

Auswirkungen einer Rohproteinabsenkung sowie der Substitution von Sojaextraktionsschrot durch heimische Eiweißfuttermittel auf Leistungsmerkmale, die Eiqualität sowie die N- und P-Ausscheidungen von Legehennen in der späteren Legephase

Christin Klara Heidemann¹, Linda Fitz², Saskia Kehraus¹, Reinhard Puntigam³, Philipp Hofmann²
¹Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften Endenicher Allee 15, 53115 Bonn

²Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierhaltung, Tierernährung und Futterwirtschaft, Mainbernheimer Straße 101, 97318 Kitzingen

³Fachhochschule Südwestfalen, Ernährung/Qualität tierischer Produkte, Lübecker Ring 2, 59494 Soest



Versuchsbericht

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Fütterungsstudie wurde der Effekt einer Rohprotein-(XP)-Absenkung sowie die Substitution von Sojaextraktionsschrot (SES) durch heimische Eiweißfuttermittel unter Supplementierung freier Aminosäuren (AS) im Alleinfutter von Legehennen im Alter von 49 bis 66 Lebenswochen untersucht. Die Untersuchung wurde mit 1.302 Legehennen der Genetik Hendrix-Bovans-Brown am Versuchs- und Bildungszentrum Geflügel der Bayerischen Staatsgüter (Kitzingen, Deutschland) durchgeführt. Es wurden drei Rationen mit je vier Wiederholungen untersucht. Die Kontrollgruppe (17XP) erhielt ein Standardfutter gemäß den Hendrix-Genetics Nährstoffempfehlungen für den 2. Legeabschnitt mit einem XP-Gehalt von 170 g/kg Futter und SES als alleinigem Eiweißfuttermittel. Dagegen erhielten die zwei Versuchsgruppen (16XP und 16XPalternative) Alleinfuttermittel gemäß den Hendrix-Genetics Nährstoffempfehlungen (2020), die jedoch nach DLG-Merkblatt 457 (DLG, 2023a) mit einem reduzierten XP-Gehalt in Höhe von 160 g XP/kg Futter unter Supplementierung freier Aminosäuren ausgestattet wurden.

Während in 16XP der Anteil an SES in der Ration reduziert wurde, wurde in 16XPalternative auf den Einsatz von SES verzichtet und stattdessen heimische Eiweißfuttermittel (vollfette Sojabohne, Rapskuchen, Sonnenblumenextraktionsschrot, Maistrockenschlempe) eingesetzt. In den Rationen 17XP und 16XP wurden DL-Methionin und L-Threonin supplementiert. In 16XPalternative wurden darüber hinaus L-Lysin HCl, L-Isoleucin, L-Tryptophan und L-Valin supplementiert.

Während der Versuchsperiode wurden die täglich gelegten Eier erfasst. Außerdem wurde wöchentlich eine Sortierung eines Tagesgeleges nach Eigewichtsklassen sowie die Ermittlung des mittleren Eigewichts durchgeführt. Im Rhythmus von 14 Tagen wurde das Futter zurückgewogen, um den Futterverbrauch zu ermitteln. Mit den erhobenen Daten wurde die Legeleistung (LL) sowie der Futteraufwand errechnet. Zu vier Zeitpunkten wurde die Eikualität (Eiklarhöhe, Bruchfestigkeit sowie Dotterfarbe) erfasst. Außerdem wurden die N- und P-Ausscheidungen kalkuliert. Anschließend wurden die Daten mittels einfaktorieller ANOVA ausgewertet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Reduktion des XP-Gehalts im Legehennenalleinfutter von 170 g/kg auf 160 g/kg bei adäquater Ergänzung freier AS nahezu keinen Effekt auf die erhobenen Merkmale hatte. Futterverbrauch und Futteraufwand blieben von der Fütterung unbeeinflusst. Über den gesamten Versuchszeitraum wurden für die LL und Eizahl je Durchschnittshenne (DH) keine Unterschiede zwischen 17XP und 16XP festgestellt. Das mittlere Eigewicht war mit Einsatz der heimischen Eiweißfuttermittel in 16XPalternative niedriger (65,4 g) als in 17XP (66,5 g) und 16XP (66,5 g). Daraus resultierten für 16XPalternative eine geringere Eimasse pro DH (7.706 g) gegenüber 16XP (7.919 g) sowie geringere Anteile an XL-Eiern (6,05 %) gegenüber 16XP (10,4 %) und 17XP (10,1 %). Die Eikualität blieb von der XP-Absenkung weitestgehend unbeeinflusst, jedoch führte der Einsatz von heimischen Eiweißfuttermitteln in 16XPalternative gegen Ende der Versuchsphase zu signifikant höheren Roche-Werten (12,0) im Vergleich zu 17XP (10,9) und 16XP (10,8). 16XP und 16XPalternative führten über den gesamten Versuchszeitraum zu geringeren N-Ausscheidungen pro Tier (261 bzw. 257 g N) im Vergleich zu 17XP (306 g N). Bei 16XP war die P-Ausscheidung pro Tier mit 51,2 g geringer als bei den anderen beiden Varianten (17XP: 56,6 g; 16XPalternative: 61,3 g).

1. Hintergrund und Zielstellung

Die Reduktion von Rohprotein (XP) im Futter von Nutztieren trägt dazu bei, den Anteil an umweltwirksamen Stickstoff-(N)-Ausscheidungen zu senken und dessen Belastung für Mensch, Tier und Umwelt zu mindern (Latshaw und Zhao, 2011). In Deutschland wurden hierzu rechtliche Grenzwerte in Bezug auf N-Ausscheidungen aus der Tierhaltung definiert, welche in der TA Luft verankert wurden. Während es bei Schweinen eine stark-N-reduzierte Fütterung nachzuweisen gilt, müssen die Rationen von Masthühnern und Legehennen den Vorgaben der N-reduzierten Fütterung entsprechen (DLG, 2023a). Auch in Österreich gilt es im Zuge der NEC-Richtlinie ((National Emission Ceilings Directive, Richtlinie (EU) 2016/2284) bestimmte Luftschadstoffe, wie z.B. Ammoniak nachweislich zu mindern. Die Reduktionsvorgaben beziehen sich auf das Jahr 2005 als Basis und sind für die Jahre 2020 und 2030 festgelegt. Für Ammoniak beispielsweise muss Österreich die Emissionen bis 2030 um 12 % gegenüber 2005 senken. Deutschland hat sich zu einer Reduktion der Ammoniakemissionen von 29 % in diesem Zeitraum verpflichtet. Die Landwirtschaft ist dabei besonders relevant, da sie rund 94,5 % der Ammoniakemissionen verursacht (Pöllinger, 2018). Durch die Fütterung, d.h. Reduktion an XP, kann hier neben technischen Maßnahmen ein wertvoller Beitrag zur Ammoniakminderung geleistet werden.

Darüber hinaus kann der verstärkte Einsatz heimischer Eiweißfuttermittel dazu beitragen, die Importabhängigkeit von SES zu verringern, dadurch den CO₂-Fußabdruck in der Tierhaltung zu senken (reduzierte Landnutzungsänderung) und die Verbraucherakzeptanz tierischer Produkte zu stärken (FAO, 2010; FiBL, 2019). Zahlreiche Studien im Bereich der Masthühner wurden durchgeführt und es konnte veranschaulicht werden, dass eine XP-Reduktion im Futter ohne Verringerung der Leistung unter Minderung der N-Ausscheidung möglich ist. Demgegenüber wurden im Bereich der Legehennenfütterung im deutschsprachigen Raum bis dato nur wenige Studien durchgeführt. Mit der N-Reduktion im Zuge der Rationsgestaltung wird das Ziel verfolgt, den optimalen Kompromiss zwischen dem Leistungspotenzial der Tiere und dem Ressourceneinsatz unter Minimierung der Umweltwirkung zu ermitteln (Krieg et al. 2021).

Es liegen Versorgungsempfehlungen für die Legeabschnitte von Legehennen vor, welche die Gehalte an XP im Alleinfutter festlegen. Die aktuellen DLG-Empfehlungen zu XP-Gehalten in Alleinfuttermitteln für Legehennen sind in Tab. 1 dargestellt. Bei der Standardfütterung wird im 2. (Lebenstag 316-413) und 3. (Lebenstag 414-553) Legeabschnitt ein XP-Gehalt von 170 bzw. 165 g pro kg Futter (bezogen auf 88 % Trockenmasse (TM)) definiert.

Tabelle 1: Unterstellte Nährstoffgehalte der in den Verfahren für die Legehennenhaltung verwendeten Alleinfuttermittel (88 % TM) (eigene Darstellung modifiziert nach DLG (2023a), Merkblatt 457)

Verfahren	Phase	Rohprotein (g/kg)	Phosphor (g/kg)	Kalium (g/kg)	Energie (MJ ME/kg)
Standard	Vorlegefutter 120.-133. LT*	175	5,5	7,5	11,0-11,4
	Phase 1 134. – 315. LT	175	5,0	7,5	11,2-11,6
	Phase 2 316. – 413. LT	170	5,0	7,0	11,0-11,4
	Phase 3 414. – 553 LT	165	5,0	7,0	11,0-11,4
	Vorlegefutter 120.-133. LT	170	5,0	7,0	11,0-11,4
N-/P-reduziert	Phase 1 134. – 315. LT	170	4,5	7,0	11,2-11,6
	Phase 2 316.– 413. LT	165	4,5	7,0	11,0-11,4
	Phase 3 414. – 553 LT	160	4,5	6,5	11,0-11,4
	Vorlegefutter 120.-133. LT	170	5,0	7,0	11,0-11,4

*LT = Lebenstag

In Alleinfuttermitteln für Legehennen wird die Versorgung mit XP bzw. Aminosäuren (AS) vor allem durch den Einsatz von SES in der Ration gedeckt (FiBL, 2019). Sojaextraktionsschrot zählt mit einem XP-Gehalt von etwa 44–48 % und einem günstigen AS-Muster – insbesondere im Hinblick auf essenzielle und limitierende Aminosäuren wie Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan, Valin und Isoleucin – zu den bedeutendsten Eiweißfuttermitteln in der Schweine- und Geflügelfütterung. Die praecaecale Verdaulichkeit der erstlimitierenden AS Methionin und Lysin ist bei Legehennen mit etwa 90 % als sehr hoch einzustufen und wird auf diesem Niveau vergleichsweise nur von tierischen Proteinträgern erreicht (Durst, Freitag & Bellof, 2021). Allerdings steht der Einsatz von SES in Rationen landwirtschaftlicher Nutztiere aufgrund der Importabhängigkeit zunehmend in der Kritik. Bedenken gegenüber Anbaubedingungen (z.B. Landnutzungsänderung durch Entwaldung) sowie die Kritik gegenüber gentechnisch veränderten Sojapflanzen (FiBL, 2019) sind dabei vordergründige Argumente.

Aufgrund der sinkenden Verbraucherakzeptanz sowie dem Willen nach Importunabhängigkeit gewinnt die Suche nach alternativen Eiweißfuttermitteln deutlich an Bedeutung. Aus diesem Grund werden vermehrt heimische Eiweißfuttermittel wie Sonnenblumenextraktionsschrot, Rapskuchen sowie Maistrockenschlempen (DDGS) als Alternative zu SES in der Rationsgestaltung von Legehennen eingesetzt. Jedoch weisen diese nährstoffverdaulichkeitsmindernde, sogenannte antinutritive Eigenschaften, und demzufolge einen geringeren Gehalt an verdaulichen AS im Vergleich zu SES auf (LfL, 2018). Gegenüber SES sind sowohl der XP- und Lysingehalt sowie die Proteinqualität, d.h. die Verdaulichkeit und Relation der AS im Protein zueinander, in heimischen Eiweißfuttermitteln geringer (Tab. 2).

Tabelle 2: Inhaltsstoffe ausgewählter Eiweißfuttermittel (g/kg bei 88 % TM) (eigene Darstellung nach Durst, Freitag & Bellof (2021))

Futtermittel	Gehalt (g/kg)	
	Rohprotein (XP) min-max	Lysin min-max
Trockenmasse	880	880
Sojabohne, vollfett	287-417	16,0-22,5
Sojaextraktionsschrot, schalenreich (44 % XP)	341-404	18,2-26,2
Sojaextraktionsschrot, schalenarm (48 % XP)	378-458	20,5-27,5
Sonnenblumenextraktionsschrot, ungeschält (28 % XP)	185-290	6,0-10,7
Sonnenblumenextraktionsschrot, geschält (46 % XP)	366-457	12,5-15,1
Rapskuchen	200-334	11,3-17,9
Maistrockenschlempe	222-295	1,8-3,3

Sojaextraktionsschrot weist in Abhängigkeit vom Schalenanteil XP-Gehalte in Höhe von 34,1-40,4 % (schalenreich) bzw. 37,8-45,8 % (schalenarm) bei 88 % TM auf. Vollfettsojabohnen besitzen, je nach Sorte, einen XP-Gehalt von 28,7-41,7 % in 88 % TM und zeichnen sich durch einen hohen AS-Gehalt, insbesondere an Lysin, aus. Eine Toastung der Sojabohne ist vor der Verfütterung an Geflügel zwingend notwendig, um antinutritive Substanzen wie z.B. Trypsininhibitoren, Lektine oder Saponine zu deaktivieren bzw. deren Wirkung zu reduzieren.

Sonnenblumenextraktionsschrot liefert in 88 % TM, abhängig von Schalenanteil und Aufbereitung des Ausgangsmaterials, XP-Gehalte in Höhe von 18,5-29,0 % (ungeschälte Saat) bzw. 36,6-45,7 % (geschälte Saat) und weist günstige Methionin- jedoch geringere Lysingehalte im Vergleich zu SES auf. Die XP-Gehalte für Rapskuchen variieren je nach Art und Verarbeitung in Höhe von 20,0-33,4 % bei 88 % TM. Gegenüber SES weist Rapskuchen hohe Gehalte der schwefelhaltigen AS Methionin und Cystein sowie der AS Threonin auf, unterliegt dem SES jedoch im Lysingehalt. Zudem kann Rapskuchen einen erhöhten Gehalt an Glucosinolaten (antinutritiven Substanzen) aufweisen. Der XP-Gehalt von DDGS variiert in Abhängigkeit von der Verarbeitung zwischen 22,2-29,5 % in 88 % TM und weist im Vergleich zu SES geringere Gehalte an Lysin auf. Zusammen mit erhöhten Gehalten an Rohfaser und Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP) wird eine Limitierung in der Einsatzhöhe im Alleinfutter von Legehennen empfohlen (Durst, Freitag & Bellof, 2021). In der Legehennenfütterung kann DDGS bis zu einem Anteil von 15 % im Futter eingesetzt werden, ohne dass gravierende Nachteile für Leistung oder Gesundheit der Tiere zu erwarten sind (DLG, 2009).

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Auswirkungen einer XP-Reduktion sowie der Substitution von SES durch heimische Eiweißfuttermittel unter Einsatz freier AS auf die Leistungsmerkmale, die Eiqualität sowie die N- und P-Ausscheidung von Legehennen der Herkunft Bovans Brown zwischen der 49. und 66. Lebenswoche (LW) zu untersuchen.

2. Versuchsdurchführung

2.1 Stall und Management

Für die Studie wurden Tiere der Herkunft Bovans Brown (Hendrix Genetics) genutzt, die am Staatsgut Kitzingen der Bayerischen Staatsgüter (BaySG) aufgezogen und bis zur 49. LW unter einheitlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen gehalten wurden. Dabei erhielten sie ein praxisübliches Legehennenalleinfutter für den Legeabschnitt 1. Jedes Abteil enthielt im Mittel 108 Legehennen. Die Abteile wurden drei Futtergruppen (FG) so zugeordnet, dass die Lebendmasse (LM) zwischen den FG vergleichbar war. Die Besatzdichte betrug ca. 8,7 Hennen/m². Mindestens 1/3 der Fläche pro Abteil lag als Einstreufläche vor, die mit Strohpellets eingestreut und später nach Bedarf mit Langstroh ergänzt wurde (Abb. 1).

Die restliche Nutzfläche bestand aus perforierten Kunststoffrosten und war erhöht. Unterhalb der perforierten Fläche sorgte ein Kotband für die automatisierte, wöchentliche Entmistung. Auf dem Gitterbereich waren Sitzstangen, Nippeltränken (15 Nippel pro Abteil) für die Wasserversorgung und eine Pfannenfütterung (5 Futtertöpfe pro Abteil) für die *ad libitum* Aufnahme von Futter angebracht. Den Tieren standen Gruppennester mit Astroturfmatten zur Eiablage zur Verfügung. Eine Unterdrucklüftung mit optionaler Zuschaltung einer Sprühkühlung bei Hitzephasen sorgte für die Belüftung. Die Lichtdauer betrug während des gesamten Versuchszeitraums von 18 Wochen 14 Stunden pro Tag. (Lichtphase von 04:00 bis 18:00 Uhr).



Abbildung 1: Darstellung eines Stallabteils (Aufnahme ©Kitzingen).

2.2 Fütterung und Versuchsdesign

Die Fütterungsstudie wurde vom 06.03.2024 über einen Zeitraum von 18 Wochen bis zum 09.07.2024 durchgeführt. Die Zuordnung der FG auf zwölf Abteile erfolgte in einem randomisierten Blockdesign (Abb. 2). Demnach ergaben sich für jede FG vier Wiederholungen.

12 16XP	11 16XPalternative	10 17XP	9 16XP	8 17XP	7 16XPalternative
1 17XP	2 16XP	3 16XPalternative	4 17XP	5 16XPalternative	6 16XP

Abbildung 2: Zuteilung der drei Futtergruppen auf die Stallabteile.

In der vorliegenden Studie wurden ab LW 49 drei verschiedene Futter gefüttert, die bis auf die XP-Gehalte alle mindestens nach den Nährstoffempfehlungen des Hendrix-Genetics Nutrition-Guide (2020) für Legehennen im zweiten Legeabschnitt kalkuliert waren. Die Kontrollration enthielt entsprechend den Empfehlungen von Hendrix Genetics 170 g XP/kg Futter (17XP), während die anderen Rationen nach den DLG-Empfehlungen für N-reduzierte Fütterungsverfahren (DLG, 2023a) konzipiert waren und 160 g XP/kg Futter enthielten (16XP und 16XPalternative). Das Futter in FG 17XP basierte auf SES, Körnermais und Weizen (Tab. 3).

Tabelle 3: Rationszusammensetzung (%) der Futtergruppen 17XP, 16XP und 16XPalternative

Futtergruppe	17XP	16XP	16XPalternative
Rationskomponenten (%)			
TM	89,1	89,1	89,3
Körnermais	48,9	51,6	42,5
Weizen	15,0	15,0	15,0
Sojaextraktionsschrot (GMO-frei)	24,8	22,2	-
Vollfette Donausojabohne	-	-	12,1
Rapskuchen	-	-	8,00
Maistrockenschlempe	-	-	6,50
Sonnenblumenextraktionsschrot	-	-	5,00
Kalk-Struktur	7,17	7,20	7,15
Calciumcarbonat	1,27	1,27	1,27
Donausojöl	1,21	1,00	0,53
Monocalciumphosphat	0,48	0,48	0,33
Viehsalz	0,21	0,17	0,10
Lysin HCL 98	-	-	0,20
DL-Methionin	0,18	0,20	0,16
Natriumbicarbonat	0,10	0,17	0,23
Organische Säuren	0,15	0,15	0,15
VM ^{*1} Lege ^{*2}	0,40	0,40	0,30
VM Phytase XP ^{*3}	0,15	0,15	0,15
VM Versuch Lege Kitzingen (AS) ^{*4}	-	-	0,30

^{*1}VM= Vormischung; ^{*2}VM Lege= (%): TM 95,9; XP 10,6; XA 62,7; Stärke 0,53; Ca 15,6; Na 0,007; Mg 5,02; Cl 2,50; Fe 6249 mg; Cu 3000 mg; Zn 16250 mg; Mn 22500 mg; J 375 mg; Se 99,9 mg; Thr 6,00; Vit A 3000 IE (x1000); Vit D3 883 IE (x1000); Vit E 8167 mg; Biotin 29,2 mg; Vit K3 750 mg; Vit B1 417 mg; Vit B2 1250 mg; Vit B6 667 mg; Vit B12 6,25 mg; Nikotinsäure 75000 mg; Pantothersäure 2958 mg; Folsäure 208 mg; Cholin 75000 mg; Cholinchlorid 100000 mg; Glucanase (Rovabio Schwein) 375000 VU; Xylanase (Rovabio Schwein) 275000 VU; Glucanase (Rovabio Geflügel) 215000 VU; Xylanase (Rovabio Geflügel) 312500 VU; Canthaxanthin 1500 mg; F-Xanto1200 mg; BHA 3920 mg; ^{*3}Vormischung Phytase XP= (%): TM 99,6; XA 92,86; Ca 35,81; verfügbarer P 60,0; Na 0,02; Cu 0,94; 6-Phytase 500 000 U; ^{*4}Vormischung Versuch Lege Kitzingen (AS)= (%): TM 93,28; XP 25,73; XA 62,2; Ca 0,992; Thr 10,00; Trp 5,00 Ile 18,0; Val 3,00

Bei FG 16XP wurde der XP-Gehalt durch eine Reduktion von SES auf 22,2 % erreicht. Bei 16XPalternative wurde die XP-Reduktion erreicht, indem anstelle von SES heimische Eiweißfuttermittel eingesetzt wurden: Hydrothermisch mit Kahl-Reaktor behandelte vollfette Sojabohnen (12 %), Rapskuchen (8 %), DDGS (6,5 %) sowie Sonnenblumenextraktionsschrot (5 %).

Die Rationen waren isoenergetisch mit 11,6 MJ AME_N/kg konzipiert. In den Rationen 17XP und 16XP wurden DL-Methionin (0,18 % bzw. 0,20 %) und L-Threonin (0,024 %) supplementiert. In 16XPalternative wurden neben DL-Methionin (0,16 %) und L-Threonin (0,03 %) weitere freie AS supplementiert: Lysin HCl (0,20 %), L-Isoleucin (0,054 %), L-Tryptophan (0,015 %) und L-Valin (0,009 %). Die kalkulierten Nährstoffgehalte sind in Tab. 4 dargestellt. Konzipiert und gemischt wurden die Futtermittel von Garant Tiernahrung GmbH (Pöchlarn, Österreich).

Tabelle 4: Kalkulierte Nährstoffkonzentrationen (%) des Legehennenalleinfutters der Futtergruppen 17XP, 16XP und 16XPalternative

Futtergruppe	17XP	16XP	16XPalternative
Kalkuliert, % FM*			
Trockenmasse	89,1	89,1	89,3
Rohprotein	17,0	16,0	16,0
Rohasche	12,0	11,9	12,1
Rohfett	3,85	3,66	6,11
Rohfaser	2,42	2,36	3,98
Stärke	39,8	41,5	36,1
Zucker	3,35	3,14	2,82
Calcium	3,50	3,50	3,50
Phosphor	0,42	0,41	0,47
Lysin	0,86	0,79	0,83
Methionin & Cystein	0,70	0,70	0,72
Threonin	0,64	0,60	0,63
Tryptophan	0,20	0,19	0,19
Isoleucin	0,70	0,65	0,66
Valin	0,78	0,74	0,75
Leucin	1,41	1,34	1,32
Histidin	0,43	0,40	0,39
Arginin	1,06	0,99	0,90
Phenylalanin	0,83	0,78	0,72
AME _N (MJ/kg) **	11,6	11,6	11,6

*FM= Frischmasse; **AME_N = Scheinbare umsetzbare Energie, N korrigiert nach VO152/2009 Anh.VII.

2.3 Datenerfassung und Kontrolle

2.3.1 Leistungsmerkmale

Eine Übersicht der Datenerhebungen ist in Tab. 5 dargestellt. Je Abteil wurden täglich abgegangene Tiere mit Abgangsgewicht und die Anzahl an gelegten Eiern erfasst. Daraus wurde die LL (%) je Anfangs-(AH) und Durchschnittshenne (DH) berechnet.

Wöchentlich wurden für jedes Abteil die Eier eines Tagesgeleges nach Eigewichtsklassen (XL, L, M, S) und B-Eiern sortiert sowie das mittlere Eigewicht erfasst. Daraus wurden die Anteile der jeweiligen Eigröße und der B-Eier am Gesamtgelege berechnet. Die B-Eier umfassten Knick-, Schmutz- und Bluteier. Zudem wurde aus mittlerem Eigewicht und Eizahl die Eimasse je AH und DH bestimmt.

Das Futter wurde nach Bedarf zu- und in einem 14-tägigen Rhythmus zurückgewogen. Daraus wurde der Futtermittelverbrauch (FV) pro Abteil erfasst und daraus der Futteraufwand (FA) berechnet. Die Lebendmasse (LM) der Hennen wurde zu Versuchsbeginn (Ende LW 48) sowie in LW 54 und LW 66 ermittelt. Hierzu wurden zufällig 50 Tiere pro Abteil ausgewählt und einzeln gewogen.

Tabelle 5: Datenerfassung der Leistungsmerkmale über den Versuchszeitraum von 18 Wochen (9 x 14 Tage-Perioden)

Periode	Lebenswoche	Tätigkeit
0	48	Einzeltierwiegung (50 Tiere/Abteil), Futterumstellung auf Versuchsfutter, Eiqualitätsmessung (50 Eier/Abteil)
1	49	
	50	Futterrückwaage
2	51	
	52	Futterrückwaage
3	53	
	54	Futterrückwaage, Eiqualitätsmessung (50 Eier/Abteil), Einzeltierwiegung (50 Tiere/Abteil)
4	55	
	56	Futterrückwaage
5	57	
	58	Futterrückwaage
6	59	
	60	Futterrückwaage
7	61	
	62	Futterrückwaage
8	63	Eier für Eiqualitätsmessung 4 Wochen später gesammelt (50 Eier/Abteil)
	64	Futterrückwaage
9	65	Eiqualitätsmessung (50 Eier/Abteil)
	66	Futterrückwaage, Einzeltierwiegung (50 Tiere/Abteil)

2.3.2 Merkmale zur Eiqualität

Die Eiqualität umfasste die Untersuchung von jeweils 50 Eiern pro Abteil in den LW 48, 54 und 65, welche auf die Merkmale Bruchfestigkeit, Haugh Unit (HU) und Roche-Einheit (1 bis 15) geprüft wurden. Zusätzlich wurden 50 Eier/Abteil in LW 63 gesammelt und nach 28 Tagen Lagerdauer auf die beschriebenen Eiqualitätsmerkmale untersucht. Bei der Untersuchung der Bruchfestigkeit der Eischale wurde mit einem teilautomatisierten Bruchfestigkeitsmessgerät die Kraft ermittelt, welche benötigt wird, um die die Schale zu zerbrechen (Cordts et al., 2001). Als Maß für die Eifrische wurde die internationale HU herangezogen. Hierfür wurde die Eiklarhöhe des gallertartigen Eiklars (ca. 1 cm vom Dotterrand entfernt) gemessen und entsprechend der unten aufgeführten Gleichung 1 in die HU umgerechnet (Gloor, 2007). Die Roche-Einheit wurde mit Hilfe eines Farbsensors ermittelt und mit Werten von 1 (weiß) bis 15 (dunkelorange) ausgegeben.

Gleichung 1:

$$HU = 100 \log^*(h - 1,7w^{0,37} + 7,6)$$

HU= Haugh Unit

h = bestimmte Höhe des Albumens in Millimetern

w = Masse des Eis in Gramm

2.3.3 Kalkulation der N- und P-Ausscheidungen

Die Ermittlung der N- und P-Ausscheidungen je Abteil für den gesamten Versuchszeitraum erfolgte nach dem Verfahren gemäß DLG-Band 199 „Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere“ (DLG, 2014). Das Verfahren basiert auf Differenzberechnungen zwischen der aufgenommenen Menge an N bzw. P über das vorgelegte Futter und die N- bzw. P-Abgabe in den tierischen Produkten (Lebend-, Eimasse). Die Differenz stellt die Menge an ausgeschiedenem N und P dar. Für die Kalkulation wurden die Leistungsdaten zur Eiproduktion und der Futterverbrauch sowie die analysierten XP- und P-Gehalte im Futter herangezogen.

2.3.4 Siebfraktionierung der Alleinfuttermittel

Zur Bestimmung der Partikelgrößenverteilung und damit der Strukturbewertung der vorgelegten mehligten Legehennenalleinfutter wurde eine Siebfraktionierung zu zwei Zeitpunkten durchgeführt. Hierzu kam die Vibrationssiebmaschine AS 200 control (Retsch, Haan, Deutschland) mit sieben Sieben (Maschenweiten 250 µm, 500 µm, 1,0 mm, 1,5 mm, 2,0 mm, 2,5 mm, 3,15 mm) und einem Auffangbehälter (< 250 µm) zum Einsatz. Eine definierte Menge des mehligten Futters (500 g) wurde in den Siebturm eingefüllt und über einen Zeitraum von fünf Minuten bei 2,5 mm Amplitude maschinell gesiebt. Die verbleibende Futtermenge auf den Sieben sowie im Auffanggefäß wurde im Anschluss gewogen und die Ergebnisse prozentual als Anteil der Gesamtmasse ausgewertet, um die Verteilung der Partikel auf die Siebfraktionen zu bestimmen.

2.3.5 KOH-Löslichkeit des Proteins ausgewählter Futtermittel

Die Kaliumhydroxid-(KOH)-Löslichkeit kann als Indikator für Hitzeschäden des XP in den Einzelfuttermitteln herangezogen werden (KOH-Löslichkeit < 75 %) bzw. bei einer zu hohen KOH-Löslichkeit als Indikator für eine unzureichende Hitzebehandlung (KOH-Löslichkeit > 85 %) dienen und damit Rückschlüsse zur Proteinverfügbarkeit – speziell bei Sojafuttermitteln – ermöglichen (Araba und Dale, 1990). Hierfür wurden 1,5 g des Probenmaterials in 75 ml einer 0,2%-igen KOH-Lösung gegeben, für 20 Minuten bei Raumtemperatur (22 °C) mit 8.500 U/min gerührt und anschließend für 15 Minuten bei 2.500 zentrifugiert. Aus dem Überstand wurde eine Probe gezogen und der N-Gehalt mittels Kjeldahl-Methode bestimmt. Der Anteil des löslichen N wurde berechnet als Prozentsatz des Gesamt-N (Araba und Dale, 1990).

2.4 Begriffsdefinitionen

Durchschnittshennenzahl (DHZ) =	$\frac{\text{Summe der realisierten Lebenstage}}{\text{Prüfungszeitraum (126 Tage)}}$
Eizahl je AH bzw. DH =	$\frac{\text{Summe der gelegten Eier}}{\text{AHZ oder DHZ}}$
Eimasse je AH bzw. DH =	$\frac{\text{Summe Eimasse}}{\text{Anzahl der AH oder DH}}$
Mittleres Eigewicht =	$\frac{\text{Summe der Eimasse bei wöchentlicher Eigewichtsklassenbestimmung}}{\text{Summe der gelegten Eier}}$
Futtermittelverbrauch je AH bzw. DH =	$\frac{\text{Gesamtfuttermittelverbrauch}}{\text{Summe der Eimasse je AH oder DH}}$
Gesamtfuttermittelverbrauch je DH =	$\frac{\text{Gesamtfuttermittelverbrauch}}{\text{DHZ}}$

2.5 Statistische Auswertung

Microsoft Excel® (MS Excel für MS 365 MSO) wurde für die Datensammlung und -verarbeitung genutzt. Anschließend wurden die Daten mit der Mixed Prozedur von SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc.) statistisch untersucht. Die Daten aus den neun Messperioden mit jeweils 14-tägiger Dauer wurden mit dem Programm Microsoft Excel® für die jeweiligen Leistungsmerkmale kumuliert und mittels einfaktorieller ANOVA, dem festen Effekt FG sowie dem zufälligen Effekt Block analysiert. Bei signifikanten Ergebnissen ($p \leq 0,05$) erfolgten post-hoc Vergleiche mit dem Tukey-Kramer-Test. Für die Untersuchung der Merkmale LM und Eiqualität wurde die ANOVA um den zufälligen Effekt Abteil erweitert. Bei signifikanten Unterschieden ($p \leq 0,05$) erfolgten post-hoc Vergleiche mittels paarweisem t-Test. Ein Abteil der Versuchsgruppe 16XP wurde zur statistischen Auswertung nicht herangezogen ($n=3$). Alle Ergebnisse werden als LSMeans dargestellt.

3. Ergebnisse

3.1 Einzel- und Alleinfuttermittel

In Tab. 6 sind die nasschemischen Analysen der eingesetzten Einzelfuttermittel Mais, Weizen und SES aus den FG 17XP, 16XP bzw. 16XPalternative sowie der heimischen Eiweißfuttermittel vollfette Sojabohne, Rapskuchen, Sonnenblumenextraktionsschrot und DDGS aus FG 16XPalternative aufgeführt. Die höchsten Lysingehalte wurden in den Einzelfuttermitteln vollfette Sojabohne sowie SES nachgewiesen. Beide Futtermittel wiesen zudem einen vergleichsweise hohen XP-Gehalt auf, wobei dieser im SES am höchsten war. Im Vergleich zu den übrigen Einzelfuttermitteln zeigte die vollfette Sojabohne besonders hohe Rohfettgehalte. Bezüglich des Methioningehaltes erwies sich Sonnenblumenextraktionsschrot als besonders reichhaltig, gefolgt von Rapskuchen und DDGS. Besonders hohe Gehalte an Threonin, Isoleucin, Leucin, Valin, Histidin, Arginin und Phenylalanin lieferte SES sowie die vollfette Sojabohne. Die KOH-Löslichkeit für das Einzelfuttermittel SES war mit einer KOH-Löslichkeit von >85 % als relativ hoch einzuordnen und gilt bei SES als Merkmal für eine nicht ausreichende Hitzebehandlung (Araba und Dale, 1990). Dagegen lag die KOH-Löslichkeit für die vollfette Sojabohne und das Sonnenblumenextraktionsschrot im Optimalbereich von 78-85 %. Die KOH-Löslichkeit für den Rapskuchen und jene von DDGS war demgegenüber deutlich geringer. Speziell DDGS wies mit knapp 30 % KOH-Löslichkeit einen sehr geringen Wert auf, was womöglich zu einer reduzierten Aminosäurenverdaulichkeit geführt haben könnte.

Tabelle 6: Analysierte Nährstoffkonzentrationen der eingesetzten Einzelfuttermittel

	Sojabohne, vollfett	SES ^{*1}	Raps- kuchen	SBS ^{*2}	DDGS ^{*3}	Mais	Weizen
Analysierte Gehalte (88 % TM ^{*4})							
Rohasche	5,49	6,87	7,07	7,63	5,32	1,23	1,74
Rohprotein	40,0	50,1	34,8	39,7	32,7	8,22	11,9
Rohfett	23,2	1,71	9,26	2,36	10,5	3,92	2,44
Stärke	5,40	7,02	2,63	3,26	2,46	7,49	66,5
Zucker	9,23	11,2	10,0	6,40	4,24	2,60	3,07
aNDFom	24,6	33,2	32,9	39,7	37,3	8,06	13,0
ADFom	17,0	18,9	25,2	28,4	15,2	3,20	4,60
ADL	10,2	0,00	9,15	9,82	4,91	0,58	0,93
Lysin	21,3	24,0	15,8	11,6	6,16	2,30	2,47
Methionin	4,54	4,82	5,63	6,93	5,05	1,60	1,36
Cystein	6,34	6,89	7,78	6,65	6,43	2,25	2,53
Threonin	12,7	14,3	11,9	11,4	9,36	2,56	2,47
Isoleucin	12,5	13,5	8,52	10,0	7,21	1,96	2,04
Valin	12,6	14,4	10,9	12,3	9,96	2,75	2,57
Leucin	25,5	27,8	18,0	18,5	27,1	7,70	5,40
Histidin	8,43	9,71	6,74	7,16	5,77	1,90	1,75
Arginin	24,6	28,5	15,3	24,7	10,1	3,40	3,90
Phenylalanin	18,1	19,6	11,6	14,2	13,0	3,57	4,10
KOH ^{*5} - Löslichkeit (%)	82,9	88,4	69,8	77,3	29,3	80,5	91,9

^{*1}SES= Sojaextraktionsschrot; ^{*2}SBS= Sonnenblumenextraktionsschrot; ^{*3}DDGS= Maistrockenschlempe; ^{*4}TM= Trockenmasse; ^{*5}KOH-Löslichkeit= Löslichkeit von Rohprotein in einer 0,2 %-igen Kaliumhydroxid-Lösung.

Die Ergebnisse der nasschemischen Analysen für die drei eingesetzten Alleinfuttermittel werden in Tab. 7 aufgeführt. Analysiert wurde für jede FG eine gepoolte Sammelstichprobe des vorgelegten Futters aus dem gesamten Versuchszeitraum.

Tabelle 7: Analysierte Nährstoffkonzentrationen (%) des Legehennenalleinfutters der Futtergruppen 17XP, 16XP und 16XPalternative

Futtergruppe	17XP	16XP	16XPalternative
Analysiert, 88 % TM ^{*1}			
Rohprotein	16,7	15,5	15,3
Rohasche	12,5	11,5	13,0
Rohfaser	2,06	1,69	3,20
Stärke	40,2	42,7	36,9
Zucker	3,72	3,41	3,50
Calcium	3,89	3,58	3,89
Phosphor	0,41	0,39	0,46
Lysin	0,86	0,81	0,82
Methionin und Cystein	0,66	0,68	0,70
Threonin	0,62	0,59	0,59
Tryptophan	0,20	0,19	0,19
Isoleucin	0,67	0,63	0,59
Valin	0,75	0,70	0,69
Leucin	1,36	1,30	1,23
Histidin	0,42	0,40	0,38
Arginin	1,07	0,99	0,87
Phenylalanin	0,81	0,77	0,68
AME _N (MJ/kg) ^{**}	10,9	11,0	10,9

^{*1}TM= Trockenmasse ^{**}AME_N = Scheinbare umsetzbare Energie, N korrigiert nach VO152/2009 Anh.VII; berechnet auf Basis des Gesamtfettgehalts (nach vorausgegangenem HCl-Aufschluss)

Eine Gegenüberstellung der bedeutendsten kalkulierten vs. der analysierten Rohnährstoffe sowie der AS in Tab. 8 (bezogen auf 88 % TM) zeigt, dass die kalkulierten Gehalte durch die nasschemische Analyse, besonders im Hinblick auf die XP-, Lysin- und Methionin+Cystein-Gehalte, größtenteils bestätigt werden konnten. Die analysierten Rohfasergehalte lagen in allen drei FG unterhalb des kalkulierten Gehalts mit Abweichungen in Höhe von 0,33-0,72 %-Punkten. Die analysierten Rohaschegehalte für FG 17XP ($\Delta 0,7$ %-Punkte) und 16XPalternative ($\Delta 1,1$ %-Punkte) lagen über den kalkulierten Gehalten.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der kalkulierten und analysierten Nährstoffe der Futtermischungen der Futtergruppen (%)

Futtergruppe	17XP		16XP		16XPalternative	
	kalkuliert	analysiert	kalkuliert	analysiert	kalkuliert	analysiert
Kalkulierte vs. analysierte Gehalte, % (88 % TM ^{*1})						
Rohprotein	16,8	16,7	15,8	15,5	15,8	15,3
Rohasche	11,8	12,5	11,7	11,5	11,9	13,0
Rohfaser	2,39	2,06	2,34	1,69	3,92	3,20
Lysin	0,85	0,86	0,78	0,81	0,81	0,82
Methionin + Cystein	0,69	0,66	0,69	0,68	0,71	0,70
Threonin	0,63	0,62	0,59	0,59	0,62	0,59
Tryptophan	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19

^{*1}TM= Trockenmasse.

Die Ergebnisse zur Partikelgrößenverteilung werden in Tab. 9 dargestellt. Für eine ausgewogene Struktur sollte gemäß DLG-Merkblatt 492 (2023b) bei einem homogenen Legehennenfutter (mehlig) der Anteil an Partikeln in der Größenordnung von 1,0-2,0 mm mindestens 50 % des Gesamtfutters betragen. In der vorliegenden Untersuchung erfüllten alle drei geprüften FG diese Anforderung an beiden Erhebungsterminen. Für FG 17XP wurden jeweils 60,2 % des Futters in den Partikelgrößen 1,0-2,0 mm erfasst. Die FG 16XP erreichte 65,9 % und 62,2 % während 16XPalternative mit 54,0 % und 55,3 % ebenfalls oberhalb der empfohlenen Mindestgrenze lag. Für 17XP wurden höhere Anteile (22,16 % bzw. 16,82 %) an größeren Partikeln der Größenordnung 2,5-3,15 mm im Vergleich zu 16XP (13,18 % bzw. 12,62 %) und 16XPalternative (13,48 % bzw. 12,06 %) festgestellt. Außerdem zeigte FG 16XPalternative höhere Anteile an Feinanteilen (33,85 % bzw. 31,24 %) gegenüber 17XP (17,71 % bzw. 23,0 %) und 16XP (20,95 % bzw. 25,3 %).

Tabelle 9: Partikelgrößen nach Siebfractionierung mittels Vibrationssiebmaschine der Alleinfutter je Futtergruppe

Futtergruppe	Partikelgröße	Partikelgrößenverteilung			
		Siebung 1		Siebung 2	
17XP		g	%	g	%
Siebfraction	3,15 mm	17,2	3,46	13,1	2,62
	2,5 mm	93,2	18,7	71,0	14,2
	2,0 mm	125,2	25,2	116,7	23,3
	1,5 mm	90,7	18,2	90,1	18,0
	1,0 mm	83,4	16,8	94,3	18,9
	500 µm	40,6	8,16	49,1	9,82
	250 µm	29,2	5,87	51,5	10,3
	<250 µm	18,3	3,68	14,4	2,88
		497,8	100	500,2	100
16XP					
Siebfraction	3,15 mm	7,90	1,58	8,60	1,72
	2,5 mm	57,7	11,6	54,4	10,9
	2,0 mm	124,1	24,8	116,8	23,4
	1,5 mm	101,3	20,3	93,7	18,8
	1,0 mm	103,8	20,8	99,7	20,0
	500 µm	62,0	12,4	87,0	17,4
	250 µm	32,0	6,41	26,3	5,26
	<250 µm	10,7	2,14	13,2	2,64
		499,5	100	499,7	100
16XPalternative					
Siebfraction	3,15 mm	10,3	2,06	11,4	2,28
	2,5 mm	50,0	10,0	56,2	11,2
	2,0 mm	96,2	19,3	105,0	21,0
	1,5 mm	82,0	16,4	82,4	16,5
	1,0 mm	91,6	18,3	88,9	17,8
	500 µm	83,1	16,6	75,9	15,2
	250 µm	64,5	12,9	66,3	13,3
	<250 µm	21,7	4,35	13,7	2,74
		499,4	100	499,8	100

3.2 Leistungsmerkmale der Legehennen

Folgend werden die Ergebnisse der Leistungsmerkmale über die gesamte Versuchsphase dargestellt. Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Mortalität und der FG festgestellt (Tab. 10). Die Mortalität belief sich im Mittel auf 7 % für 17XP, 12 % für 16XP und 9 % für 16XPalternative.

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den FG in der Eizahl/AH bzw. DH (Tab. 10). Daraus resultierend wurden keine Unterschiede in der LL je AH bzw. DH zwischen den FG festgestellt. Das mittlere Eigewicht betrug über alle FG hinweg im Mittel 66,1 g. 16XPalternative wies ein geringeres Eigewicht (65,4 g) im Vergleich zu 16XP (66,5 g) und 17XP (66,5 g) auf. Der Effekt auf das mittlere Eigewicht spiegelt sich auch in Unterschieden in der Eimasse/DH wider. So war die Eimasse/DH für 16XPalternative mit 7.706 g niedriger als in FG 16XP mit 7.919 g.

Tabelle 10: Merkmale zur Legeleistung, zum Eigewicht und zur Mortalität (LSMeans $\pm$ SEM) über die gesamte Versuchslaufzeit bei Vorlage der drei Rationen

Lebenswochen 49-66		Futtergruppe			SEM	p-Wert
		17XP	16XP	16XPalternative		
Eizahl/AH ^{*1}	Stk.	115	114	116	1,73	0,84
Eizahl/DH ^{*2}	Stk.	117	119	118	1,23	0,12
Verm.fähige Eier ^{*3} /AH	Stk.	115	114	116	1,75	0,76
Legeleistung/AH	%	91,6	90,6	91,9	0,12	0,84
Legeleistung/DH	%	93,1	94,6	93,6	0,09	0,12
Mittl. Eigewicht/DH	g/Ei	66,5 ^a	66,5 ^a	65,4 ^b	5,75	0,04
Eimasse/AH	g	7.654	7.558	7.518	111	0,76
Eimasse/DH	g	7.802 ^{ab}	7.919 ^a	7.706 ^b	77,9	0,05
Mortalität	%	6,6	11,5	8,9	1,61	0,52

^{*1}AH= Anfangshenne; ^{*2}DH= Durchschnittshenne; ^{*3}Verm.fähige Eier= vermarktungsfähige Eier;

LSMeans mit unterschiedlichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile sind voneinander signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,05$).

In 16XPalternative wurden geringere Anteile an XL-Eiern am Gesamtgelege (6,05 %) im Vergleich zu 16XP (10,4 %) und 17XP (10,1 %) festgestellt (Tab. 11). Dafür zeigte 16XPalternative höhere Anteile an M-Eiern (26,3 %) im Vergleich zu 17XP (18,6 %). Der Anteil an M-Eiern bei 16XPalternative war im Vergleich zu 16XP (20 %) numerisch erhöht. Von der FG unbeeinflusst blieben die Anteile an L- und S-Eiern. Der Anteil an B-Eiern im Gelege belief sich auf 1,01 % für 17XP, 0,90 % für 16XP und 0,59 % für 16XPalternative und unterschied sich nicht zwischen den FG.

Tabelle 11: Anteil an XL-, L-, M-, S- und B-Eiern (LSMeans $\pm$ SEM) in Abhängigkeit der drei Futtergruppen^{*1, 2}

Lebenswochen 49-66		Futtergruppe			SEM	p-Wert
		17XP	16XP	16XPalternative		
XL-Eier	%	10,1 ^a	10,4 ^a	6,05 ^b	0,08	0,04
L-Eier	%	70,0	68,4	66,7	0,11	0,44
M-Eier	%	18,6 ^b	20,0 ^{ab}	26,3 ^a	0,15	0,05
S-Eier	%	0,07	0,13	0,17	0,00	0,44
B-Eier	%	1,01	0,90	0,59	0,01	0,26

^{*1}Eigewichtsklassen anteilig bezogen auf wöchentlich erfasste Tagesgelege; ^{*2}B-Eier= Schmutz-, Knick- und Bluteier; LSMeans mit unterschiedlichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile sind voneinander signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,05$).

Die mittleren Tiergewichte vor Versuchsbeginn in LW 48 unterschieden sich kaum von den mittleren Tiergewichten zum Versuchsende in LW 66 (Tab. 12). In 17XP blieb das Gewicht

nahezu konstant. Die Tiere wogen im Mittel 2.015 g in LW 48 und 2.030 g ($\Delta+15$ g) in LW 66. Auch das Gewicht der Tiere in 16XP blieb während der Studie konstant, in LW 48 wogen die Tiere im Schnitt 2.005 g und in LW 66 rund 2.019 g ($\Delta+14$ g). In FG 16XPalternative stieg das Tiergewicht von 1.998 g in LW 48 auf 2.003 g ($\Delta+5$ g) in LW 66 an. Zu den Untersuchungszeitpunkten LW 54 und 66 unterschied sich das mittlere Gewicht der Tiere in FG 16XPalternative signifikant von 17XP (2.010 vs. 2.049 g bzw. 2.003 g vs. 2.030 g). Kein Unterschied wurde im Tiergewicht für 16XP im Vergleich zu 17XP und 16XPalternative festgestellt.

Die Merkmale zum Futterverbrauch unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tab. 12). Dementsprechend war kein Effekt auf den Futteraufwand (kg Futter/kg Eimasse) je AH bzw. DH zwischen den FG festzustellen.

Tabelle 12: Merkmale zum Futterverbrauch, dem Futteraufwand und dem Körpergewicht (LW48, 54, 66) (LSMeans $\pm$ SEM) bei Vorlage der drei Rationen

Lebenswochen 49-66		Futtergruppe			SEM	p-Wert
		17XP	16XP	16XPalternative		
Futterverbrauch/AH ^{*1}	kg	16,5	15,6	15,7	255	0,15
Futterverbrauch /DH ^{*2}	kg	16,7	16,3	16,0	234	0,35
Tägl. Futterverbrauch /DH	g/Tag	133	130	127	16,7	0,35
Futteraufwand	kg/kg	2,15	2,06	2,08	0,39	0,28
Körpergewicht LW48 ^{*3}	g/Tier	2.015	2.005	1.998	6,86	0,10
Körpergewicht LW 54 ^{*3}	g/Tier	2.049 ^a	2.033 ^{ab}	2.010 ^b	5,07	0,02
Körpergewicht LW 66 ^{*3}	g/Tier	2.030 ^a	2.019 ^{ab}	2.003 ^b	4,09	0,03

^{*1}AH= Anfangshenne; ^{*2}DH= Durchschnittshenne; ^{*3}50 Tiere/Abteil zufällig ausgewählt und gewogen; LSMeans mit unterschiedlichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile sind signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,05$).

3.3 Ergebnisse zur Eiqualität

Für Eier, die in LW 48 vor Beginn der Studie gesammelt wurden, wurden Unterschiede in den Eiquälitätsmerkmalen HU und Roche-Einheit zwischen den FG festgestellt (Tab. 13). Es zeigte sich, dass sich FG 17XP durch eine höhere HU (95,0) von 16XP und 16XPalternative (jeweils 93,6) unterschied. HU über 70 gelten als Indikator für eine sehr gute Eiklarqualität und einen akzeptablen Frischegrad. Dagegen zeigte 16XP einen niedrigeren Wert für die Roche-Einheit (13,1) gegenüber 17XP und 16XPalternative (jeweils 13,5). Keine Unterschiede zeigten sich für die Bruchfestigkeit und die Eigewichte zwischen den FG. In der Praxis werden Eidotter mit einem Roche-Wert von etwa 12 und höher von vielen Verbrauchern bevorzugt.

Die Untersuchung der Eier aus LW 54 ergab, dass im Vergleich zu 16XPalternative in 16XP höhere Eigewichte (66,4 g vs. 65,1 g) festgestellt wurden. Die FG 16XP und 16XPalternative unterschieden sich durch eine höhere Roche-Einheit von 17XP (13,4 vs. 12,6). Keine Unterschiede zwischen den FG wurden für die HU sowie die Bruchfestigkeit festgestellt.

Die Untersuchung der Eiqualität in LW 65 zeigte, dass sich das Eigewicht zwischen den FG unterschied. Höhere Eigewichte wurden für 16XP (65,8 g) und 17XP (65,7 g) gegenüber 16XPalternative (64,7 g) beobachtet. Die Roche-Einheit war ebenfalls unterschiedlich zwischen den FG: 16XPalternative führte zu einer höheren Roche-Einheit (12,0) im Vergleich zu 17XP (10,9) und 16XP (10,8). Es wurden keine Unterschiede in LW 65 für die HU und die Bruchfestigkeit zwischen den FG festgestellt.

Die Untersuchung der 28 Tage lang gelagerten Eier mit Sammeldatum in LW 63 auf die Eiqualität zeigte statistische Unterschiede für das mittlere Eigewicht in FG 16XPalternative (63,5 g), welches unterhalb der Eigewichte in 16XP (64,9 g) und 17XP (64,7 g) lag (Tab. 14). Zwischen den FG wurde nach 28-tägiger Lagerung kein Unterschied in der Eiklarkonsistenz und Bruchfestigkeit festgestellt. Anders bei der Roche-Einheit: Hier wies 16XPalternative nach vierwöchiger Lagerung die höchste Roche-Einheit (11,6) im Vergleich zu 17XP (10,9) und 16XP (10,5) auf.

Tabelle 13: Merkmale der Eiqualität*¹ (LSMeans $\pm$ SEM) in LW 48, 54 und 65 bei Vorlage der drei Rationen

		Futtergruppe			SEM	p-Wert
		17XP	16XP	16XPalternative		
Lebenswoche 48						
Eigewicht	<i>g</i>	65,5	65,1	65,1	0,19	0,61
Haugh-Einheit	<i>HU</i>	95,0 ^a	93,6 ^b	93,6 ^b	0,27	0,02
Roche-Einheit	<i>1-15</i>	13,5 ^a	13,1 ^b	13,5 ^a	0,05	< ,001
Bruchfestigkeit	<i>N</i>	45,2	45,4	46,1	0,37	0,59
Lebenswoche 54						
Eigewicht	<i>g</i>	65,9 ^{ab}	66,4 ^a	65,1 ^b	0,20	0,02
Haugh-Einheit	<i>HU</i>	89,9	90,6	89,8	0,24	0,36
Roche-Einheit	<i>1-15</i>	12,6 ^b	13,4 ^a	13,4 ^a	0,05	< ,001
Bruchfestigkeit	<i>N</i>	45,9	46,6	44,6	0,41	0,10
Lebenswoche 65						
Eigewicht	<i>g</i>	65,7 ^a	65,8 ^a	64,7 ^b	0,21	0,05
Haugh-Einheit	<i>HU</i>	82,7	83,3	82,0	0,29	0,22
Roche-Einheit	<i>1-15</i>	10,9 ^b	10,8 ^b	12,0 ^a	0,05	< ,001
Bruchfestigkeit	<i>N</i>	41,1	40,8	39,9	0,40	0,41

*¹Eiquälitätsuntersuchungen an 50 Eiern/Abteil in den LW 48, 54, 65; *²mittl. Eigewicht bezogen auf das Tagesgelege; LSMean mit unterschiedlichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile sind signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,05$).

Tabelle 14: Merkmale der Eiqualität (LSMeans $\pm$ SEM) bei 28 Tage lang gelagerten Eiern*¹ bei Vorlage der drei Rationen

		Futtergruppe			SEM	p-Wert
		17XP	16XP	16XPalternative		
Eigewicht* ²	<i>g</i>	64,7 ^a	64,9 ^a	63,5 ^b	0,18	< ,01
Haugh Einheit	<i>HU</i>	43,6	44,3	44,0	0,42	0,81
Roche-Einheit	<i>1-15</i>	10,9 ^b	10,5 ^c	11,6 ^a	0,04	< ,01
Bruchfestigkeit	<i>N</i>	45,7	44,0	45,4	0,39	0,23

*¹Sammeldatum: LW 63; *²mittl. Eigewicht bezogen auf das Tagesgelege; LSMean mit unterschiedlichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile sind signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,05$).

3.4 Bilanzierung der N- und P-Ausscheidungen

Die Berechnung der N-Ausscheidungen pro Tier über die gesamte Versuchslaufzeit von 18 Wochen zeigte deutliche Unterschiede zwischen den FG (Tab. 15). Für die Bilanzierung der N-Ausscheidung zeigte sich für 16XPalternative und 16XP eine geringere N-Ausscheidung pro Tier (257 bzw. 261 g N) im Vergleich zu 17XP (306 g N). Zwischen 16XP und 16XPalternative wurde kein Unterschied in der Höhe der N-Ausscheidungen festgestellt. Die geringsten P-Ausscheidungen wurden bei 16XP (51,2 g/Tier) festgestellt. Die P-Ausscheidungen der anderen FG waren höher (17XP: 56,6 g/Tier; 16XPalternative: 61,3 g/Tier).

Tabelle 15: Merkmale zur Stickstoff- und Phosphorausscheidung pro Tier (LSMeans $\pm$ SEM) über die gesamte Versuchslaufzeit bei Vorlage der drei Rationen

Ausscheidung		Futtergruppe			SEM	<i>p</i> -Wert
		17XP	16XP	16XPalternative		
N ^{*1}	<i>g/Tier</i>	306 ^a	261 ^b	257 ^b	8,62	< ,01
P ^{*2}	<i>g/Tier</i>	56,6 ^a	51,2 ^b	61,3 ^a	1,47	0,006

*1N= Stickstoff; *2P= Phosphor; LSMeans mit unterschiedlichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile sind signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,05$).

4. Zusammenfassung und Fazit

Die Untersuchung hat gezeigt, dass eine Reduzierung der XP-Konzentration von ca. 17 auf ca. 15,5 % im Legehennenalleinfutter im zweiten Legeabschnitt (LW 49-LW 66) möglich ist, ohne die Leistungs- und Eiqualitätsmerkmale von Legehennen der Genetik Bovans Brown zu beeinflussen. Der Ersatz von SES durch heimische Eiweißfuttermittel führte zu einer Reduzierung der Eimasse und Eigewichte. Im Hinblick auf Futterverbrauch und -aufwand wurden keine Unterschiede zwischen den FG nachgewiesen. Der Anteil an XL-Eiern war durch die heimischen Eiweißfuttermittel reduziert, wohingegen sich der Anteil an M-Eiern erhöhte. Die Reduzierung der XP-Konzentration im Futter führte zu geringeren N-Ausscheidungen.

Dieser Versuch wurde im Rahmen der Modellregion Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft mit den Mitteln des österreichischen Klimafonds und dem Steirischen Vulkanland durchgeführt und finanziert.

Literatur

- Araba, M., und Dale, N. M., 1990: Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *Poultry Science*, 69(1), 76–83. <https://doi.org/10.3382/ps.0690076>
- Cordts, C., Schmutz, M., Preisinger, R., 2001: Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung der Schalenstabilität von Eiern. *Lohmann Information*, 3(2001), 1–4. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.lohmanninformation.com/content/l_i_3_01_artikel4.pdf
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) e.V., 2009: Futterwert und Einsatz von getrockneter Weizen- und Weizen/Gerste-Schlempe aus Bioethanolproduktion beim Geflügel. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Landwirtschaft/Tierhaltung/Futtermittel/Fachinfos/Allgemein/Stellungnahme_Weizenschlempe_Gefluegel.pdf
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) e.V., 2014: Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere (Arbeiten der DLG, Band 199). Arbeitskreis Futter und Fütterung & Bundesarbeitskreis der Fütterungsreferenten. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Landwirtschaft/Tierhaltung/Futtermittel/Fachinfos/Naeherstoffausscheidung/DLG_2014_Band_199_Bilanzierung_Naeherstoffausscheidungen.pdf
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) e.V., 2023a: DLG-Merkblatt 457: Beurteilung der Futterqualität Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Masthühnern, Jung- und Legehennen (1. Aufl.). <https://www.dlg.org/dlg-merkblatt-457-wwwdlgorg-beruecksichtigung-n-und-p-reduzierter-fuetterungsverfahren-bei-den-naehrstoffausscheidungen>
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) e.V., 2023b: DLG-Merkblatt 492. Verlängerung der Haltungsdauer bei Legehennen. Teil 1: Zucht, Management und Fütterung (1. Aufl.). <https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/tierhaltung/492.pdf>
- Durst, L.; Freitag, M.; Bellof, G., 2021: Futtermittel für landwirtschaftliche Nutztiere. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2010: Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. <https://www.fao.org/4/k7930e/k7930e00.pdf>
- Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), 2019: Österreichische und europäische Alternativen zu Palmöl und Soja aus Übersee. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). Wien. https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2019/studie_palmoel_soja_1907.pdf
- Gloor, A., 2007: Wie ist die Eifrische zu definieren und wodurch wird sie beeinflusst? Was sind «frische» Eier? *Schweizer Geflügelzeitung (SGZ)*, 10/2006 & 6–7/2007. Separatdruck, Aviforum, 3052 Zollikofen. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.aviforum.ch/Portaldata/1/Resources/Wissen/Produkte/DE/Separatdruck_Eiqualitaet.pdf
- Hendrix Genetics., 2020: *Nutrition Guide* (Version 4). Niederlande. Abgerufen am 7. Mai 2025, von https://layinghens.hendrix-genetics.com/documents/883/Nutrition_Guide_English_vs4.pdf
- Krieg, A., Niewind, P., & Stegemann, J. 2020: N- und P-reduzierte Fütterung in der Legehennenhaltung. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
- Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2018: LfL-Merkblatt: Heimische Eiweißfuttermittel in der Legehennenfütterung. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan. <https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/merkblaetter/heimische-eiweissfuttermittel-legehennenfuetterung-lfl-merkblatt.pdf.pdf>
- Latshaw, J. D., und Zhao, L., 2011: Dietary protein effects on hen performance and nitrogen excretion. *Poultry Science*, 90(1), 99–106. DOI: 10.3382/ps.2010-01035
- Pöllinger, A. (2018). Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft-Quellen und Minderungsmöglichkeiten. In 6. Umweltökologisches Symposium (p. 27).