen frisch		Verluste Pressung		Gesamtverluste	
		Klee gras	Rotklee	Klee gras	Rotklee	Klee gras	Rotklee	Klee gras	Rotklee	Klee gras	Rotklee	Klee gras	Rotklee
Trockenmasse	kg/ha	2942	2711	2620	2692	669	746	1778	1847	173	99	620	163
	%	112,3	100,7	100	100	25,5	27,7	67,8	68,6	6,6	3,7	20,4	5,8
Rohprotein	g/kg TM	142	162	146	159	204	208	116	126				
	kg/ha	419	440	382	427	136	155	206	233	39	39	107	68
	%	109,6	103,0	100	100	35,7	36,3	54,0	54,5	10,3	9,2	24,0	14,8
Lysin	g/kg TM	17,0	26,2	14,9	20,9	7,8	7,5	11,8	15,3				
	kg/ha	50	71	39	56	5	6	21	29	13	22	26	29
	%	128,2	126,1	100	100	13,3	9,9	52,8	51,3	33,8	38,7	50,0	39,3
Methionin + Cystin	g/kg TM	8,2	12,2	7,1	10,2	2,9	3,2	6,4	7,3				
	kg/ha	24	33	19	28	2	2	11	14	6	11	12	18
	%	129,6	120,4	100	100	10,2	8,7	60,2	50,2	29,6	41,1	47,4	52,5
aNDFom	g/kg TM	361	310	390	343	0	0	499	447				
	kg/ha	1063	841	1022	923	0	0	887	826	135	97	236	37
	%	104,0	91,1	100	100	0,0	0,0	86,8	89,5	13,2	10,5	21,6	4,3
Rohasche	g/kg TM	104	109	107	111	77	186	77	83				
	kg/ha	305	295	280	298	123	139	136	153	20	7	50	7
	%	109,2	99,1	100	100	44,0	46,5	48,7	51,3	7,3	2,2	15,9	2,3
Phosphor (P)	g/kg TM	2,9	3,0	3,0	3,0	6,6	6,4	1,5	1,6				
	kg/ha	8,61	8,07	7,92	8,17	4,42	4,73	2,72	3,01	0,77	0,41	1,71	0,80
	%	108,7	98,8	100	100	55,8	57,9	34,3	36,9	9,9	5,3	19,4	9,5
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	6,7	8,4	7,0	8,6	6,1	7,1	7,4	9,2				
	g/ha	19,6	22,7	18,2	23,2	4,1	5,3	13,1	17,0	1,02	0,93	4,06	1,55
	%	107,6	97,8	100	100	22,3	22,8	72,1	73,2	5,6	4,0	20,1	6,6
Gärprodukte	g/kg TM			59	86	133	192	26	39				
	kg/ha			155	231	89	143	46	71	20	17		
	%			100	100	57,4	61,9	29,7	30,8	12,9	7,3		

Gärprodukte = Milchsäure + Essigsäure + Propionsäure + Buttersäure + Ethanol

Verluste Pressung = Masse Silage – Masse Presssaft – Masse Presskuchen frisch

Gesamtverluste = Bruttomasse vor Futterernte – Masse fertiges Futter (Presssaft, re-silierter Presskuchen) vor Futtervorlage

Tabelle 2: Inhaltsstoffe, Mineralstoffe und Gärqualität von Grassilagen vs. resilierten Presskuchen aus der Bioraffinerie in Abhängigkeit der eingesetzten Futterart

Unterschiede zwischen Grassilagen und resiliertem Presskuchen

Parameter	Abkürzung	Einheit	Silage absolut (Benchmark)			resiliertes Presskuchen absolut			resiliertes Presskuchen relative Differenz zu Benchmark [%]		
			Gras (Vorversuch)	Gras-/Kleegemenge	Rotklee	Gras (Vorversuch)	Gras-/Kleegemenge	Rotklee	Gras (Vorversuch)	Gras-/Kleegemenge	Rotklee
Trockenmasse	TM	g/kg FM	419,6 ^C	316,3 ^B	249,4 ^A	372,0 ^A	369,2 ^A	372,3 ^A	88,7 ^A	116,9 ^B	149,3 ^C
Nährstoffe											
Rohprotein	XP	g/kg TM	135,1 ^A	145,8 ^A	158,8 ^B	101,7 ^A	116,2 ^B	126,0 ^C	75,4 ^A	79,7 ^A	79,5 ^B
Ammoniak	NH ₄	g/kg TM	1,8 ^A	2,3 ^{AB}	2,7 ^B	1,2 ^A	1,3 ^A	1,2 ^A	67,0 ^B	54,5 ^{ab}	47,1 ^A
NH ₄ von N _{total}		%	8,3 ^A	9,8 ^A	10,3 ^B	7,3 ^b	6,7 ^{ab}	6,0 ^a	87,9 ^B	68,3 ^A	59,8 ^A
Neutrale Detergenzien-Faser	NDF	g/kg TM	496,3 ^C	390,2 ^B	342,8 ^A	634,5 ^C	492,5 ^B	440,0 ^A	127,9 ^A	126,2 ^A	128,5 ^A
Säure Detergenzien-Faser	ADF	g/kg TM	336,3 ^C	294,9 ^A	309,0 ^{AB}	433,7 ^B	402,8 ^A	411,8 ^A	129,2 ^A	136,8 ^A	133,4 ^A
Lignin	ADL	g/kg TM	41,0 ^A	32,9 ^A	39,3 ^A	49,3 ^B	40,5 ^A	47,6 ^B	122,5 ^A	123,3 ^A	121,5 ^A
Nichtfaser-Kohlenhydrate	NFC	g/kg TM	198,8 ^A	280,6 ^B	279,6 ^B	102,3 ^A	184,0 ^B	228,8 ^B	51,4 ^A	65,7 ^B	82,0 ^C
Zucker	XZ	g/kg TM		86,7 ^B	40,4 ^A		6,5 ^A	5,5 ^A		7,6 ^A	13,7 ^B
Rohfaser	XF	g/kg TM	292,3 ^B	236,1 ^A	229,8 ^A	374,2 ^B	300,4 ^A	288,6 ^A	128,4 ^A	127,3 ^A	125,9 ^A
Rohfett	XL	g/kg TM	21,6 ^B	17,5 ^A	22,3 ^B	22,0 ^B	28,1 ^B	27,1 ^B	101,7 ^A	160,5 ^C	121,6 ^B
Rohasche	XA	g/kg TM	87,1 ^A	106,7 ^B	110,7 ^C	63,0 ^A	81,2 ^B	84,4 ^B	72,4 ^A	76,2 ^A	76,2 ^A
Mineralstoffe											
Calcium	Ca	g/kg TM	8,4 ^A	12,3 ^B	14,5 ^C	6,3 ^A	10,2 ^B	12,3 ^C	75,1 ^A	82,9 ^B	84,8 ^B
Phosphor	P	g/kg TM	3,08 ^A	3,02 ^A	3,03 ^A	1,8 ^A	1,5 ^A	1,5 ^A	58,6 ^A	50,5 ^A	50,0 ^A
Kalium	K	g/kg TM	28,1 ^A	30,2 ^{AB}	31,7 ^B	13,4 ^A	17,2 ^B	18,1 ^B	48,6 ^A	58,2 ^A	58,8 ^A
Eisen	Fe	mg/kg TM	900 ^B	447 ^A	519 ^A	1087 ^A	676 ^A	743 ^A	121,7 ^A	152,1 ^A	143,4 ^A
Gärqualität											
pH-Wert			4,68 ^A	4,75 ^A	4,58 ^A	4,16 ^B	4,10 ^B	4,22 ^C	88,9 ^{ab}	86,2 ^a	92,1 ^b
Milchsäure	Ms	g/kg TM	35,8 ^A	36,5 ^A	56,9 ^B	57,1 ^A	75,3 ^B	71,3 ^{ab}	170,1 ^A	210,0 ^A	126,2 ^A
Essigsäure	Es	g/kg TM	11,0 ^A	11,4 ^A	14,2 ^B	11,9 ^A	14,0 ^B	13,4 ^B	108,8 ^{ab}	123,3 ^b	94,5 ^A
Propionsäure	Ps	g/kg TM	1,5 ^{AB}	1,5 ^A	2,1 ^B	0,84 ^A	0,95 ^A	0,96 ^A	56,7 ^A	61,8 ^A	46,0 ^A
Buttersäure	Bs	g/kg TM	2,2 ^A	3,5 ^A	6,0 ^B	1,6 ^A	2,9 ^B	3,9 ^B	70,9 ^A	81,6 ^A	65,4 ^A
Ethanol	Eth	g/kg TM	10,7 ^A	6,1 ^A	6,7 ^A	5,1 ^A	4,9 ^A	4,2 ^A	58,3 ^A	80,1 ^A	63,0 ^A
Volatile organische Komponenten	VOC	g/kg TM	61,2 ^A	59,1 ^B	85,9 ^C	76,5 ^A	93,7 ^B	98,0 ^B	134,4 ^A	167,5 ^A	109,4 ^A
Statistik:	Test Tukey-HSD (95%)										
Indizes:	Großbuchstaben zeigen absolute Differenzen in Grassilagen										
	Kleinbuchstaben zeigen absolute Differenzen der verschiedenen resilierten Presskuchen										
	Kleinbuchstaben zeigen relative Differenzen zwischen Grassilagen und resilierten Presskuchen										

tendenziell höher als bei Lysin (Tabelle 1). Fazit, die wertvollen Aminosäuren wurden in unseren Bilanzversuchen durch Gärung und Bioraffinierung stark reduziert.

Neutrale Detergenzienfaser (aNDFom) nahm anteilmäßig die größte Masse ein. Bis zum Ende der Gärung konnte eine geringfügige Reduktion festgestellt werden. In den Presssaft wurden keine Faserbestandteile aus der Silage überführt, daher verblieb die meiste Faser im Presskuchen. Der Effekt der Fraktionierung über die Futterpressung bewirkte im Presskuchen einen Anstieg der aNDFom-Gehalte um ca. 100 g/kg TM gegenüber der Silage. Die Massenbilanz für aNDFom ergab einen Gesamtverlust von 22 % NDF für Kleegrass und 4 % für Rotklee (Tabelle 1).

Die Rohaschegehalte (XA) im Feldfutter lagen zwischen 104 und 111 g/kg TM. Durch die Pressung der Silagen wurden 44 bis 47 % von XA in den Presssaft transferiert, während 2 bis 7 % an XA bei der Bioraffinierung verloren gingen. Im Presskuchen reduzierten sich die XA-Gehalte gegenüber der Silage um ca. 30 g/kg TM. Die gesamten Massenverluste an XA vom Grünfutter bis zum fertigen Futter betragen 2 bis 16 %. Beim Phosphor (P) waren die Gehaltswerte im Futter, wahrscheinlich in Verbindung mit der biologischen Wirtschaftsweise, mit 2,9 bis 3,0 g/kg TM eher mäßig. Mit der Pressung gelangten 56 bis 58 % an P in den Presssaft und 5 bis 9 % gingen bei der Pressung verloren, sodass der Presskuchen nur mehr 1,5 bis 1,6 g P/kg TM enthielt. Die Gesamtverluste lagen zwischen 10 und 19 % P. Völlig anders verhielt sich die Situation beim Kupfer (Cu). Hier

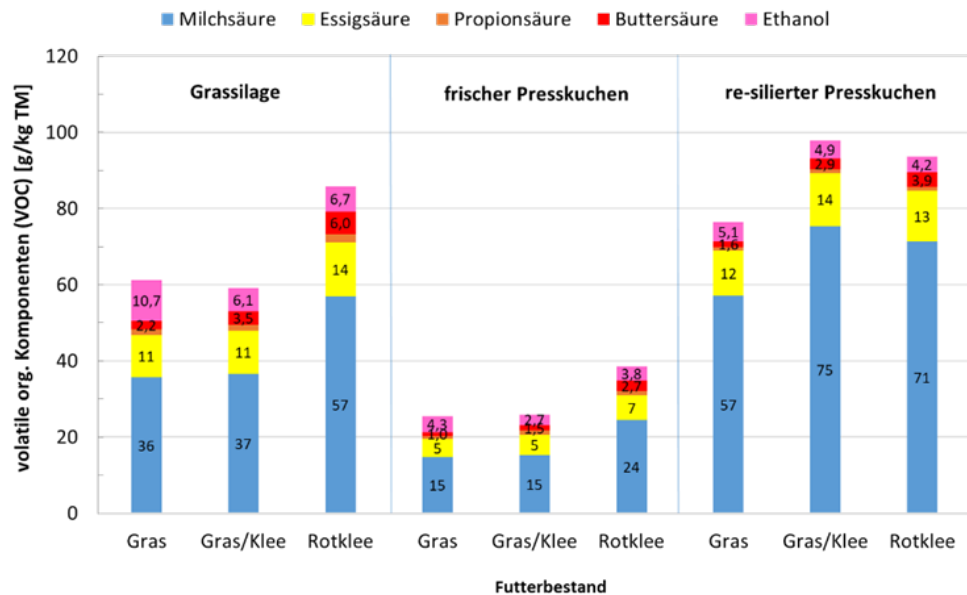
wurden im Zuge der Pressung nur rund 22 % Cu in den Presssaft überführt, sodass im Presskuchen die Kupfergehalte höher waren als in der Silage (Tabelle 1). Letztlich waren auch bei Kupfer gesamte Massenverluste zwischen 7 bis 20 % vorhanden.

In die Bilanzierung wurden zusätzlich noch die Fermentationsprodukte der Gärung, wie Milchsäure, flüchtige Fettsäuren und Ethanol einbezogen. Immerhin wurden je Hektar Futter zwischen 155 und 231 kg Gärungsprodukte erzeugt. Mit der Pressung wanderten 57 bis 62 % dieser Produkte in den Presssaft, wodurch dieser sehr hohe Gehalte von 133 bis 192 g Gärprodukte/kg TM enthielt. Im frischen Presskuchen wurden die Summengehalte an Gärprodukten hingegen mehr als halbiert. Die Re-Silierung der Presskuchen initiierte eine neuerliche Milchsäuregärung, wodurch nach RESCH et al. (2022) die Gärproduktgehalte im re-silierten Presskuchen um das doppelte bis 3-fache anstiegen und eine sehr gute Gärqualität aufwiesen.

Die TM-Gehalte der Grassilagen unterschieden sich vor der Anwässerung signifikant voneinander. Die Pressung der angewässerten Grassilagen führte zu einer einheitlichen Anhebung des TM-Gehaltes in den Presskuchen auf rund 370 g/kg FM. Die chemische Zusammensetzung der Presskuchen war gegenüber der originalen Silage signifikant verändert. Der NDF-Gehalt stieg um etwa 100 g/kg TM, ansonsten waren die Reduktion von Protein (-11 bis -24 %), Mineralstoffen (-25 bis -30 %), Zucker (-50 %) und Gärungsprodukten (-55 bis -57 %) am bedeutungsvollsten (Tabelle 2).

Die Gärungsprodukte erhöhten sich durch die neuerliche Silierung signifikant gegenüber dem frischen Presskuchen. Die Re-Silierung bewirkte eine ausgeprägte Milch- und Essigsäuregärung (Abbildung 3), welche die pH-Werte signifikant unter den kritischen pH-Wert senkte und für eine sehr gute Gärqualität sorgte. Durch die zweite Gärung wurde praktisch fast der gesamte Zucker und auch ein Teil der NFC der Presskuchen verbraucht.

Abbildung 3: Gärungsprodukt-Muster von Grassilagen sowie von frischem und re-siliertem Presskuchen aus der Bioraffinerie in Abhängigkeit verschiedener Futterbestände



4 Schlussfolgerung

In Arbeitspaket C5.1 des Forschungsprojektes „Farm4More“ (LIFE18CCM/IE/001195) wurden die silierten Grundfuttermittel Klee gras und Rotklee vom 1. Aufwuchs 2021 mittels Schneckenpresse in eine flüssige und feste Phase fraktioniert. Vom Feld bis zum fertigen Futtermittel wurden die Massen erhoben, um die Stoffströme und Prozessverluste abbilden zu können. Wir konnten nachweisen, dass allein die Vergärung zu Silage

die essentiellen Aminosäuren (Lysin, Methionin und Cystin) um ca. 20 % und TM sowie Rohprotein um bis zu 10 % gegenüber dem Grünfutter reduzierten. Die Pressung der angewässerten Silagen (TM 230 g/kg FM) bewirkte eine stoffliche Übertragung von 26 bis 28 % TM in den Presssaft, wobei verschiedene Stoffe unterschiedlich stark in die Flüssigfraktion transferiert wurden: Kupfer ca. 22 %, Rohprotein ca. 36 %, Rohasche 44-46 %, Phosphor (P) 56-58 %, Gärprodukte 57-62 %. Im leicht verderblichen Saft ging ein guter Teil der wertvollen Aminosäuren durch Deaminierung verloren. Im Presskuchen veränderten sich die Nähr- und Mineralstoffgehalte gegenüber der Silage signifikant: z.B. 30 g weniger Rohprotein, 100 g mehr aNDFom/kg TM. Die Massenbilanzierung zeigte uns, dass sich vom Grünfutter bis zum fertigen Futtermittel Verluste summieren: bei Rotklee 5,8 % TM und 15 % Rohprotein bei Klee gras 20,4 % TM und 24 % Rohprotein. Insofern muss bei der Bioraffinierung besonderes Augenmerk auf eine rasche Konservierung oder Eindampfung des leicht verderblichen Pressaftes und auf eine Optimierung der Prozesse gelegt werden, um die stofflichen Verluste zu reduzieren.

Wir konnten nachweisen, dass die Resilierung von bioraffinierten Presskuchen aus Grassilagen mit unterschiedlichen Futterbeständen erfolgreich funktionierte, indem eine neuerliche Milchsäuregärung ausgelöst wurde, sogar wenn der frische Presskuchen mehrere Stunden der Außenluft ausgesetzt war. Der Futterwert der strukturangereicherten Presskuchen war deutlich geringer als jener von Grassilage, weil durch die Pressung viel Protein, Mineralstoffe, Zucker und Gärprodukte in den Presssaft gelangten. Die Presskuchen enthielten etwa 100 g mehr NDF/kg TM als die Grassilagen.



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

COLAS, D., DOUMENG, C., PONTALIER, P.Y. and L. Rigal, 2013: Green crop fractionation by twin-screw extrusion: Influence of the screw profile on alfalfa (*Medicago sativa*) dehydration and protein extraction. *Chemical engineering and processing: Process Intensification*, 72, 1-9.

EUROPEAN PARLIAMENT, 2011: Report A7-0026/2011 4.2.2011. The EU protein deficit: What solution for a long-standing problem? (2010/2011(INI)) Committee on Agriculture and Rural Development, Rapporteur: Marin Häusling.

KROMUS, S., WACHTER, B., KOSCHUH, W., MANDL, M., KROTSCHKEK, C. und M. NARADOSLAWSKY, 2004: The green biorefinery Austria-development of an integrated system for green biomass utilization. *Chemical and biochemical engineering quarterly*, 18(1): 7-12.

LOSAND, B. und B. WALDMANN, 2003: Mit der Mikrowelle auf der richtigen Spur. *Dlz, Tierhaltung* (3) 2003: 126-128.

PIRIE, N.W., 1987: Leaf protein and its by-products in human and animal nutrition. Cambridge University Press.

RINNE, M., TIMONEN, P., STEFANSKI, T., FRANCO, M., VAINIO, M., WINQUIST, E. and M. SIIKA-AHO, 2018: Grass silage for biorefinery – Effects of type of additive and **separation** method. XVIII International Silage Conference, Bonn, Germany, July 2018, 182-183.

RESCH, R., WINTER, M., MANDL, M., STEINWIDDER, A., SWEENEY, J. und K. McDONELL, 2022: Futter- und Gärqualität von resilierten Presskuchen aus der Bioraffinierung von verschiedenen Grassilagen. 76. ALVA-Jahrestagung, Steiermarkhof, 30.-31. Mai 2022, Graz, 159-161.

RESCH, R., WINTER, M., MANDL, M., STEINWIDDER, A., SWEENEY, J. und K. McDONELL, 2022: Erträge und Verluste bei Prozessen der Bioraffinierung von Grünlandfutter. 77. ALVA-Jahrestagung, Landwirtschaftskammer Oberösterreich, 22.-23. Mai 2023, Linz, 299-303.

STEINHÖFEL, O., 2020: Konservierung von Futtermitteln, In: Jeroch, H.; Drochner, W.; Ro-dehutschord, M.; Simon, A., Simon, O. und Zentek, J.(Hg.): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, 310-335.

STØDKILDE, L., LASHKARI, S., ERIKSEN, J. und S.K. JENSEN, 2021: Enhancing protein recovery in green biorefineries through selection of plant species and time of harvest. *Animal Feed Science and Technology*, 278, 115016.

VDLUFA, 1976: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Kleegrassilage- Presskuchen in der Bio- Milchviehfütterung



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 Kleegrass- 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 = Rotkleegrasssilage; 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-Ernejielaktation

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-Gehalt 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., Staufienbiel, 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.

Kleegrassilage- Presssaftkonzentrat in der Bio-Hühner- mast



Prüfung des Silage-Presssaftkonzentrats unter biologischen Hühnermastbedingungen

Manuel Winter¹, Andreas Steinwidder^{1*}, Michael Kropsch¹, Michael Mandl², Reinhard Resch¹ und Joseph B. Sweeney³

Zusammenfassung

Der Gewinnung von Eiweiß- und Aminosäurekonzentraten aus Grünlandbiomasse (Klee gras, Luzerne usw.) wird ein erhebliches Potenzial zur Versorgung von Monogastriern zugeschrieben. Im vorliegenden Versuch wurde ein Rotklee grassilage-Presssaftkonzentrat gewonnen und in einem simulierten Bio-Masthühnerversuch geprüft. Der Versuch wurde in zwei Durchgängen (54 bzw. 47 Tage), mit jeweils insgesamt 352 Bio-Masthühnern (JA57 Coloryield), in zwei identischen Ställen, mit jeweils 8 Boxen (N=22 Küken/Box), durchgeführt. Die Kontrollgruppe (K) und die Versuchsgruppen P-3, P-6 sowie P-9 wurden mit einem steigenden Rotklee grassilage-Protein-Konzentrationsanteil von jeweils 0 %, 3 %, 6 %, und 9 % der Trockenmasse des pelletierten Futters gefüttert. Die Herstellung des Konzentrats erfolgte durch Bioraffinierung aus siliertem Rotklee gras unmittelbar nach dem Pressvorgang. Unter Berücksichtigung der Normen der GfE (1999) wurden in allen Gruppen vergleichbare Aminosäuren-/Energie-Verhältnisse angestrebt. In den Versuchsgruppen (P-3 bis P-9) wurde der Gehalt an Sojabohnenkuchen reduziert und der Bedarf an Mineralstoffzusätzen ebenfalls verringert. Aufgrund des relativ geringen Gehalts an Rohprotein und Aminosäuren im Presssaftkonzentrat musste jedoch auch in den Versuchsgruppen der Anteil an Mais reduziert und der Anteil an Sonnenblumenkuchen und Erbsen teilweise erhöht werden. Da der Energiegehalt des Presssaftes aufgrund des hohen Mineralstoffgehaltes ebenfalls begrenzt war, wurde der Ration von P-9 auch kein bzw. weniger Luzerne-Mehl beigemischt. Das Presssaftkonzentrat enthielt auch organische Säuren, weshalb der Gehalt an organischen Säuren von P-3 bis P-9 anstieg. Lebendgewicht und Futteraufnahme wurden für jede Bucht wöchentlich separat erhoben. Die Versuchsdaten wurden mit einem gemischten Modell statistisch analysiert.

Der analysierte Nährstoffgehalt stieg von Gruppe K bis P-9 bei Rohasche, Ca, P und K an. Der Rohproteingehalt nahm leicht ab, und der Stärke- und Energiegehalt sank von Gruppe K bis P-9. Auch die Aminosäuregehalte nahmen von Gruppe K bis P-9 leicht ab. Bezogen auf den jeweiligen Energiegehalt (Aminosäuregehalt/MJ ME) waren diese Abnahmen ebenfalls gegeben, aber weniger deutlich ausgeprägt. Während des gesamten Versuchszeitraums nahmen die Broiler im Durchschnitt 2130 g zu und wiesen eine durchschnittliche Zunahme von 42 g pro Tag auf, was für Bio-Bedingungen auf ein hohes Produktionsniveau hinweist. Die Ausfälle waren sehr gering und es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt. Darüber hinaus konnten unabhängig von der Gruppe keine Hautveränderungen an den Füßen und keine Unterschiede im Trockenmassegehalt des Kots festgestellt werden. Durchfälle traten ebenfalls nicht auf. Die Futteraufnahme stieg von Gruppe K zu P-9 signifikant an, aber es wurde ein Rückgang bei der Wachstumsleistung von Gruppe K zu P-9 festgestellt. Daher war der Futteraufwand in der Gruppe P-9 signifikant höher als in der Kontrollgruppe. Die Gruppen P-3 und P-6 lagen zwischen der Gruppe K und P-9, die Gruppe P-3 zeigte diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede zur Kontrollgruppe. Der Lysin-Aufwand pro kg

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

LG-Zuwachs stieg numerisch (nicht signifikant) von Gruppe K zu P-9 an, der Methionin+Cystin-Aufwand unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es keine Gruppenunterschiede in der Aminosäurenverwertung gegeben haben dürfte. In Anbetracht des steigenden berechneten Energieaufwandes und der zunehmenden Aufnahme von Rohasche und Kalium, sowie der geringeren Aufnahme von schwefelhaltigen Aminosäuren in P-9, könnte der erhöhte Futteraufwand pro kg Zuwachs in den Versuchsgruppen (insbesondere P-6 und P-9) auf eine verminderte Energieverwertung (hoher Säuregehalt in P-6 und P-9, erhöhte Rohasche- und K-Aufnahme) und/oder die eingeschränkte Aufnahme von Methionin+Cystin zurückzuführen sein. Die Fütterungsgruppen unterschieden sich in keinem der untersuchten Qualitätsparameter des Schlachtkörpers signifikant. In allen Gruppen wurde eine gute Fleischqualität festgestellt. Der Gesamtfettgehalt im Brustmuskel stieg von Gruppe K zu Gruppe P-9 signifikant an. Dies kann im Hinblick auf die Fleischqualität (Saftigkeit und Zartheit) als günstig angesehen werden, deutet aber auch auf Unterschiede in der Nährstoffversorgung bzw. Verwertung hin. Möglicherweise könnte eine teilweise Entmineralisierung und auch Reduzierung des Säuregehalts, oder eine Extraktion von Aminosäuren aus dem Presssaft, zu höheren möglichen Einmischraten beitragen. Diese Fragen sollten in weiteren Versuchen geprüft werden.

Schlagwörter: Grünes Protein, Bioraffinerie, Eiweiß aus Grünland, Geflügel, Silagepresssaft, Biologische Landwirtschaft

Summary

The extraction of protein and amino acid concentrates from grassland biomass (clover grass, alfalfa, etc.) is considered to have considerable potential for supplying monogastric animals. In the present trial, a clover-grass silage pressed juice concentrate was obtained and tested in a organic broiler trial. The trial was conducted in two runs (54 and 47 days, respectively), each with a total of 352 organic broiler chickens (JA57 Coloryield), in two identical houses, each with 8 boxes (N=22 chicks/box). The control group (K) and the experimental groups P-3, P-6, as well as P-9 were fed with increasing levels of clover grass silage protein concentrates of 0%, 3%, 6%, and 9% of the dry matter of the pelleted diet, respectively. The concentrate was produced by biorefining from ensiled clover grass. Considering the standards of GfE (1999), comparable amino acid/energy ratios were aimed in all groups. In the experimental groups (P-3 to P-9), the soybean cake content was reduced and the requirement for mineral supplements was also reduced. However, due to the relatively low crude protein and amino acid content of the pressed juice concentrate, the corn content also had to be reduced and the sunflower cake and pea content partially increased in the experimental groups. Since the energy content of the pressed juice was also limited due to the high mineral content, no or less alfalfa meal was also added to the P-9 ration. The pressed juice concentrate also contained organic acids, so the organic acid content increased from P-3 to P-9. Live weight and feed intake were collected separately for each pen on a weekly basis. The experimental data were statistically analyzed using a mixed model.

The analyzed nutrient content increased from group K to P-9 for crude ash, Ca, P and K. The crude protein content decreased slightly and the starch and energy content decreased from group K to P-9. The amino acid contents also decreased slightly from group K to P-9. In terms of the respective energy content (amino

acid content/MJ ME), these decreases were also present, but less pronounced. Throughout the trial period, broilers gained an average of 2130 g and showed an average gain of 42 g per day, indicating a high production level for organic conditions. Animal losses were very low and no significant group differences were observed. In addition, no skin lesions on the feet and no differences in dry matter content of the manure were observed regardless of group. Diarrhea also did not occur. Feed intake increased significantly from group K to P-9, but a decrease in growth performance was noted from group K to P-9. Therefore, feed effort was significantly higher in group P-9 than in the control group. Groups P-3 and P-6 were intermediate between group K and P-9, and group P-3 showed no significant differences from the control group in this regard. Lysine expenditure per kg LW gain increased numerically (not significantly) from group K to P-9, and methionine+cystine expenditure did not differ significantly between groups. The results suggest that there may not have been group differences in amino acid utilization. Considering the increasing calculated energy expenditure and the increasing intake of crude ash and potassium, as well as the lower intake of sulfur-containing amino acids in P-9, the increased feed expenditure per kg gain in the experimental groups (especially P-6 and P-9) could have been due to decreased energy utilization (high acidity in P-6 and P-9, increased crude ash and K intake) and/or the more restricted intake of methionine+cystine. The feeding groups did not differ significantly in any of the carcass quality parameters studied. Good meat quality was observed in all groups. The total fat content in the breast muscle increased significantly from group K to group P-9. This can be considered favorable in terms of meat quality (juiciness and tenderness), but also indicates differences in nutrient supply or utilization. It can be hypothesized that partial demineralization and also reduction of acidity, or extraction of amino acids from the pressed juice, could contribute to higher possible incorporation rates. These questions should be examined in further trials.

Keywords: green protein, biorefinery, protein from grassland, poultry, silage juice, organic farming

1 Einleitung

Pilotstudien haben gezeigt, dass die Gewinnung von Eiweiß- und Aminosäurekonzentraten aus Grünlandbiomasse (Kleegrass, Luzerne usw.) ein erhebliches Potenzial als künftige nachhaltig produzierte Eiweißversorgungsquellen für Nutztiere, und in einem nächsten Schritt für Menschen, haben könnte (Fog, 2018). Daher wurde im Rahmen dieses Projektes Eiweiß, das aus siliierter Bio-Kleegrassilage gewonnen wurde, als Bio-Masthühnerfutter getestet. Im Gegensatz zur Eiweißgewinnung aus Grünfütter kann durch die Silierung des angewelkten Grünfutters eine Futterreserve angelegt werden. Das bedeutet, dass das Protein das ganze Jahr über kontinuierlich gepresst werden kann und der Prozess der grünen Bioraffinerie nicht auf die Erntesaison beschränkt ist. Bei der Fest-Flüssig-Fraktionierung (Pressung) der Kleegrassilage gehen etwa 20-30% des Rohproteins aus der Silage in den Saft über. Darüber hinaus findet sich auch ein erheblicher Anteil der Gärssäuren und Mineralstoffe im Presssaft wieder.

In einem dänischen Projekt wurde Proteinfutter aus frischem Kleegrasspresssaft an Geflügel getestet (Fog, 2018). Legehennen, die mit 4, 8 oder 12 Prozent Grasproteinkonzentrat gefüttert wurden, erzielten die gleiche Eileistung wie jene der Kontrollgruppe. Die Dotter in den Versuchsgruppen wiesen einen intensiveren Gelbton auf. In einem Versuch von Stødkilde et al. (2020) erreichten Broiler, die mit bis zu 13 % Rohprotein aus Presssaft (8 % Presssaft pro kg TM in der Ration) gefüttert wurden, die gleichen Mastleistungen wie die Kontrollgruppe. In den Schlacht-

körpern wurden höhere Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und mehr gelbe Pigmente festgestellt.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Pressversuchs und der Ergebnisse in der Literatur wurde davon ausgegangen, dass der Rationsanteil von nicht weiter verarbeitetem Presssaft in der Masthühner-Fütterung (Broilermast) nach oben hin begrenzt sein könnte (max. 6-12 % auf TM-Basis). In der vorliegenden Untersuchung wurden daher die Auswirkungen einer steigenden Rotkeegrassilage-Presssaftgabe auf die Mast- und Schlachtleistung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Silagepresssaft-Konzentrat, bis zu einer Einsatzobergrenze von 9 % in der Trockenmasse, geprüft. Bei der Rationsplanung wurden dabei auch die im Presssaft enthaltenen organischen Säuren und der Mineralstoffgehalt berücksichtigt. Die extrahierten Säfte aus der grünen Bioraffinerie, die für diesen Versuch verwendet wurden, wiesen auch relativ hohe Phosphorgehalte auf. Dies reduzierte die Notwendigkeit einer Phosphorergänzung in der Gesamtration, was wiederum die Futterkosten in den Versuchsgruppen senkte. Demgegenüber muss aber auch der hohe Kaliumgehalt des Presssaftes berücksichtigt werden, welcher die Einmischrate begrenzt. Organischen Säuren wird in der Fütterung aufgrund ihres Nährwerts und ihrer antimikrobiellen Wirkung zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt, allerdings ist auch hier zu beachten, dass die Anwendungsmenge nach oben hin begrenzt sein dürfte.

2 Tiere, Material und Methoden

2.1 Versuchsställe und Methoden

Der Versuch wurde im Jahr 2022 im Geflügelstall der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Für den Fütterungsversuch standen zwei völlig getrennte, aber nebeneinanderliegende und identische Stallabteile (mit ca. 28 m²/Stall) zur Verfügung. Der Versuch wurde in zwei Mastdurchgängen durchgeführt, der erste dauerte 54 Tage, der zweite 47 Tage. In jedem der Versuchsställe wurde eine Kontrollgruppe (K) und drei Versuchsgruppen (P-3, P-6, P-9) gefüttert.

Im Versuch wurden die Bedingungen der Bio-Broilermast simuliert. Aus experimentellen Gründen wurde jedoch kein Außenstallbereich bzw. keine Weide zur Verfügung gestellt. In jedem Versuchsdurchgang wurden 352 eintägige Broilerküken der Rasse „JA57 Coloryield“ (langsam wachsende Rasse, für Bio-Geflügelmast zugelassen) gekauft und gleichmäßig auf die beiden Ställe (je 176) und sechzehn Buchten (je 22 mit ca. 3,5 m²/Bucht) verteilt. Die Einstreu in jeder Bucht bestand aus Holzspänen. Die Lufttemperatur betrug am ersten Tag 34 °C und wurde bis zum 28. Masttag täglich um 0,5 °C gesenkt. Ab diesem Zeitpunkt wurde die Temperatur bei 20 °C gehalten.

2.2 Versuchs-Futtermittel

Der Versuch umfasste drei Fütterungsperioden (Futter-Abschnitte). Im ersten Durchgang dauerte die Aufzuchtphase (Starter) von Tag 1 bis Tag 21, die Mastphase 1 von Tag 22 bis Tag 48 und die Mastphase 2 von Tag 49 bis 54. Im zweiten Durchgang dauerte die Aufzuchtphase von 1 bis 25 Tagen, die Mastphase 1 von 26 bis 29 Tagen und die Mastphase 2 von 30 bis 47 Tagen. Während der ersten fünf Tage der Aufzuchtphase erhielten alle Masthühner dieselbe Ration der Kontrollgruppe. In der Kontrollgruppe (K) war kein Presssaftkonzentrat in den Futterrationen enthalten, in den Versuchsgruppen P-3, P-6 und P-9 betrug der Gehalt an Presssaftkonzentrat pro kg Trockenmasse (TM) der Ration 3 %, 6 % bzw. 9 %. Die Nährstoff-Gehalte des verwendeten Rohsaftes können in Tabelle 1 abgelesen werden.

Tabelle 1: Nährstoff- und Energiegehalt des Presssaftkonzentrats

	Presssaftkonzentrat
Trockenmasse (% der FM)	63,0
Rohprotein (g/kg TM)	253
Lysin (g/kg TM)	7,84
Lysin (% des Rohproteins)	3,1
Methionin (g/kg DM)	1,76
Methionin (% des Rohproteins)	0,7
Cystin (g/kg DM)	0,64
Methionin+Cystin (g/kg TM)	2,40
Threonin (g/kg TM)	7,84
Tryptophan (g/kg TM)	0,30
Arginin (g/kg TM)	1,28
Valin (g/kg TM)	11,2
Isoleucin (g/kg TM)	8,0
Asparaginsäure und Asparagin	33,6
Serin	8,32
Glutaminsäure und Glutamin	15,04
Glycin	7,68
Alanin	14,4
Leucin	11,2
Phenylalanin	6,56
Histidin	2,72
Prolin	29,92
Metabolisierbare Energie (MJ AMEm/kg TM)¹⁾	11,3
Rohfett (g/kg DM)	7,0
Rohasche (g/kg DM)	196,8
Kalzium (g/kg DM)	16,4
Phosphor (g/kg DM)	8,8
Natrium (g/kg DM)	1,3
Chlor (g/kg DM)	2,5
Magnesium (g/kg DM)	6,8
Kalium (g/kg DM)	66
Kupfer (mg/kg DM)	6,3
Mangan (mg/kg DM)	173
Zink (mg/kg DM)	70
Milchsäure (g/kg DM)	402
Essigsäure (g/kg DM)	42
Buttersäure (g/kg DM)	14,2
Propionsäure (g/kg DM)	0,96

¹⁾Die Bewertung des Energiegehaltes der Futtermischungen erfolgte mit der WPSA-Schätzgleichung (WPSA, 1984), die Konzentrationen der organischen Säuren wurden bei der Energiebewertung berücksichtigt (Essigsäure: 12,2 MJ AMEn/kg TM; Buttersäure: 22,45 MJ AMEn/kg TM; Milchsäure: 14,55 MJ AMEn/kg TM) nach WPSA (1986).

Nur die Rationen der Kontrollgruppe (K; 0% Presssaftkonzentrat) und der Versuchsgruppe 3 (P-9; 9% Presssaftkonzentrat) wurden im Mischfutterwerk gemischt und pelletiert. Für beide Gruppen wurden alle drei Fütterungsphasen (Starter, Mast 1 und 2) hergestellt. Die Versuchsgruppen 1 (P-3) und 2 (P-6) wurden durch anteiliges Mischen der Futterrationen aus der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe 3 (P-3: 2 Teile K und 1 Teil P-9; P-6: 1 Teil K und 2 Teile P-9) für jede Fütterungsphase hergestellt. Die Zusammensetzung und die berechneten Nährstoffgehalte des Kontrollfutters (Starter, Mast 1 und Mast 2) und des Futters der Versuchsgruppe 3 (Starter, Mast 1 und Mast 2) sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Bio-Futtermischungen und berechnete Nährstoffgehalte¹⁾

Fütterungsperiode	Starter		Mast 1		Mast 2	
	1 bis 2		3 bis 6		7 bis 8	
Wochen in Durchgang 1						
Wochen in Durchgang 2	1 bis 4		5		6 bis 7	
Gruppe	K	P-9	K	P-9	K	P-9
Presssaftkonzentrat (%/kg TM)	0,0	9,0	0,0	9,0	0,0	9,0
Mais (%/kg DM)	31,37	24,24	29,55	24,09	27,00	20,42
Maisklebermehl (%/kg TM)	3,00	3,00	3,45	3,45	3,90	3,90
Weizen (%/kg TM)	11,04	10,00	10,50	7,80	19,00	20,00
Kartoffeleiweiß (%/kg TM)	2,00	2,00	1,56	1,56	1,10	1,10
Sojabohnen (%/kg TM)	6,00	6,00	4,00	4,00	0,00	0,00
Sojabohnenkuchen(%/kg TM)	25,11	16,00	20,00	16,09	13,88	12,90
Sonnenblumenkuchen (%/kg TM)	10,00	17,00	17,37	22,00	20,00	19,00
Erbsen (%/kg TM)	6,00	9,00	8,00	9,00	8,00	9,00
Luzernemehl (%/kg TM)	1,00	0,00	2,00	0,00	4,00	2,00
Mineralstoffe & Premix (%/kg TM)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Futterkalk (%/kg TM)	1,20	0,87	0,86	0,67	0,74	0,55
Monocalciumphosphat (%/kg TM)	2,25	1,90	1,75	1,40	1,48	1,23
Natriumchlorid (%/kg TM)	0,18	0,14	0,11	0,09	0,05	0,05
Berechnete Nährstoffgehalte						
Rohprotein (g/kg DM)	266	266	261	271	237	247
Metab. Energie (MJ ME/kg TM) ²⁾	13,5	13,0	13,1	12,8	12,8	12,7
Methionin+Cystin (g/kg TM)	8,8	8,4	8,8	8,7	8,2	8,0
Lysin (g/kg DM)	13,8	12,8	12,8	12,6	10,5	10,7
Tryptophan (g/kg TM)	3,1	2,8	2,9	2,8	2,6	2,5
Threonin (g/kg TM)	10,0	9,9	9,7	10,0	8,7	8,9
Phosphor (g/kg TM)	9,6	9,6	8,8	8,7	8,1	8,0
Kalium (g/kg TM)	12	16	12	16	11	15
Milchsäure (g/kg TM)	0	36	0	36	0	36
Essigsäure (g/kg TM)	0	4	0	4	0	4

¹⁾Die Mengen der Nährstoffe und der erstlimitierenden essentiellen AS (g Aminosäuren/MJ ME) entsprachen den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 1999). Die Ziel-Aminosäurekonzentration wurde an die jeweilige Energiekonzentration angepasst.

²⁾Die Bewertung des Energiegehaltes der Futtermischungen wurde nach den Schätzgleichungen der WPSA (1984) durchgeführt. In der Versuchsgruppe P-9 wurden die Konzentrationen der organischen Säuren bei der Energiebewertung berücksichtigt (Essigsäure: 12,2 MJ AMEn/kg TM; Buttersäure: 22,45 MJ AMEn/kg TM; Milchsäure: 14,55 MJ AMEn/kg TM); WPSA (1986).

Die Nährstoff- und limitierenden essentiellen Aminosäuregehalte (g Aminosäuren/MJ ME) entsprachen den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 1999) für Masthühner. Die Zielaminosäurenkonzentration wurde an die jeweilige metabolisierbare Energiekonzentration angepasst.

Daher lagen die berechneten Aminosäuren-Konzentrationen in P-9 etwas niedriger. In der Versuchsgruppe 3 (P-9) wurde der Gehalt an Sojakuchen reduziert und der Bedarf an Mineralstoffergänzung sank ebenfalls. Aufgrund des relativ niedrigen Gehalts an Rohprotein und Aminosäuren im Presssaftkonzentrat musste in Versuchsgruppe 3 (P-9) auch der Anteil an Mais reduziert werden, da der Energiegehalt des Presssaftes aufgrund des hohen Mineralstoffgehaltes ebenfalls begrenzt war. Das Presssaftkonzentrat enthielt auch organische Säuren, weshalb der Gehalt an organischen Säuren in P-9 etwas über 4% lag (Gehalt an Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure und Propionsäure - siehe auch Tabelle 1 und 2).

2.3 Mast-/Schlachtleistung und Fleischqualitätsparameter

Das Lebendgewicht wurde pro Versuchsdurchgang von jedem der 352 Tagesküken zu Beginn des Versuchs erfasst. Während des Versuchszeitraums (1. bis 54. Tag in Versuch 1 und 47. Tag in Versuch 2) wurden die Broiler aus jeder Bucht alle sieben Tage und am Ende der Mastperiode (54. und 47. Tag) gewogen. Die Futtermittelaufnahme wurde für jede Bucht am selben Tag erhoben, an dem das Wiegen stattfand. Parameter wie die täglichen Zunahmen und die Futtermittelaufnahme wurden daher für alle Tiere berechnet (N=88 pro Gruppe). Zwei Broiler aus jeder Bucht wurden zu Mastende in einem mobilen Schlachthof geschlachtet, um Daten zum Schlachtkörpergewicht und Effizienzparameter für Futter, Energie und Eiweiß pro kg Schlachtkörper zur Verfügung zu haben (N=16 pro Gruppe). In der Geflügelmast kann es zu Hautläsionen und Erkrankungen der Fußballen kommen. Um zu prüfen, ob es Unterschiede im Zustand der Fußballen zwischen den Fütterungsgruppen gab, wurden die Füße aller Tiere (N=347) nach der Schlachtung untersucht. Alle Füße wurden gewaschen und auf sichtbare Läsionen (Punktebewertung von 1 bis 5; 1=keine Veränderungen) hin untersucht.

Das Schlachtkörpergewicht (warm) wurde für jedes Tier erfasst und pro Box und Stall dokumentiert. Am Ende der Mastperiode wurden die Schlachtkörpergewichte und die Gewichte von Brust, Schenkeln mit Haut, Nieren, Leber und Abdominalfett bei zwei Hühnern gemessen, die nach dem Zufallsprinzip aus jeder der Versuchsbuchten entnommen wurden. Zusätzliche Daten zu Schlachtkörpergewichten und Fleischqualitätsparametern (Trockenmasse, Rohprotein- und Fettgehalt, Mineralstoffgehalt, Scherkraft, Grillsaftverluste, Fleischfarbparameter) wurden im Labor in Raumberg-Gumpenstein gemessen. Für die Erfassung der Fleischqualitätsparameter wurde dazu der Brustmuskel untersucht.

2.4 Datenverarbeitung und statistische Analyse

Die Datenverarbeitung erfolgte mit den Versionen 2016 von MS Excel und Access. Die statistische Analyse wurde mit einem gemischten Modell in SAS 9.4 (SAS Institute, 2012; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) durchgeführt. Das gemischte Modell für die Mast-, Schlacht- und Fleischqualitätsdaten enthielt die fixen Effekte der Gruppe (G: Kontrolle (K), P-3, P-6 und P-9), des Durchgangs (D: 1 und 2), des Stalls (S:1 und 2) und die Interaktion von G x D. Die Bucht innerhalb des Stalls wurde als zufälliger Effekt einbezogen. In dem Modell für die statistische Analyse der Schlachtleistungsdaten wurde das Tier (innerhalb der Bucht) als wiederholte Messung berücksichtigt. Für die statistische Signifikanz wurde das Wahrscheinlichkeitsniveau (P) auf $P \leq 0,05$ festgelegt, und P-Werte zwischen $0,05 < P \leq 0,10$ wurden als „tendenzielle Unterschiede“ definiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Nährstoffgehalt der Versuchsfuttermittel

In Tabelle 3 sind die analysierten Nährstoff- und Energiegehalte sowie die Säuregehalte in der Frischmasse für alle vier Fütterungsgruppen angeführt. Der Gehalt an Aminosäuren im Versuchsfutter wurde analysiert und ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 3: Analysierte Nährstoff- und Energiegehalte der Versuchsfuttermittel (pro kg TM)

Fütterungsperiode	Starter				Mast 1				Mast 2			
	K	P-3	P-6	P-9	K	P-3	P-6	P-9	K	P-3	P-6	P-9
Fütterungsgruppen												
Presssaft % im Futter (%/kg TM)	0	3	6	9	0	3	6	9	0	3	6	9
Trockenmasse (g/kg)	910	910	909	909	913	911	908	906	913	910	907	904
Rohprotein (g/kg TM)	268	264	261	257	258	258	258	259	232	234	236	239
Rohasche (g/kg TM)	51,5	57,0	62,5	68,0	78,0	79,0	80,0	81,0	84,5	83,3	82,2	81,0
Rohfett (g/kg TM)	72,5	73,0	73,5	74,0	76,0	76,3	76,7	77,0	68,0	66,7	65,3	64,0
Stärke (g/kg TM)	360	345	329	314	348	332	315	299	392	377	362	347
Zucker (g/kg TM)	51,5	52,8	54,2	55,5	48,5	50,3	52,2	54,0	47,5	47,8	48,2	48,5
Metab. Energie (MJ ME/kg TM) ^a	13,3	13,2	13,0	12,9	13,0	12,9	12,7	12,6	13,1	12,9	12,7	12,6
Kalzium (g/kg TM)	8,0	8,9	9,8	10,7	8,4	8,6	8,7	8,9	8,6	8,5	8,4	8,4
Phosphor (g/kg TM)	7,6	8,4	9,2	10,0	9,2	9,2	9,3	9,3	8,5	8,5	8,5	8,5
Magnesium (g/kg TM)	2,5	2,7	3,0	3,2	2,6	2,8	3,1	3,3	2,6	2,8	2,9	3,1
Kalium (g/kg TM)	11,0	12,7	14,3	16,0	11,0	12,8	14,7	16,6	9,9	11,4	12,9	14,4
Natrium (g/kg TM)	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Eisen (mg/kg TM)	283	321	359	397	183	243	304	364	263	289	315	341
Mangan(mg/kg TM)	158	159	160	161	163	159	155	151	163	161	159	157
Zink (mg/kg TM)	129	135	141	148	130	136	141	147	136	137	137	138
Kupfer (mg/kg TM)	28,6	29,5	30,4	31,4	29,6	30,4	31,2	32,0	29,1	29,3	29,6	29,9
Säuregehalt in FM												
Milchsäure (g/kg FM)	0,0	6,9	13,8	20,8	0,0	4,4	8,8	13,2	0,0	4,0	8,0	12,1
Essigsäure (g/kg FM)	0,0	0,8	1,6	2,4	0,0	0,5	0,9	1,4	0,0	0,4	0,9	1,3
Propionsäure (g/kg FM)	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2
Buttersäure (g/kg FM)	0,0	0,2	0,5	0,7	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	0,2	0,3
Gesamtsäure (g/kg FM)	0,0	8,0	16,0	24,0	0,0	5,0	10,0	15,0	0,0	4,7	9,3	14,0

^aDie Bewertung des Energiegehalts der Futtermischungen erfolgte nach den geschätzten Gleichungen der WPSA (1984). In den Versuchsgruppen wurden die Konzentrationen an organischen Säuren bei der Energiebewertung berücksichtigt (Essigsäure: 12,2 MJ AMEn/kg TM; Buttersäure: 22,45 MJ AMEn/kg TM; Milchsäure: 14,55 MJ AMEn/kg TM) gemäß WPSA (1986).

Wie die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen, stieg der Rohasche-, Ca-, P- und K-Gehalt von Gruppe K bis P-9 an, der Rohproteingehalt nahm leicht ab, während der Stärke- und Energiegehalt ebenfalls von Gruppe K bis P-9 abnahm.

Aus Tabelle 4 ist abzulesen, dass auch die Aminosäurekonzentration von Gruppe K bis P-9 leicht abnahm. Beim Energiegehalt (Aminosäuregehalt/MJ ME) waren die Rückgänge ebenfalls vorhanden, aber weniger deutlich ausgeprägt.

Tabelle 4: Analyisierte Aminosäuregehalte der Versuchsfuttermittel (g/kg TM)

Fütterungsperiode Gruppe	Starter				Mast 1				Mast 2			
	K	P-3	P-6	P-9	K	P-3	P-6	P-9	K	P-3	P-6	P-9
P % im Futter (%/kg TM)	0	3	6	9	0	3	6	9	0	3	6	9
Trockenmasse (g/kg FM)	910	910	909	909	913	911	908	906	913	910	907	904
Aminosäuren (g/kg TM)												
Lysin	10,2	9,8	9,4	9,0	9,5	9,2	8,9	8,7	7,7	7,6	7,5	7,3
Methionin	3,2	3,2	3,1	3,0	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8
Cystin	3,2	3,1	3,0	2,8	3,1	3,0	3,0	2,9	3,0	2,9	2,8	2,7
Methionin+Cystin	6,5	6,3	6,1	5,9	6,4	6,2	6,1	5,9	6,0	5,8	5,7	5,5
Threonin	7,4	7,3	7,1	6,9	7,3	7,2	7,1	7,0	6,4	6,4	6,3	6,2
Tryptophan	2,3	2,2	2,1	2,0	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7
Arginin	12,9	12,4	12,0	11,5	12,5	12,2	11,9	11,6	10,8	10,5	10,2	10,0
Valin	9,7	9,5	9,3	9,1	9,4	9,3	9,3	9,2	8,3	8,2	8,2	8,1
Isoleucin	8,7	8,4	8,1	7,8	8,2	8,0	7,9	7,7	7,1	7,0	6,9	6,9
Asparaginsäure	19,4	19,1	18,9	18,7	18,5	18,6	18,6	18,6	15,6	15,8	15,9	16,0
Serin	9,5	9,2	8,9	8,7	9,3	9,1	8,9	8,7	8,2	8,1	8,1	8,0
Glutaminsäure	37,2	36,0	34,8	33,6	36,1	35,2	34,3	33,4	33,3	32,8	32,2	31,6
Glycin	8,6	8,4	8,3	8,1	8,7	8,6	8,4	8,3	7,8	7,7	7,6	7,5
Alanin	9,6	9,5	9,4	9,3	9,5	9,5	9,4	9,4	8,7	8,7	8,6	8,6
Leucin	16,7	16,2	15,6	15,0	16,1	15,7	15,3	14,9	14,6	14,3	14,1	13,8
Tyrosin	6,5	6,3	6,0	5,8	6,1	6,0	5,8	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1
Phenylalanin	10,2	9,9	9,6	9,2	9,9	9,6	9,4	9,1	8,8	8,6	8,4	8,3
Histidin	5,0	4,8	4,6	4,4	4,8	4,7	4,6	4,4	4,2	4,1	4,0	3,9
Prolin	11,4	11,2	11,1	10,9	11,1	11,2	11,2	11,2	10,3	10,6	10,9	11,1
ME (MJ/kg TM)	13,32	13,17	13,01	12,86	13,03	12,88	12,74	12,59	13,09	12,91	12,73	12,55
Lysin/MJ ME	0,77	0,74	0,72	0,70	0,73	0,71	0,70	0,69	0,59	0,59	0,59	0,59
Methionin+ Cystin / MJ ME	0,48	0,48	0,47	0,46	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,44

3.2 Mastleistung, Ausfälle, Schlachtkörpergewicht und Futtermittelverwertung

Während des gesamten Versuchszeitraums nahmen die Broiler im Durchschnitt 2130 g zu. Die durchschnittlichen Tageszunahmen betragen 42 g, was auf ein hohes Produktionsniveau für Bio-Mastbedingungen hinweist (Tabelle 5). 42 g gelten als maximaler Bio-Zuwachs bei langsam wachsenden Rassen. Die Tierverluste waren sehr gering und es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt. Die Futteraufnahme stieg von Gruppe K bis P-9 signifikant an, jedoch wurde ein leichter Abwärtstrend in der Wachstumsleistung von Gruppe K bis P-9 festgestellt. Der Futteraufwand pro kg Zuwachs oder pro kg Schlachtkörperzuwachs war in der Gruppe P-9 bei allen Parametern (TM-, XP-, ME-Aufwand) signifikant höher als in der Kontrollgruppe. Daher nahm die Futter-

effizienz mit der Presssaft-Erhöhung ab. Die Gruppen P-3 und P-6 lagen diesbezüglich zwischen der Gruppe K einerseits und der Gruppe P-9 andererseits. Die Gruppe P-3 zeigte bei keinem der Effizienzparameter signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe. Bei der Summe der Lysin-Aufnahme (pro Tier über die gesamte Mastperiode) zeigten sich keine Gruppenunterschiede, bei der Methionin+Cystin-Aufnahme lag die Gruppe P-9 signifikant niedriger. Der Lysin-Aufwand pro kg LG-Zuwachs und der Methionin+Cystin-Aufwand unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass es keine Gruppenunterschiede in der Aminosäurenverwertung gab. In Anbetracht des steigenden berechneten Energieaufwandes und der zunehmenden Aufnahme von Rohasche und Kalium, sowie der geringeren Aufnahme von schwefelhaltigen Aminosäuren in P-9 könnte der erhöhte Futteraufwand pro kg Zuwachs in den Versuchsgruppen (insbesondere P-6 und P-9) auf eine verminderte Energieverwertung (hoher Säuregehalt in P-6 und P-9, erhöhte Rohasche- und K-Aufnahme) und/oder eine eingeschränkte Aufnahme von Methionin+Cystin zurückzuführen sein.

3.3 Zusammensetzung des Schlachtkörpers und Fleischqualität

Wie die Ergebnisse der Schlachtkörperzusammensetzung in Tabelle 6 zeigen, unterschieden sich die vier Fütterungsgruppen in keinem der untersuchten Schlachtkörperparameter signifikant. Wie erwartet wurden Unterschiede in der Schlachtkörper-

Tabelle 5: Analytierte Aminosäuregehalte der Versuchsfuttermittel (g/kg TM)

Mastleistung ^{a)}	Gruppe (G)				S _e	P-Werte		
	K	P-3	P-6	P-9		G	D	G x D
Start-Lebendgewicht* (g)	37	36	36	36	0,7	0,404	<0,001	0,820
Mastendgewicht** (g)	2193	2202	2173	2098	45,6	0,093	<0,001	0,773
Zuwachs (g)	2156	2166	2137	2061	86,2	0,092	<0,001	0,776
Tageszunahmen (g)	42,6	42,7	42,1	40,6	0,87	0,087	<0,001	0,706
Ausfälle (%)	1,70	2,84	1,14	1,14	0,956	0,697	0,627	0,752
TM-Aufnahme (g/Tier)	4857 ^b	5058 ^{ab}	5375 ^a	5357 ^a	303,5	0,006	<0,001	0,201
TM-Aufnahme/Tier und Tag (g/d)	95,7 ^b	100 ^{ab}	106 ^a	106 ^a	0,99	0,009	<0,001	0,181
Futter-Aufwand (g TM/kg LG Zuwachs)	2242 ^c	2343 ^{bc}	2505 ^{ab}	2620 ^a	142,3	<0,001	0,003	0,026
MJ ME-Aufnahme/ Tier und Tag (g/d)	1,25	1,30	1,35	1,34	0,080	0,090	<0,001	0,165
Energie-Aufwand (MJ ME/kg LG Zuwachs)	29,4 ^c	30,4 ^{bc}	32,0 ^{ab}	33,2 ^a	1,83	0,002	0,004	0,025
Protein-Aufnahme/Tier und Tag (g/d)	24,1 ^b	25,3 ^{ab}	26,7 ^a	26,7 ^a	0,02	0,010	<0,001	0,189
Lys.-Aufnahme (g/Tier)	44,4	44,8	46,3	44,6	2,60	0,480	<0,001	0,110
Met. + Cys.-Aufnahme (g/Tier)	33,4 ^a	34,2 ^a	32,5 ^{ab}	31,1 ^b	0,75	<0,001	<0,001	0,048
Protein-Aufwand (g XP/kg LG Zuwachs)	565 ^c	590 ^{bc}	631 ^{ab}	659 ^a	35,1	<0,001	<0,001	0,033
Lys.-Aufwand (g/kg LG Zuwachs)	20,4	20,5	21,5	21,7	0,23	0,090	<0,001	0,024
Met. + Cys.-Aufwand (g/kg LG Zuwachs)	15,6	16,0	15,4	15,3	0,34	0,419	<0,001	0,144
Schlachtkörpergewicht (g)	1626	1547	1530	1463	23,4	0,215	<0,001	0,442
Futter-Aufwand (g TM/kg SK-Gewicht)	3016 ^c	3287 ^{bc}	3506 ^{ab}	3698 ^a	295,7	<0,001	0,031	0,059
Energie-Aufwand (MJ ME/kg SK-Gewicht)	39,5 ^b	42,7 ^{ab}	44,8 ^{ab}	46,9 ^a	3,87	0,006	0,038	0,060
Protein-Aufwand (g XP/kg SK-Gewicht)	761 ^b	827 ^{ab}	882 ^a	930 ^a	74,5	0,001	0,002	0,071

^{a)} Unterschiedliche Hochbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hin; d=Tag; LG=Lebendgewicht; Lys= Lysin; Met= Methionin; Cys= Cystin; SK=Schlachtkörper

*1. Tag; **54./47. Tag jeweils in Durchgang 1 und 2.

zusammensetzung zwischen den beiden Durchgängen festgestellt, die auf die unterschiedlichen Mastendgewichte zurückzuführen sind. Es wurden jedoch keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Gruppe und Durchgang festgestellt.

Tabelle 6: Ergebnisse der Schlachtkörperzusammensetzung, Abdominalfett, Leber und Nieren (Schlachtung in Raumberg-Gumpenstein, N=16 pro Gruppe)

Schlachtkörper-Zusammensetzung ²⁾	Gruppe (G)				s _e	P-Werte ¹⁾		
	K	P-3	P-6	P-9		G	D	G x D
Mastendgewicht (g)	2242	2205	2223	2218	64,9	0,766	<0,001	0,748
SK-Gewicht (warm) (g)	1531	1512	1535	1505	65,2	0,698	<0,001	0,740
Ausschlachtung (%)	68,4	68,7	69,1	67,9	1,85	0,312	0,037	0,952
Brust (% vom SK)	25,8	25,5	25,9	25,5	1,77	0,911	0,221	0,251
Schenkel mit Haut (% vom SK)	33,0	32,6	32,6	33,2	1,62	0,780	<0,001	0,748
Abdominalfett (% vom SK)	2,0	2,0	1,8	1,7	0,72	0,353	0,040	0,701

¹⁾ G=Gruppe; D=Durchgang (1 oder 2); G x D = Interaktion von Gruppe und Durchgang

²⁾ SK=Schlachtkörper

Tabelle 7: Fleischqualitätsparameter, gemessen im Brustmuskel (Schlachtung in Raumberg-Gumpenstein, N=16 pro Gruppe)

Fleischqualität ^{a)}	Gruppe (G)				s _e	p-Werte ¹⁾		
	K	P-3	P-6	P-9		G	D	G x D
Trockenmasse (g/kg FM)	261	260	259	259	3,9	0,840	0,023	0,150
Rohprotein (g/kg FM)	245	245	242	242	3,6	0,282	0,299	0,332
Gesamtfett (g/kg FM)	4,11 ^b	5,50 ^{ab}	6,63 ^a	6,90 ^a	1,667	0,024	0,607	0,563
Rohasche (g/kg FM)	12,3	12,5	12,6	12,4	0,32	0,633	0,141	0,883
Scherkraft (kg)	2,35	2,01	2,04	2,42	0,660	0,457	0,556	0,676
Grillsaftverlust - warmes Fleisch (%)	10,4	11,4	10,9	11,2	2,15	0,766	0,839	0,850

^{a)} Unterschiedliche Hochbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hin; G=Gruppe; D=Durchgang (1 oder 2); G x D = Interaktion von Gruppe und Durchgang

Im Brustmuskel wurde in allen Gruppen eine gute Fleischqualität festgestellt (Tabelle 7). Mit Ausnahme des Fettgehalts im Brustmuskel und des Ca-Gehalts wurden bei den Fleischqualitätsparametern (Rohnährstoffgehalt, Mineralstoffgehalt, Scherkraft, Farbe) keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Gruppen festgestellt. Möglicherweise wirkte sich der Rückgang des Aminosäuregehalts von K zu P-9 limitierend aus, oder die organischen Säuren aus dem Presssaft führten zu höheren Fetteinlagerungen.

3.4 Hautverletzungen an den Füßen sowie Trockenmasse und Nährstoffgehalt des Hühnermists

Unabhängig von der Fütterungsgruppe wurden bei keinem Huhn Hautveränderungen festgestellt. In keiner der Gruppen wurde ein Durchfall festgestellt und auch bei der Verschmutzung des Gefieders wurden keine Gruppenunterschiede beobachtet.

4 Schlussfolgerungen

Im vorliegenden Versuch wurden die Auswirkungen einer steigenden Presssaftmenge auf die Mast- und Schlachtleistung unter simulierten Bio-Broilermastbedingungen untersucht. Für den Versuch wurde das Presssaftkonzentrat aus Rotkleegrassilage aus der zweiten Hauptpresskampagne, die im Januar 2022 durchgeführt wurde, verwendet.

Die Aminosäurekonzentrationen im Presssaft waren gering, so dass der „Ersatzwert von proteinreichen Rationskomponenten“ durch das Einmischen des Presssafts begrenzt war. Aufgrund des hohen Mineralstoffgehaltes war auch die Energiekonzentration im Presssaft begrenzt (11,3 MJ ME/kg TM). Relativ hohe Phosphorgehalte (8,8 g/kg TM) wurden festgestellt, was den Bedarf an P-Ergänzungsfuttermitteln in der Gesamtration und damit die Futterkosten reduzierte. Demgegenüber mussten die hohen Gehalte an Kalium (66 g/kg TM) und an organischen Säuren (über 4 % der TM) in der Rationsgestaltung berücksichtigt werden.

Der Versuch wurde in zwei Mastdurchgängen durchgeführt. Die Kontrollgruppe (K), die Versuchsgruppe 1 (P-3), die Versuchsgruppe 2 (P-6) und die Versuchsgruppe 3 (P-9) enthielten 0 %, 3 %, 6 % bzw. 9 % Presssaftkonzentrat pro kg TM. In den Versuchsgruppen (P-3 bis P-9) war der Gehalt an Sojabohnenkuchen reduziert und der Bedarf an Mineralstoffzusätzen ebenfalls verringert. Aufgrund des relativ geringen Gehalts an Rohprotein und Aminosäuren im Presssaftkonzentrat musste jedoch auch in den Versuchsgruppen der Anteil an Mais reduziert und der Anteil an Sonnenblumenkuchen und Erbsen teilweise erhöht werden. Da der Energiegehalt des Presssaftes aufgrund des hohen Mineralstoffgehaltes ebenfalls begrenzt war, wurde der Ration von P-9 auch kein bzw. weniger Luzerne-Mehl beigemischt. Das Presssaftkonzentrat enthielt auch organische Säuren, weshalb der Gehalt an organischen Säuren von P-3 bis in P-9 anstieg. Der analysierte Nährstoffgehalt stieg von Gruppe K bis P-9 bei Rohasche, Ca, P und K an. Der Rohproteingehalt nahm leicht ab, und der Stärke- und Energiegehalt sank von Gruppe K bis P-9. Auch die Aminosäuregehalte nahmen von Gruppe K bis P-9 leicht ab. Bezogen auf den jeweiligen Energiegehalt (Aminosäuregehalt/MJ ME) waren diese Abnahmen ebenfalls gegeben, aber weniger deutlich ausgeprägt.

Während des gesamten Versuchszeitraums nahmen die Masthühner im Durchschnitt 2130 g zu und wiesen eine durchschnittliche Zunahme von 42 g pro Tag auf, was für Bio-Bedingungen auf ein hohes Produktionsniveau hinweist. Die Ausfälle waren sehr gering und es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt. Darüber hinaus konnten unabhängig von der Gruppe keine Hautveränderungen an den Füßen und keine Unterschiede im Trockenmassegehalt des Kots festgestellt werden. Durchfälle traten ebenfalls nicht auf.

Die Futteraufnahme stieg von Gruppe K zu P-9 signifikant an, aber es wurde ein Rückgang bei der Wachstumsleistung von Gruppe K zu P-9 festgestellt. Daher war der Futteraufwand in der Gruppe P-9 signifikant höher als in der Kontrollgruppe. Die Gruppen P-3 und P-6 lagen zwischen der Gruppe K und P-9, die Gruppe P-3 zeigte diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede zur Kontrollgruppe. Weder der Lysin-Aufwand pro kg LG-Zuwachs noch der Methionin+Cystin-Aufwand unterschieden sich signifikant zwischen den Gruppen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass es keine Gruppenunterschiede in der Aminosäurenverwertung gegeben haben dürfte. In Anbetracht des steigenden berechneten Energieaufwandes und der zunehmenden Aufnahme von Rohasche und Kalium, sowie der geringeren Aufnahme von schwefelhaltigen Aminosäuren in P-9 könnte der erhöhte Futteraufwand pro kg Zuwachs in den Versuchsgruppen (insbesondere P-6 und P-9) auf eine verminderte Energieverwertung (hoher Säuregehalt in P-6 und P-9, erhöhte Rohasche- und K-Aufnahme) und/oder die eingeschränktere Aufnahme von Methionin+Cystin zurückzuführen sein.

Die Fütterungsgruppen unterschieden sich in keinem der untersuchten Qualitätsparameter des Schlachtkörpers signifikant. In allen Gruppen wurde eine gute Fleischqualität festgestellt. Der Gesamtfettgehalt im Brustmuskel stieg von Gruppe K zu Gruppe P-9 signifikant an. Dies kann im Hinblick auf die Fleischqualität (Saftigkeit und Zartheit) als günstig angesehen werden, deutet aber auch auf die oben beschriebenen Unterschiede in der Nährstoffverwertung hin.

Die Versuchsdaten zeigen, dass ein unbehandeltes Silage-Presssaftkonzentrat dem biologischen Hühnermastfutter beigemischt werden kann und dass dieses Futter von den Masthühnern bis zu einer Einmischrate von 9 % in der TM gut angenommen wird. Da es

weder zu erhöhten Ausfällen noch zu Durchfall kam und keine Federverschmutzungen oder Fußballenprobleme auftraten, kann von einer guten Futtermittelverträglichkeit (bis zu einer Einmischrate von 9%) ausgegangen werden. Bei einer Einmischungsrate von 9 % in der Ration (und weniger ausgeprägt bei 6 %) wurde jedoch ein Rückgang der Wachstumsleistung und der Futtermittelverträglichkeit, im Vergleich zur Kontrollgruppe, festgestellt. Bei der Gestaltung von Rationen mit unbehandeltem Silagepresssaftkonzentrat sind daher in jedem Fall die hohen Rohasche-, K- und Säuregehalte sowie die begrenzten bzw. unausgewogenen Aminosäuregehalte zu berücksichtigen. Möglicherweise könnte eine teilweise Entmineralisierung und auch eine Reduzierung des Säuregehalts, oder eine Extraktion von Aminosäuren aus dem Presssaft, zu höheren möglichen Einmischraten beitragen. Auch ein direkt aus Grünfütter extrahiertes Protein könnte zu günstigeren Ausgangsbedingungen führen. Diese Fragen sollten in weiteren Versuchen geprüft werden.



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

Fog, E., 2018: Protein feed from clover grass for pigs and poultry. Results from Danish innovation projects. SEGES Organic Innovation. AGROMANIA 27–11-2018. Slides on organic eprints. Protein feed from clover grass for pigs AGROMANIA.pdf (orgprints.org); (06.12.2021).

Stødkilde, L., Ambye-Jensen M. und Krogh Jensen S., 2020: Biorefined grass-clover protein composition and effect on organic broiler performance and meat fatty acid profile. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

GfE-Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 1999: Ausschuss für Bedarfsnormen: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). DLG-Verlag. Frankfurt am Main.

Hajati, H., 2018: Application of organic acids in poultry nutrition. Int. Journal of Avian & Wildlife Biology 2018, 3(4):324-329. DOI: 10.15406/ijawb.2018.03.00114

WPSA, 1984: The Prediction of Apparent Metabolizable Energy Values for Poultry in Compound Feeds. World's Poultry Science Journal, 40, 181-182.

WPSA, 1986: WPSA - Subcommittee Energy of the Working Group nr. 2. Nutrition of the European Federation of Branches of the WPSA. European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs. ISBN 90-71463-12-5. Beekbergen. NL.

Futterkohle in der Milchviehfütterung



Prüfung des Potenzials von Futterkohle (Biochar) zur Reduktion der Methanemissionen in der Milchviehhaltung

Georg Terler^{1*}, Ernst Holler², Manuel Winter¹, Michael Mandl³, Andreas Steinwidder¹, Joseph B. Schweeney⁴ und Kevin McDonnell⁴

Zusammenfassung

Futterzusätze werden als eine von mehreren Möglichkeiten gesehen, Methanemissionen aus der Wiederkäuerfütterung zu reduzieren. In diesem Versuch wurde der Effekt der Zufütterung von Biokohle bzw. von Biokohle und Harnstoff auf die Leistung und Methanproduktion von Milchkühen untersucht. Dafür wurden 18 Milchkühe verwendet und der Versuch als 3 × 3 Lateinisches Quadrat durchgeführt. Die Kühe wurden in drei Fütterungsgruppen unterteilt, welche sich im Futterzusatz unterschieden: Kontrollgruppe ohne Futterzusatz (KO), Biokohle-Zufütterung (BK) und Biokohle- und Harnstoff-Zufütterung (BK+HS). Der Versuch umfasste 3 Perioden, wobei die Zuteilung der Kühe zu den Fütterungsgruppen nach jeder Versuchsperiode getauscht wurde, sodass am Ende jede Kuh einmal in jeder Fütterungsgruppe war. In allen drei Fütterungsgruppen erhielten die Kühe eine Grundfuttermischung zur freien Aufnahme und im Durchschnitt 5 kg Kraftfutter pro Tag. Die Methanproduktion wurde in Respirationsskammern gemessen. Die Zufütterung von Biokohle bzw. Biokohle und Harnstoff hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Aufnahme von Trockenmasse, Energie und nutzbarem Rohprotein. Jedoch waren die Lignin-Aufnahme in der BK-Gruppe und die Rohproteinaufnahme in der BK+HS-Gruppe höher als in der KO-Gruppe. Die Fütterung der Futterzusätze hatte kaum Einfluss auf die Milchleistung und die Milchzusammensetzung. Lediglich der Harnstoffgehalt der Milch war in der BK+HS-Gruppe deutlich höher als in den beiden anderen Gruppen. Die Futterverwertung, die Verdaulichkeit der Ration und die Methanproduktion wurden durch die Ergänzung der Futterzusätze nicht beeinflusst. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ergänzung von Biokohle in Milchviehrationen die Methanemissionen nicht reduziert, jedoch auch keine negativen Auswirkungen auf die Leistung der Milchkühe hat.

Schlagwörter: Futterzusätze, Methanreduktion, Verdaulichkeit, Rinder, Effizienz

Summary

Feed additives are one of a number of climate change mitigation strategies being sought to reduce methane emissions in ruminants. In this study, the effect that biochar or biochar and urea supplementation has on dairy cow performance and methane production, was assessed. 18 cows were used in a 3 × 3 Latin Square design with three feeding groups: Control with no supplementation (CO), Biochar supplementation (BC, 200 g/d) and Biochar and Urea supplementation (BC+U, 200 g/d biochar and 90 g/d urea). All cows were fed a forage mixture ad libitum and 5 kg concentrates per day, on average. Methane emissions were measured in respiration chambers. Biochar as well as biochar and urea supplementation

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

² Biochar-Nergy GmbH, Gabersdorf 11, A-8424 Gabersdorf

³ tbw research GesmbH, Schönbrunner Str. 297, A-1120 Wien

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

* Ansprechpartner: Dr. Georg Terler email: georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

did not affect total dry matter, energy and utilisable protein intake. However, lignin intake was higher in the BC group and crude protein intake was higher in the BC+U group compared to the CO group. Supplementation of feed additives did not affect milk production and milk composition, except for a higher milk urea content in the BC+U group. Feed conversion, diet digestibility and methane production were not affected by feeding strategy. In conclusion, biochar supplementation does not reduce methane emissions, but also does not negatively affect dairy cow performance.

Keywords: feed additives; methane reduction; digestibility; cattle; efficiency

1 Einleitung

Laut UMWELTBUNDESAMT (2022) stammen 4,8 % der österreichischen Treibhausgasemissionen aus der Verdauung in Rindermägen. Im Zuge der mikrobiellen Verdauung in den Vormägen entsteht Methan, welches im Zuge des Wiederkauens ausgestoßen wird und in der Atmosphäre zum Treibhausgaseffekt beiträgt. Obwohl eine aktuelle Forschungsarbeit der Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zeigt, dass Methan einen geringeren Effekt auf die langfristige Erderwärmung hat als meist berichtet (GUGGENBERGER et al. 2022), sollten die Methanemissionen von Rindern durch geeignete Maßnahmen reduziert werden. Eine Reduktion der Methanproduktion von Rindern kann nicht nur die Umweltwirkungen der Viehwirtschaft verringern, sondern auch die Effizienz der Produktion erhöhen, da die Methanbildung einen Energieverlust für das Tier darstellt.

Als besonders vielversprechend gelten Methan-reduzierende Futtermittel und Futtermittelzusatzstoffe. Daher wurden und werden weltweit unzählige wissenschaftliche Studien durchgeführt, welche den Effekt der Fütterung solcher Futtermittelzusatzstoffe untersuchen. In mehreren Forschungsprojekten wurde auch bereits die Methan-reduzierende Wirkung von Biokohle untersucht. Die Ergebnisse sind jedoch sehr unterschiedlich. Während TEOH et al. (2019), WINDERS et al. (2019) und TAMAYAO et al. (2021) keinen Effekt der Biokohle-Zufütterung auf die Methanproduktion feststellten, ging sie in den Studien von LENG et al. (2012a), LENG et al. (2012b) und SALEEM et al. (2018) deutlich zurück. Die oben genannten Studien wurden alle im Labor oder an wachsenden Rindern durchgeführt, für Milchkühe gibt es bislang jedoch kaum Ergebnisse. Deshalb wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Versuch gestartet, in dem der Einfluss der Biokohlezufütterung auf die Methanproduktion von Milchkühen untersucht wurde.

2 Tiere, Material und Methode

Dieser Versuch war Teil des LIFE-Projekts Farm4More und dauerte von September 2021 bis Jänner 2022. Die im Versuch verwendete Biokohle wurde von der Firma biochar-Nergy GmbH (Gabersdorf, Steiermark) produziert. Als Ausgangsmaterial für die Biokohleproduktion wurde unbehandeltes Eschenholz verwendet. Weiters wurde in diesem Versuch auch Futterharnstoff als Zusatz eingesetzt. Damit sollte untersucht werden, ob mit Futterharnstoff eine ähnliche Methan-reduzierende Wirkung erzielt werden kann wie mit Nitrat.

Für die Untersuchungen wurden 18 Milchkühe (Fleckvieh und Holstein Friesian) verwendet. Die Kühe hatten ad libitum-Zugang zu einer Grundfuttermischung aus 40 % Grassilage, 30 % Maissilage und 30 % Heu (Angaben in % der Trockenmasse). Das Kraftfutter erhielten sie einerseits über den Melkroboter (Fertigmischung, 2 kg/Tag) und andererseits über einen Kraftfutterautomaten (24 % Gerste, 25 % Körnermais, je 8 % Weizen und Trockenschnitzel, 5 % Weizenkleie, je 15 % Raps- und Sojaextraktionsschrot, leistungsangepasst).



Abbildung 1: Für die Fütterung vorbereitetes Versuchsfutter

Weiters erfolgte auch eine bedarfsangepasste Mineralstoffergänzung. Die Milchkühe wurden im Melkroboter gemolken und weiters wurden 3-mal wöchentlich Milchproben gezogen und zur Analyse an das Qualitätslabor St. Michael geschickt.

Für den Versuch wurden 3 Versuchsgruppen mit je 6 Kühen gebildet. Eine Versuchsgruppe erhielt, zusätzlich zu den oben beschriebenen Futtermitteln, 2 kg Energiekraftfutter pro Kuh und Tag (34 % Gerste, 36 % Körnermais, je 11 % Weizen und Trockenschnitzel, 7 % Weizenkleie, 1 % Rapsöl). Bei den beiden weiteren Versuchsgruppen wurde in dieses Energiekraftfutter noch 200 g Biokohle pro Kuh und Tag bzw. 200 g Biokohle und 90 g Futterharnstoff pro Kuh und Tag eingemischt. Die Fütterung des Versuchsfutters erfolgte in zwei Teilgaben pro Tag (zur Morgen- und Abendfütterung).

Jede Versuchsgruppe erhielt eines dieser Versuchsfutter fünf Wochen lang. Nach Ablauf der 5 Wochen wurde die Futterzuteilung gewechselt, so dass am Ende des Versuchs jede Kuh jedes Futter einmal erhielt. In den letzten drei Wochen dieser 5-wöchigen Perioden wurden Futteraufnahme, Milchleistung, Milchzusammensetzung und Methanproduktion der Milchkühe erhoben. Die Messung der Methanproduktion erfolgte in den Respirationskammern der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Jede Kuh wurde einmal während des Versuchs für die Methanmessungen verwendet, wobei eine Messung vier Tage dauerte. Während der Messungen in den Respirationskammern wurde zudem auch die Verdaulichkeit der Rationen untersucht. Für die Auswertung standen somit Methanproduktions- und Verdaulichkeitsdaten von sechs Kühen pro Versuchsfutter zur Verfügung.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Zufütterung von Biokohle hatte in diesem Versuch keinen Einfluss auf die Futter- und Nährstoffaufnahme, die Milchleistung und die Methanproduktion von Milchkühen (Tabelle 2). Die Methanproduktion pro Tag stieg durch die Biokohlezufütterung um 8,1 % an, während die Methanproduktion pro kg Energie-korrigierter Milchleistung um 12,5 % zurückging. Beide Unterschiede zur Kontrollgruppe waren jedoch nicht signifikant. Ebenso wurden auch die Verdaulichkeit der Ration und die Futterverwertung durch die Biokohleeinmischung weder gefördert noch gehemmt. Die zusätzliche Ergänzung von Futterharnstoff führte zu einer höheren Rohproteinaufnahme, während die Aufnahme an nutzbarem Rohprotein konstant blieb. Dies hatte eine deutlich höhere ruminale Stickstoffbilanz (38,7 g/Tag im Vergleich zu 3,9 bzw. 3,2 g /Tag) und einen signifikant höheren Milchlarnstoffgehalt (24,6 mg/100 ml im Vergleich zu 18,9 und 18,2 mg/100 ml) der Versuchsgruppe mit Biokohle- und Harnstoffergänzung zur Folge. Die Methanproduktion, die Verdaulichkeit der Ration und die Futterverwertung wurden durch die Zufütterung von Biokohle und Harnstoff nicht reduziert.

Tabelle 1: Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe und Methanproduktion von Milchkühen bei Verfütterung von Rationen ohne Zusatz, mit Biokohleergänzung oder mit Biokohle- und Futterharnstoffergänzung

	ohne Zusatz	Biokohle	Biokohle + Harnstoff	p-Wert	rSD
Futter- und Nährstoffaufnahme					
Grundfutteraufnahme, kg TM/Tag	14,2	14,2	14,3	0,994	0,6
Kraftfutteraufnahme, kg TM/Tag	4,8	5,1	4,9	0,264	0,5
Gesamtfutteraufnahme, kg TM/Tag	19,0	19,3	19,2	0,909	0,6
NEL-Aufnahme MJ/Tag	117,3	118,6	118,4	0,934	3,9
Rohproteinaufnahme, g/Tag	2661 ^b	2683 ^b	2934 ^a	0,009	152
nXP-Aufnahme, g/Tag	2635	2663	2690	0,819	84
Ruminale Stickstoffbilanz, g/Tag	3,9 ^b	3,2 ^b	38,7 ^a	<0,001	13,7
Milchleistung und Milchinhaltsstoffe					
Energie-korrigierte Milchleistung, kg/Tag	22,0	22,2	22,3	0,966	2,7
Milchfettgehalt, %	4,19	4,25	4,24	0,836	0,20
Milcheiweißgehalt, %	3,58	3,53	3,55	0,626	0,06
Milchharnstoffgehalt, mg/100 ml	18,9 ^b	18,2 ^b	24,6 ^a	<0,001	5,1
Methanproduktion					
Methanproduktion, g/Tag	322	348	371	0,210	5
Methanproduktion, g/kg Futteraufnahme	18,0	19,6	20,8	0,221	0,3
Methanproduktion, g/kg ECM	19,2	16,8	17,2	0,580	0,8
Verdaulichkeit und Futterverwertung					
Verdaulichkeit der Organischen Masse, %	74,6	74,9	76,4	0,305	1,4
Futterverwertung, kg TM/kg ECM	0,868	0,880	0,870	0,907	0,050

TM = Trockenmasse; NEL = Nettoenergie Laktation; nXP = nutzbares Rohprotein; ECM = Energie-korrigierte Milchleistung; rSD = Residualstandardabweichung; Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.

In einer Untersuchung am LAZBW Aulendorf (Baden-Württemberg, GERSTER et al. (2022)) hatte die Zufütterung von Futterkohle ebenfalls keinen Einfluss auf Futteraufnahme, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe und Methanproduktion von Fleckvieh-Milchkühen.

4 Schlussfolgerung

Alles in allem muss also festgehalten werden, dass die in diesem Versuch verwendete Biokohle die Methanreduktion aus der Rinderhaltung nicht reduziert. Allerdings können das Ausgangsmaterial und die Herstellungsweise (v.a. die Temperatur bei der Kohleerzeugung) einen wesentlichen Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften der Biokohle haben (SALEEM et al. 2018). Ein abschließendes Fazit, ob Biokohle ein Potential zur Methanreduktion hat, kann daher anhand der bisherigen Erkenntnisse nicht gezogen werden. Dafür braucht es noch weitere Forschung mit unterschiedlich hergestellten Arten von Biokohle.



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

Literaturverzeichnis

GERSTER, E., S. ENGEL, S. FEY und W. REUTLINGER, 2022: Methanemissionen von Fleckviehmilchkühen beim Einsatz von Futterkohle. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 03.-04.05.2022, Soest, 97-100.

GUGGENBERGER, T., G. TERLER, M. HERNDL, C. FRITZ und F. GRASSAUER, 2022: Langzeitbewertung von Treibhausgasemissionen in Österreich. Forschungsbericht, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 33 S.

LENG, R.A., S. INTHAPANYA und T.R. PRESTON, 2012a: Biochar lowers net methane production from rumen fluid in vitro. *Livestock Research for Rural Development* 24, 103.

LENG, R.A., T.R. PRESTON und S. INTHAPANYA, 2012b: Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local "Yellow" cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livestock Research for Rural Development* 24, 199.

SALEEM, A.M., J.G.O. RIBEIRO, W.Z. YANG, T. RAN, K.A. BEAUCHEMIN, E.J. MCGEOUGH, K.H. OMINSKI, E.K. OKINE und T.A. MCALLISTER, 2018: Effect of engineered biocarbon on rumen fermentation, microbial protein synthesis, and methane production in an artificial rumen (RUSITEC) fed a high forage diet. *J. Anim. Sci.* 96, 3121-3130.

TAMAYAO, P.J., G.O. RIBEIRO, T.A. MCALLISTER, H.E. YANG, A.M. SALEEM, K.H. OMINSKI, E.K. OKINE und E.J. MCGEOUGH, 2021: Effects of post-pyrolysis treated biochars on methane production, ruminal fermentation, and rumen microbiota of a silage-based diet in an artificial rumen system (RUSITEC). *Anim. Feed Sci. Technol.* 273, 114802.

TEOH, R., E. CARO, D.B. HOLMAN, S. JOSEPH, S.J. MEALE und A.V. CHAVES, 2019: Effects of hardwood biochar on methane production, fermentation characteristics, and the rumen microbiota using rumen simulation. *Frontiers in Microbiology* 10, 1534.

UMWELTBUNDESAMT, 2022: Klimaschutzbericht 2022. Umweltbundesamt, 258 S.

WINDERS, T.M., M.L. JOLLY-BREITHAUPT, H.C. WILSON, J.C. MACDONALD, G.E. ERICKSON und A.K. WATSON, 2019: Evaluation of the effects of biochar on diet digestibility and methane production from growing and finishing steers. *Translational Animal Science* 3, 775-783.

Futterkohle in der Hühnermast



Wirkung von Futterkohle (Biochar) auf Leistung und Emissionen in der Hühnermast

Manuel Winter¹, Ernst Holler², Michael Kropsch¹, Andreas Steinwidder^{1*},
Michael Mandl³, Georg Terler¹, Reinhard Resch¹, Joseph B. Sweeney⁴
und Kevin McDonnell⁴

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde der Einsatz von Biokohle in der Hühnermast (Broiler) getestet. Der Versuch wurde in vier Mastdurchgängen durchgeführt, jeweils vom 1. bis zum 35. Lebenstag der Tiere. In jedem Versuchsdurchgang wurden 840 Küken der „Ross-Rasse“ gleichmäßig auf acht Buchten (je 105 mit ca. 7 m²/Bucht) in zwei Ställen (je 420) verteilt. Als Ausgangsmaterial für die Herstellung der Biokohle diente reines Eschenholz. In der Biokohle-Versuchsgruppe (B) wurde die Biokohle ergänzt und der Gehalt pro kg Frischmasse (FM) von 0,5 % in der Mastperiode 2 auf 0,8 % in Periode 3 und 1,0 % in Periode 4 erhöht. Die übrigen Rationskomponenten entsprachen der Kontrollgruppe. Im Vergleich zu den Empfehlungen der GfE (1999) entsprechen sowohl die Rohprotein- als auch die Mineralstoffgehalte aller Mischungen den Empfehlungen. Da die Biokohle dem Futter in der Versuchsgruppe (Mastabschnitt P2, P3 und P4) zugesetzt wurde, kam es dadurch zu leichten Verdünnungseffekten.

Die beiden Fütterungsgruppen unterschieden sich in keinem der Mastparameter signifikant. Die täglichen Zunahmen betragen im Durchschnitt 56 g und die Futtereffizienzparameter (1,40 kg TM Futter/kg LW-Zunahme) weisen auf ein gutes Produktionsniveau hin. Die individuell erfassten Schlachtkörpergewichte aller geschlachteten Tiere waren in der Kontrollgruppe tendenziell höher (P=0,084). Sowohl das Brustgewicht, als auch der Brustanteil des Schlachtkörpers waren in der Biokohle-Gruppe signifikant niedriger. Tendenziell war im Brustmuskel auch der Rohproteingehalt numerisch niedriger und der Fettgehalt numerisch höher. Diese Ergebnisse deuten auf eine geringere Umwandlung von Protein in Muskelmasse hin. Es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede bei den NH₃-Emissionen festgestellt. Zahlenmäßig waren die Emissionen in der Biokohle-Gruppe sogar leicht höher, obwohl der Proteingehalt im Futter leicht geringer war. Auch bei den N₂O- und CH₄-Emissionen wurden keine signifikanten Effekte gemessen. Auch bei den olfaktrometrisch ermittelten Geruchsstoffkonzentrationen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festgestellt werden, jedoch waren die Geruchsemissionen in der Biokohlegruppe tendenziell geringer.

Schlagwörter: Futterzusätze, Kohle, Futterkohle, Methan, Emissionen, Geflügelmast, Effizienz

Summary

In the present study, the use of biochar in broiler fattening was tested. The trial was conducted in four fattening runs, each conducted from day 1 to day 35 of the broilers' lives. In each experimental run, 840 broiler chicks of the „Ross breed“

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

² Biochar-Nergy GmbH, Gabersdorf 11, A-8424 Gabersdorf

³ tbw research GesmbH, Schönbrunner Str. 297, A-1120 Wien

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

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

were evenly distributed among eight pens (105 each with approximately 7 m²/pen) in two barns (420 each). Pure ash wood was used as the starting material for the production of the biochar. In the biochar experimental group (B), the biochar was supplemented and the content per kg fresh matter (FM) was increased from 0.5% in fattening period 2 to 0.8% in period 3 and 1.0% in period 4. The remaining ration components were the same as the control group. Compared to GfE recommendations (1999), both crude protein and mineral contents of all mixtures were in accordance with the recommendations. Since the biochar was added to the feed in the experimental group (fattening section P2, P3 and P4), a slight dilution effect occurred in the experimental group.

The two feeding groups did not differ significantly in any of the fattening parameters. Daily gains averaged 56 g and feed efficiency parameters (1.40 kg DM feed/kg LW gain) indicate a good production level. Individually recorded carcass weights of all slaughtered animals tended to be higher in the control group (P=0.084). Both breast weight and carcass breast percentage were significantly lower in the biochar group. There was also a tendency for the crude protein content to be numerically lower and the fat content to be numerically higher in the breast muscle. These results indicate a lower conversion of protein to muscle mass in the biochar group.

No significant group differences in NH₃ emissions were observed. In fact, numerically, emissions were slightly higher in the biochar group, even though protein content in the diet was lower. No significant effects were also measured for N₂O and CH₄ emissions. No significant differences between the feeding groups were also found for odor units measured by olfactometry, but odor emissions of air volume tended to be lower in the biochar group.

Keywords: feed additives; biochar, methane; emissions, poultry fattening, efficiency

1 Einleitung

Biokohle wird in der Landwirtschaft vor allem als Bodenverbesserungsmittel und Trägermatrix für Düngemittel, als Güllezusatz und auch als Futtermittelzusatz verwendet. Kohle wird als Möglichkeit gesehen, den anthropogenen Klimawandel zu begrenzen und zur Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel beizutragen (Schmidt et al. 2021). Wie Schmidt et al. (2016) berichten, könnte Biokohle aber auch direkt in der Tierernährung positive Effekte haben. Dazu werteten die Autoren in einer Übersichtsarbeit wissenschaftliche Beiträge zu Effekten von unterschiedlichen Biokohleprodukten in der Nutztierhaltung aus. Teilweise wurden hier, bei unterschiedlichen Parametern (Toxin-Adsorption, Verdauung, Blutwerte, Futtereffizienz, Fleischqualität und/oder Emissionen) positive Effekte bzw. Trends beschrieben. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse müssen jedoch die jeweiligen Haltungsbedingungen und das Leistungsniveau berücksichtigt werden. In Kamerun testeten Kana et al. (2010) zwei Arten von Biokohle-Herkünften bei unterschiedlichen Beimischungsraten (0,2 bis 1 %) in Masthühner-Rationen (Broiler). Sie stellten überwiegend signifikant höhere Gewichtszunahmen fest, bei höheren Dosierungen nahmen diese Effekte ab. Signifikant positive Auswirkungen auf Körpergewicht, Futteraufnahme und Futtereffizienz konnten in den ersten drei Wochen in der Arbeit von Bakr (2007) bei einer Einmischrate von 2 % festgestellt werden. Bei höherer Dosierung (4 %, 8 %) wurden keine Abweichungen zur Kontrollgruppe ermittelt. In Polen führten Majewska et al. (2002, 2009 und 2011) mehrere Studien zur Fütterung von Broilern und Puten durch und erzielten durchweg positive Ergebnisse bei Dosierungen von 0,3 % einer Laubholz-Biokohle (Majewska und Pudyszak, 2011; Majewska et al., 2009, 2002).

Sie stellten höhere Gewichtszunahmen und eine bessere Futtermittelverwertung sowie höhere Proteingehalte in den Brustmuskeln und geringere Ausfälle im Vergleich zur Kontrolle fest. Die Autoren erklärten diese Verbesserungen mit möglichen Effekten hinsichtlich Toxin-Adsorption, Verringerung der Oberflächenspannung des Verdauungsbreies und Verbesserung des Fettabbaus in der Leber. In einem Versuch mit Legehennen stellten Kalus et al. (2020) bei den meisten Biokohle-Behandlungen einen leicht positiven Effekt (jedoch statistisch nicht signifikanten) auf die Leistung und die NH₃-Emissionen fest.

2 Tiere, Material und Methode

2.1 Versuchsstall und Tiere

Der Versuch wurde im Jahr 2021 im Geflügelstall der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Für den Fütterungsversuch standen zwei völlig getrennte, aber nebeneinanderliegende und identische Stallabteile (mit ca. 28 m²/Stall) zur Verfügung. Die beiden Stallabteile waren jeweils in vier Stallbuchten unterteilt und mit Holzspänen eingestreut. In vier Mastdurchgängen, jeweils vom 1. bis zum 35. Lebenstag der Broiler, wurden die Tieren je Stall entweder mit dem Futter der Kontrollgruppe oder dem Futter der Versuchsgruppe gefüttert. Nach jedem der vier Versuchsdurchgänge wurden die Futtergruppen zwischen den beiden Ställen gewechselt. Je Durchgang wurden 840 eintägige Broilerküken der „Ross-Rasse“ auf die beiden Ställe (je 420) und acht Buchten (je 105 mit ca. 7 m²/Bucht) aufgeteilt und nach den Vorgaben des österreichischen AMA-Qualitätsprogramms für die konventionelle Geflügelmast gehalten. Die Lufttemperatur betrug am ersten Tag 34 °C und wurde bis zum 28. Tag der Mast täglich um 0,5 °C gesenkt. Ab diesem Zeitpunkt wurde die Temperatur bei 20 °C gehalten.

2.2 Versuchsstall und Tiere

Der Versuch umfasste vier Fütterungsphasen: Aufzuchtphase 1 (=P1 von 1 bis 10 Tagen),

Tabelle 1: Zusammensetzung der Futtermischungen und berechnete Nährstoffgehalte

Fütterungsperiode Versuchstag/Alter (Tag)	Beide Gruppen	Kontroll-Gruppe (K)			Biokohle-Gruppe (B)		
	P1 Starter 1-10	P2 10-21	P3 21-31	P4 31-35	P2 9-20	P3 20-29	P4 29-35
Biokohle % in Futter (%/kg FM)	0	0	0	0	0,6	0,8	1,0
Energie-Komponenten & Fett (%/kg FM)	58,7	66,8	68,5	70,8	66,4	68,0	70,0
Protein-Komponenten (%/kg FM)	37,3	30,4	28,9	26,8	30,3	28,7	26,6
Mineralien & Premix (%/kg FM)	4,1	2,8	2,6	2,4	2,8	2,6	2,4
berechnete Nährstoffgehalte							
Rohprotein (g/kg FM)	215	195	190	180	194	188	178
Metabolisierbare Energie (MJ ME/kg TM)	12,5	12,8	13,0	13,2	12,7	12,9	13,1
Methionin+Cystin (g/kg FM)	10,3	9,5	9,1	8,6	9,5	9,0	8,5
Lysin (g/kg FM)	14,0	12,8	12,3	11,5	12,8	12,2	11,4
Tryptophan (g/kg FM)	2,6	2,4	2,3	2,2	2,4	2,3	2,2
Threonin (g/kg FM)	9,3	8,9	8,6	8,0	8,8	8,5	8,0
Arginin (g/kg FM)	14,4	12,2	12,0	11,3	12,1	11,9	11,2

*Futterzusammensetzung: Mais, Sojaextraktionsschrot mit hohem Proteingehalt, Rapsextraktionsschrot, pflanzliche Mischfette, Weizen, Mineralstoffe und Premix

Phase 2 (=P2 von 10 bis 21 Tagen), Phase 3 (=P3 von 21 bis 31 Tagen) und Phase 4 (=P4 von 31 bis 35 Tagen). Während der Aufzuchtphase erhielten alle Broiler die gleiche Ration. Während der Phase 2 bis 4 wurden zwei Futtermittel, die Kontrollgruppe (K) und die Versuchsgruppe mit Biokohle (B), getestet. In der Kontrollgruppe (K) wurde keine Biokohle in die Futterrationen eingemischt, in der Versuchsgruppe (B) stieg der Biokohlegehalt pro kg Frischmasse (FM) der Ration von 0,5 % in Periode 2 auf 0,8 % in Periode 3 und 1,0 % in Phase 4. Der Aufbau des Versuchs und die Zusammensetzung der Versuchsfuttermittel sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Rationszusammensetzungen entsprachen den derzeit üblichen Broilermastfutmischungen im deutschsprachigen Raum. Die Mengen der Nährstoffe und der erstlimitierenden essentiellen Aminosäuren (g Aminosäuren/MJ ME) stimmten mit den Empfehlungen der Gesellschaft für Nährstoffphysiologie (GfE, 1999) überein. Die Bewertung des Energiegehaltes der Futtermischungen erfolgte nach den Schätzgleichungen der WPSA (1984).

2.3 Biokohle und Biokohle-Qualitätsparameter

Als Ausgangsmaterial für die Herstellung der Biokohle diente reines Eschenholz. Das Ausgangsmaterial wurde zerkleinert und gesiebt (< 1 cm) und auf einen Wassergehalt von ca. 10 Gew.-% getrocknet. Es wurde eine Pyrolysetemperatur von mindestens 10 Minuten bei mindestens 500 °C eingehalten, um einen pyrogenen Abbau der vorhandenen organischen Mikroverunreinigungen zu gewährleisten.

Tabelle 2: Ergebnisse der Qualitätsbewertung von Biokohle (Quelle: Datenblatt „Biochar-Nergy“; BEST, 2021)

Parameter	Einheit	Wert	Schwellenwert
Feuchte-Gehalt	% FM	78,8	
Rohasche	% TM	15,4	
Kohlenstoff-Gehalt	% TM	76,3	
pH-Wert des Eluats	pH	10,1	
Schwermetalle			
Arsen (As)		0,97	< 2
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	0,04	< 1
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	0,02	< 0,1
Blei (Pb)	mg/kg TM	2,9	< 10
Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)			
Summe PAK 16	mg/kg FM	< 3	< 4
Benzo-a-pyren	mg/kg FM	< 0,025	< 0,025
Dioxine			
Upperbound (incl. der Bestimmungsgrenzen der nicht detektierten Kongenere)	ng/ kg I-TEQ (WHO 2005)	0,31	< 0,75
Mediumbound (incl. 1/2 der Bestimmungsgrenzen der nicht detektierten Kongenere)	ng/ kg I-TEQ (WHO 2005)	0,16	
Lowerbound (Kongenere unter der Bestimmungsgrenze nicht berücksichtigt)	ng/ kg I-TEQ (WHO 2005)	0,005	
Spezifische Oberfläche und Porengrößenverteilung			
Spezifische Oberfläche (BET)	m ² /g	295	

Holzkohle ist ein traditioneller Futtermittelzusatzstoff, der häufig zur Behandlung von Verdauungsstörungen bei Nutztieren eingesetzt wurde. Erst in den letzten Jahren wird Biokohle zunehmend im täglichen Mischfutter eingesetzt. Die Verwendung von Pflanzenkohle als Futtermittel ist nach der EU-Futtermittelverordnung (EU-Parlament, 2011) erlaubt. Die Aufnahme als Einzelfuttermittel in die deutsche Positivliste ist noch ausstehend (Normenkommission, 2014). Gemäß der Richtlinie 2002/32/EG vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (EU-Parlament, 2002) und der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 über Pestizidrückstände (EU-Parlament, 2005) gelten für die Verwendung von Biokohle als Futtermittel andere oder zusätzliche Grenzwerte als für die Verwendung als Bodenhilfsstoff. Die in diesem Versuch verwendete Biokohle hielt die Grenzwerte ein.

In der Tabelle 2 sind auch Parameter dargestellt, die zusätzlich zu den EBC-AgroBio-Kriterien geprüft werden müssen, um eine spezifische Zertifizierung von Biokohle nach dem European Biochar Certificate (EBC) als Futtermittel zu erhalten.

Tabelle 3: Roh Nährstoff- und Mineralstoff-Gehalt der Biokohle

Parameter	Gehalt
Trockenmasse (g/kg FM)	892
Organische Substanz (g/kg TM)	819
Rohasche (g/kg DM)	181
Salzsäureunlösliche Asche (g/kg FM)	35,83
Stickstoff (g/kg FM)	1,41
Schwefel (g/kg FM)	<0.01
Kohlenstoff (g/kg FM)	841
Kalzium (g/kg TM)	42
Phosphor (g/kg TM)	1,39
Magnesium (g/kg TM)	3,8
Kalium (g/kg TM)	8,2
Natrium (g/kg TM)	0,57
Mangan (mg/kg TM)	136
Zink (mg/kg TM)	37
Kupfer (mg/kg TM)	27
Chrom (mg/kg TM)	68
Nickel (mg/kg TM)	169

Pore Diameter Range (nm)	Average Diameter (nm)	Incremental Pore Volume (cm ³ /g)	Cumulative Pore Volume (cm ³ /g)	Incremental Pore Area (m ² /g)	Cumulative Pore Area (m ² /g)
172.9 - 78.0	93.5	0.001817	0.001817	0.078	0.078
78.0 - 47.0	55.1	0.001696	0.003513	0.123	0.201
47.0 - 32.7	37.3	0.001289	0.004802	0.138	0.339
32.7 - 27.9	29.9	0.000624	0.005427	0.084	0.423
27.9 - 22.1	24.3	0.000970	0.006397	0.160	0.583
22.1 - 16.8	18.7	0.001071	0.007468	0.229	0.812
16.8 - 13.3	14.6	0.000872	0.008340	0.239	1.050
13.3 - 10.7	11.6	0.000706	0.009046	0.242	1.293
10.7 - 8.2	9.1	0.000783	0.009829	0.344	1.637
8.2 - 6.1	6.8	0.000978	0.010807	0.575	2.212
6.1 - 4.7	5.2	0.001116	0.011923	0.865	3.077
4.7 - 3.7	4.0	0.004668	0.016591	4.622	7.698
3.7 - 3.0	3.3	0.004622	0.021212	5.672	13.370
3.0 - 2.4	2.6	0.003941	0.025154	5.995	19.365

Abbildung 1: Porendurchmesserbereich der Biokohle (Quelle: Datenblatt „Biochar-Nergy“; BEST, 2021)

2.4 Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualitätsparameter

Das Lebendgewicht der 840 Mastbroiler wurde pro Versuchsdurchgang zu Beginn des Versuchs, sowie jeweils bei 10 zufällig ausgewählten Broilern während des Versuchszeitraums (1. bis 35. Tag) alle 7 Tage und am Ende der Mastperiode (7. bis 35. Tag) erfasst. Das Schlachtkörpergewicht (warm) wurde für jedes Tier erfasst und pro Gruppe (Stall) und pro Bucht dokumentiert. Am Ende der Mastperiode in den Versuchen 1, 2 und 4 wurden aus jeder der Versuchsbuchten drei zufällige Hühner entnommen, in Gumpenstein geschlachtet und auf wichtige Fleischqualitätsparameter untersucht.

2.5 Emissionen und Olfaktometrie

Die Emissionen (NH₃ usw.) wurden für jeden Stall (Fütterungsgruppe) während des gesamten Versuchszeitraums aufgezeichnet, und die Geruchsemissionen wurden viermal (Woche 2, 3, 4 und 5) für jeden Stall während der Mastperiode erhoben. Während der Versuchsdurchgänge wurden in beiden Ställen kontinuierlich (alle 20 Minuten) die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentration sowie die Luftwechselrate (m³ Luftaustausch pro Minute) aufgezeichnet. In den Versuchsläufen 3 und 4 wurden auch die Methan- und Lachgaskonzentrationen gemessen. An jedem Versuchstag wurden zur Durchführung der Olfaktometrie zwei Luftproben aus dem Kontroll- und dem Versuchsstall (aus dem Abluftkamin) genommen. Die Olfaktometrie ist eine wirkungsbezogene Messmethode, bei der die (Reiz-) Wirkung eines dargebotenen Geruchs auf ein normativ zusammengestelltes Probandenkollektiv ermittelt wird. Die Ergebnisse werden in Geruchseinheiten pro Kubikmeter Luft (GE/m³) ausgedrückt.

2.6 Statistik

Die Datenverarbeitung erfolgte mit den Versionen 2016 von MS Excel und Access. Die statistische Analyse wurde mit einem glm- oder gemischten Modell in SAS 9.4 (SAS Institute, 2012; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) durchgeführt. Das glm-Modell für die statistische Auswertung der Futterqualitätsparameter enthielt die fixen Effekte der Gruppe (K und B) und des Durchgangs (D), der Futtermischung (G). Das gemischte Modell für die Mast-, Schlacht- und Fleischqualitätsdaten enthielt die fixen Effekte der Gruppe (K und B), der Mast-Durchgänge des Versuchs (D: 1 bis 4) und die Interaktion von G x D. Die Bucht (1 bis 8) wurde als Zufallseffekt einbezogen. Das gemischte Modell für die statistische Auswertung der Emissions- und Olfaktometriedaten enthielt die fixen Effekte der Gruppe, der Mast-Durchgänge des Versuchs, der Probenahmewoche (W: 1 bis 5), die Interaktion von G x D, G x W und D x W. Der Stall wurde als Zufallseffekt einbezogen. Das glm-Modell für die Emissionsdaten für den gesamten Versuchszeitraum (Gesamt-NH₃-Emissionen pro kg Schlachtkörpergewicht usw.) enthielt die fixen Effekte der Gruppe und der Durchgänge des Versuchs. In den Ergebnistabellen sind die LS-Mittelwerte, Reststandardabweichung (s_e) und P-Werte für ausgewählte Effekte (G, D, G x D usw.) dargestellt. Von signifikanten Effekten wurde bei einem P-Wert von ≤ 0,05 ausgegangen und P-Werte zwischen 0,05 < P ≤ 0,10 wurden als „tendenzielle Unterschiede“ definiert.

3 Ergebnisse

3.1 Mastleistung, Tierverluste, Schlachtkörpergewicht und Futtermittelnutzung

Im Versuch unterschieden sich die beiden Fütterungsgruppen in keinem der angeführten Mastparameter signifikant (Tabelle 4). Die Futtermittelnutzung lag in beiden Gruppen auf dem gleichen Niveau (2,76 kg TM/Tier). Bei einem durchschnittlichen Biokohleanteil von 0,72 % nahm ein Tier etwa 20 g Biokohle bzw. 16 g C aus Biokohle auf. Die täg-

Tabelle 4: Parameter der Mastleistung, des Schlachtkörpergewichts und der Futtermittelverwertung

Leistungsparameter	Gruppe (G)		s _e	P-Werte		
	Kontrolle	Biokohle		G	D	G x D
Mastendgewicht (g)	2013	1988	107,3	0,527	<0,001	0,178
Tageszunahmen (g)	56,4	55,7	3,07	0,486	0,005	0,184
Ausfälle (%)	4,9	5,1	2,85	0,864	0,036	0,450
Schlachtkörpergewicht (g)	1425	1373	81,0	0,084	<0,001	0,052
Futtermittel-Effizienz (kg TM/kg LG-Zunahme)	1,40	1,41	0,079	0,788	0,001	0,767
Energie-Effizienz (MJ ME/kg LG-Zunahme)	20,0	20,3	1,14	0,471	<0,001	0,792
Rohproteineffizienz (kg XP/kg LG-Zunahme)	0,31	0,30	0,017	0,574	0,008	0,091

lichen Zunahmen betragen im Durchschnitt 56 g und die Futtermittel-Effizienzparameter (1,40 kg TM Futter/kg Lebendmassezunahme) weisen auf ein gutes Produktionsniveau hin. Numerisch waren die Leistungsdaten der Kontrollgruppe etwas besser. Die einzeln erfassten Schlachtkörpergewichte aller geschlachteten Tiere waren in der Kontrollgruppe tendenziell höher (P=0,084).

3.2 Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität

Wie die Ergebnisse der Schlachtkörperzusammensetzung in Tabelle 5 zeigen, unterschieden sich die Futtergruppen in der Ausschlagungsrate nicht signifikant. Das Brustgewicht sowie der Brustanteil am Schlachtkörper waren in der Biokohlegruppe signifikant niedriger. In dieser Gruppe wurde auch tendenziell (P-Werte zwischen 0,05 und 0,1) ein höheres Gewicht und ein größerer Anteil an Abdominalfett festgestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse der Schlachtkörperzusammensetzung, Abdominalfett, Leber und Niere (Schlachtung in Gumpenstein, N=36 pro Gruppe)

	Gruppe (G)		s _e	P-Werte		
	Kontrolle	Biokohle		G	D	G x D
Mastendgewicht (g)	2104	2090	59,2	0,384	<0,001	0,461
Schlachtkörpergewicht (g)	1518	1494	60,6	0,120	<0,001	0,155
Ausschlagungsrate (%)	72,1	71,4	2,14	0,192	<0,001	0,216
Brust (% SK)	32,0	30,8	1,77	0,007	0,099	0,031
Schenkel mit Haut (% SK)	29,1	29,6	1,63	0,219	0,001	0,007
Abdominalfett (% SK)	1,56	1,79	0,491	0,060	0,166	0,394

SK=Schlachtkörper

Die Fleischqualität des Brustmuskels war in beiden Gruppen auf gutem Niveau. Numerisch waren in der Biokohle-Gruppe der Fettgehalt (Ether-Extrakt) etwas höher und der Rohproteingehalt niedriger.

Bei der Scherkraftmessung, die Rückschlüsse auf die Zartheit des Fleisches zulässt, schnitt die Kontrollgruppe besser als die Versuchsgruppe ab. Dennoch lagen die Werte in der Biokohle-Gruppe ebenfalls auf einem guten Niveau. Bei den Grillverlusten wurden keine Unterschiede gemessen. Gruppenunterschiede zeigten sich bei der Färbung des Fleisches. Die Biokohle-Gruppe wies einen signifikant geringeren Gelbton und eine geringere Farbvariation auf.

3.4 Emissionen und Ergebnisse der Olfaktometrie

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse zu den Emissionen während der Mastperioden für die

Kontroll- und die Biokohlegruppe dargestellt. Die NH₃-Emissionsdaten zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Biokohlegruppe. Numerisch waren die Emissionen in der Biokohle-Gruppe bei allen Parametern etwas höher.

Tabelle 6: Ergebnisse der Emissionsdaten für die Kontroll- und Biokohlegruppe¹⁾

Emissionen	Gruppe (G)		s _e	P-Werte	
	Kontrolle	Biokohle		G	D
∑ NH ₃ -Emissionen (g/DG und Stall)	858	1467	552,9	0,217	0,088
NH ₃ - Emissionen (mg/m ³)	1,1	1,5	0,60	0,396	0,508
NH ₃ - Emissionen (ppm)	1,6	2,2	0,84	0,396	0,508
NH ₃ - Emissionen (g/kg SK-Gewicht)	1,4	2,6	1,02	0,212	0,122
∑ N ₂ O- Emissionen (g/DG und Stall)	333	408	128,5	0,666	0,238
N ₂ O- Emissionen (mg/m ³)	0,55	0,58	0,182	0,894	0,940
N ₂ O- Emissionen (ppm)	0,30	0,32	0,100	0,894	0,940
N ₂ O - Emissionen (g/kg SK-Gewicht)	0,57	0,70	0,225	0,666	0,285
∑ CH ₄ - Emissionen (g/DG und Stall)	837	790	195,1	0,852	0,216
CH ₄ - Emissionen (mg/m ³)	1,5	1,2	0,42	0,645	0,648
CH ₄ - Emissionen (ppm)	2,2	1,8	0,62	0,645	0,648
CH ₄ - Emissionen (g/kg SK-Gewicht)	1,5	1,4	0,37	0,871	0,298

¹⁾ Nettoemissionsmengen (Bruttoemissionen abzüglich des Eintrags der Hintergrundkonzentration)

²⁾ DG=Durchgang; SK=Schlachtkörper

In den Durchgängen 3 und 4 wurden auch die N₂O- und CH₄-Emissionen für die Kontroll- und Biokohlegruppen analysiert. Zahlenmäßig waren die N₂O-Emissionen (Kontrolle 333 g/Durchgang und Stall; Biokohle 408 g/Durchgang und Stall) und N₂O-Konzentrationen sowie die N₂O-Emissionen pro kg Schlachtkörpergewicht in der Biokohlegruppe höher. Die CH₄-Emissionen (Kontrolle 837 g/Durchgang und Stall; Biokohle 790 g/Durchgang und Stall), die CH₄-Konzentrationen sowie die CH₄-Emissionen pro kg Schlachtkörpergewicht waren in der Biokohlegruppe numerisch niedriger.

Tabelle 7: Ergebnisse der Geruchsstoffkonzentrationsbestimmungen mittels Olfaktometrie¹⁾

	Gruppe (G)		S _e	P-Wert			
	Kontrolle	Biokohle		G	D	W x G	
Geruchseinheiten (GE/Sek. und GVE) ¹⁾	56	44	23,0	0,183	0,482	<0,001	0,914
Geruchseinheiten (GE/m ³ Luftmenge) ²⁾	306	229	108,5	0,077	0,002	0,018	0,795
Geruchseinheiten (GE/Sek.) ³⁾	34	27	13,7	0,165	0,391	<0,001	0,907
Luftmenge (m ₃ /Stunde)	721	683	332,4	0,750	<0,001	<0,001	0,958

¹⁾ Geruchseinheiten pro Sekunde und Großvieheinheit im Stall (1 Großvieheinheit entspricht 500 kg Lebendgewicht)

²⁾ Geruchseinheiten pro m³ Luftmenge (emittiert vom Stall)

³⁾ Pro Sekunde emittierte Geruchseinheiten

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Studie wurde der Einsatz von Biokohle in der Broilermast getestet. Als Ausgangsmaterial für die Herstellung der Biokohle diente reines Eschenholz. In der Biokohle-Versuchsgruppe (B) wurde die Biokohle ergänzt und der Gehalt pro kg Frischmasse (FM) von 0,5 % in der Mastperiode 2 auf 0,8 % in Periode 3 und 1,0 % in Periode 4 erhöht. Die übrigen Rationskomponenten entsprachen der Kontrollgruppe. Der Versuch wurde in vier Mastdurchgängen, jeweils vom 1. bis zum 35. Lebenstag der Broiler,

durchgeführt. In jedem Versuchsdurchgang wurden 840 Broilerküken der „Ross-Rasse“ gleichmäßig auf acht Buchten (je 105 mit ca. 7 m²/Bucht) in zwei Ställen (je 420) verteilt. Im Vergleich zu den Empfehlungen der GfE (1999) entsprechen sowohl die Rohprotein- als auch die Mineralstoffgehalte aller Mischungen den Empfehlungen. Bei einigen Aminosäuren lagen die Konzentrationen in den Rationen leicht unter den Empfehlungen. Da die Biokohle dem Futter P2, P3 und P4 zugesetzt wurde (Verdünnungseffekt), war dies in den Biokohlegruppen etwas stärker ausgeprägt.

Die beiden Fütterungsgruppen unterschieden sich in keinem der Mastparameter signifikant. Die täglichen Zunahmen betragen im Durchschnitt 56 g und die Futtereffizienzparameter (1,40 kg TM Futter/kg LW-Zunahme) weisen auf ein gutes Produktionsniveau hin. Die individuell erfassten Schlachtkörpergewichte aller geschlachteten Tiere waren in der Kontrollgruppe tendenziell höher (P=0,084). Sowohl das Brustgewicht als auch der Brustanteil des Schlachtkörpers waren in der Biokohle-Gruppe signifikant niedriger. Tendenzuell war auch der Rohproteingehalt numerisch niedriger und der Fettgehalt im Brustmuskel numerisch höher. Diese Ergebnisse deuten auf eine geringere Umwandlung von Eiweiß in Muskelmasse hin. In der Biokohle-Versuchsgruppe wurde die Biokohle der Ration der Kontrollgruppe zugesetzt. Dies führte zu einer leichten Verdünnung der Aminosäurekonzentrationen, was möglicherweise die Proteinumwandlung einschränkte. Es ist auch möglich, dass die Zugabe von Biokohle die Aminosäurenverwertung im Verdauungstrakt reduziert hat. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass bei Zugabe von Biokohle auch die Rationszusammensetzung angepasst werden müsste (mehr hochwertige Eiweißkomponenten), da die Broiler nicht mehr Futter aus der etwas „verdünnten Biokohle-Ration“ aufnahmen. Wie von Schmidt et al. (2016) berichtet, könnte Biokohle direkt in der Tierernährung positive Effekte haben (Verdauungsprozess, Effizienzsteigerung etc.). Die vorliegende Studie wurde unter optimierten konventionellen Fütterungsbedingungen durchgeführt und bestätigt diese Erkenntnisse nicht.

Ein Hauptziel der Studie war es, das Potenzial des Einsatzes von Biokohle zur Verringerung von Emissionen und zur Senkung des Kohlenstoff-Fußabdrucks zu untersuchen. Es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede bei den NH₃-Emissionen festgestellt. Zahlenmäßig waren die Emissionen in der Biokohle-Gruppe sogar leicht höher, obwohl der Proteingehalt im Futter geringer war. Auch bei den N₂O- und CH₄-Emissionen wurden keine signifikanten Effekte gemessen. Auch bei der Ermittlung der Geruchsstoffkonzentrationen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festgestellt werden, jedoch waren die Geruchsemissionen pro m³ Luftmenge in der Biokohlegruppe tendenziell geringer. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Zugabe von Biokohle die Geruchsemissionen bis zu einem gewissen Grad leicht reduzieren könnte. Weiterführende Untersuchungen dazu wären jedoch nötig.



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

Acker L., Bergner K.G., Diemair W., Heimann W., Kiermeier F., Schormüller J., Sourci S.W. (eds), 1968: Handbuch der Lebensmittelchemie: Tierische Lebensmittel Eier, Fleisch, Fisch, Buttermilch. Band III, 2. Teil. 1st Ed. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Apple T., L. Wald, 2019: N₂O-Emission und N-Dynamik im Boden nach der Düngung von Schweinekot aus einem Fütterungsversuch mit und ohne Pflanzenkohle als Futteradditiv. Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission IV Titel der Tagung: „Erd-Reich und Boden-Landschaften“ Veranstalter: DBG & BGS vom 24. bis 29.08.2019, Bern, Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) 1-8.

Bakr B.E.A., 2007: The effect of using citrus wood charcoal in broiler rations on the performance of broilers. *An-Najah Univ. J. Res.* 22, 17–24.

Besnier, P., 2014: Composition à base de Nekka-Rich pour la prévention de pathologies intestinales. (cited from Schmidt et al. 2016).

Cai, K.Z., S.T. Jiang, Y.J. He, 2011: Effects of bamboo charcoal including vinegar liquid on growth performance and meat quality in Chinese indigenous breed during fattening. *J. Anim. Vet. Adv.* 10, 2470–2473.

DLG, 2021: Haltung von Masthühnern. Haltungsansprüche, Fütterung, Tiergesundheit. DLG-Merkblatt 406. 3. Auflage/2021. Herausgeber DLG Verlag, Frankfurt am Main, 25 p.

EBC, 2012: ‚European Biochar Certificate – Richtlinien für die Zertifizierung von Pflanzenkohle‘, Ithaka Institute, Arbaz, Switzerland. <http://www.european-biochar.org> Version 9.5G vom 1. August 2021, DOI: 10.13140/RG.2.1.4658.7043

EBC, 2017: ‚European Biochar Certificate – Richtlinien für die Herstellung von Pflanzenkohle als Futtermittelzusatz‘, Ithaka Institute, Arbaz, Switzerland. <http://www.european-biochar.org> Version 9.3G vom 11. April 2021, DOI: 10.13140/RG.2.1.4658.7043

EU-Parliament, 2011: Commission regulation (EU) No 575/2011 of 16 June 2011. Brussels. EU-Parliament, 2005. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin.

EU-Parliament, 2002: Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed - Council statement.

Evans, A.M., S.A. Loop, J.S. Moritz, 2015: Effect of poultry litter biochar diet inclusion on feed manufacture and 4-to 21-d broiler performance. *J. Appl. Poult. Res.* 24, 380–386.

Evans, A.M., J.W.Boney, J.S. Moritz, 2017: The effect of poultry litter biochar on pellet quality, one to 21 d broiler performance, digesta viscosity, bone mineralization, and apparent ileal amino acid digestibility. *J. Appl. Poult. Res.* 26, 89–98.

GfE, 1999: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 1999.DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.

Islam M.M., S.T. Ahmed, Y.J. Kim, H.S. Mun, C.J. Yang, 2014: Effect of sea tangle (*laminaria japonica*) and charcoal supplementation as alternatives to antibiotics on growth performance and meat quality of ducks. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 27, 217–24.

Kalus K., D. Konkol, M. Korczynski, J.A. Koziel, S. Opalinski, 2020: Effect of biochar diet supplementation on chicken broilers performance, NH₃ and odor emissions and meat consumer acceptance. *Animals* 2020, 10, 1539; doi:10.3390/ani10091539.

Kalus, K., D. Konkol, M. Korczynski, J.A. Koziel, S. Opalinski, 2020: Laying hens bio-char diet supplementation—Effect on performance, excreta N content, NH₃ and VOCs emissions, egg traits and egg consumers acceptance. *Agriculture* 2020, 10, 237.

Kana J.R., A. Tegua, B.M. Mungfu, J. Tchoumboue, 2010: Growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed diets supplemented with graded levels of charcoal from maize cob or seed of *Canarium schweinfurthii* Engl. *Trop. Anim. Health Prod.* 43, 51–56.

Kim, S.-H., I.-C. Lee, S.-S. Kang, C.-J. Moon, S.-H. Kim, D.-H. Shin, H.-C. Kim, J.-C. Yoo, J.-C. Kim, 2011: Effects of bamboo charcoal and bamboo leaf supplementation on performance and meat quality in chickens. *J. Life Sci.* 21, 805–810.

Kutlu H.R., I. Ünsal, M. Görgülü, 2001: Effects of providing dietary wood (oak) charcoal to broiler chicks and laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90, 213–226.

Majewska T., D. Mikulski, T. Siwik, 2009: Silica grit, charcoal and hardwood ash. *Turkey Nutrition* 14, 489–500.

Majewska T., K. Pudyszak, 2011: The effect of charcoal additions to diets for broilers on performance and carcass parameters. *Produktyvumui ir skerdenos rodikliams* 55, 10–12.

Majewska, T., D. Pyrek, A. Faruga, 2002: A note on the effect of charcoal supplementation on the performance of Big 6 heavy tom turkeys. *J. Anim. Feed Sci.* 11, 135–141.

Normenkommission, 2014: Positivliste für Einzelfuttermittel. Normenkommission für Einzelfuttermittel im Zentrallausschuss der Deutschen Landwirtschaft, Berlin.

Prasai, T.P., K.B. Walsh, D. Midmore, B.E. Jones, S.P. Bhattarai, 2018: Manure from biochar, bentonite and zeolite feed supplemented poultry: Moisture retention and granulation properties. *J. Environ. Manag.* 216, 82–88.

Rattanawut J., 2014: Effects of dietary bamboo charcoal powder including bamboo vinegar liquid supplementation on growth performance, fecal microflora population and intestinal morphology. *Betong Chickens.* 60.

Ruttanavut J., K. Yamauchi, H. Goto, T. Erikawa, 2009: Effects of dietary bamboo charcoal powder including vinegar liquid on growth performance and histological intestinal change in Aigamo ducks. *Int. J. Poult. Sci.* 8, 229–236.

Samanya M., K. Yamauchi, 2001: Morphological changes of the intestinal villi in chickens fed the dietary charcoal powder including wood vinegar compounds. *J. Poult. Sci.* 38, 289–301.

Schmidt, H.P., C. Kammann, A. Gerlach, H. Gerlach, 2016: Der Einsatz von Pflanzenkohle in der Tierfütterung. *Ithaka-Journal, Arbaz, Switzerland*, 364- 394. www.ithaka-journal.net/95

Schmidt H.P., N. Hagemann, F. Abächerli, J. Leifeld, T. Bucheli, 2021: Pflanzenkohle in der Landwirtschaft. Hintergründe zur Düngertilassung und Potentialabklärung für die Schaffung von Kohlenstoff-Senken. Herausgeber Agroscope, Zürich, www.agroscope.ch. DOI: <https://doi.org/10.34776/as112g>; Agroscope Science, 112, 2021, 1-71.

Schmidt, H.P., N. Hagemann, K. Draper, C. Kammann, 2019: The use of biochar in animal feeding. PeerJ 7, e7373. <https://doi.org/10.7717/peerj.7373>

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Watarai, S.T., 2005: Eliminating the carriage of salmonella enterica serovar enteritidis in domestic fowls by feeding activated charcoal from bark containing wood vinegar liquid (Nekka-Rich). Poultr. Sci. 4, 515–521.

WPSA, 1984: The prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feeds. Worlds Poultr. Sci. J.4, 181–182.

Yamauchi, K., N. Manabe, Y. Matsumoto, S. Takenoyama, K.-E. Yamauchi, 2014: Increased collagen III in culled chicken meat after feeding dietary wood charcoal and vinegar contributes to palatability and tenderness. (Anim. Sci. J.) Nihon chikusan Gakkaihō 85, 468–80.

Yamauchi, K., N. Manabe, Y. Matsumoto, K.-E. Yamauchi, 2013: Increased collagen accumulation in eggshell membrane after feeding with dietary wood charcoal powder and vinegar. Connect. Tissue Res. 54, 416–25.

