

Versuchsbericht

Arbeitspaket: „Kaskadische Nutzung von Rohstoffen“

11.08.2025

Prof. Dr. Reinhard Puntigam, Dr. Julia Slama und Univ. Doz. Dr. Wolfgang Wetscherek

Einleitung

Die gesellschaftlichen und politischen Anforderungen an die Produktion tierischer Lebensmittel steigen stetig. Gefordert wird ein „Mehr an Nachhaltigkeit“, das maßgeblich auf einer geringeren Umweltbelastung (vorrangig Nährstoffausscheidung und CO₂-Fußabdruck), reduzierter Nahrungsmittelkonkurrenz, sowie gesteigertem Tierwohl fußen soll. Speziell die Schweinefütterung bzw. Produktion von Schweinefleisch rückt in diesem Zusammenhang verstärkt in den Fokus der öffentlichen Diskussionen. Aktuelle Studien zeigen, dass eine Reduktion an Umweltbelastung durch gezielte stickstoff- und phosphor-reduzierte Fütterungsstrategien in vergleichbaren Mast- und Schlachtleistungen resultiert (Krieg et al., 2023; Puntigam et al., 2024). Darüber hinaus ist ein Austausch von Sojaextraktionsschrot (SES) durch heimischen Sojakuchen in Schweinerationen nahezu vollständig möglich was durch die Ergebnisse aus dem Vulkanlandprojekt, sowie weiteren Versuchsanstellungen, bestätigt werden kann (Puntigam et al., 2022; 2025). Sojakuchen trägt gegenüber SES deutlich höhere Gehalte an Öl und damit Energie in Rationen ein, was sich in einer verminderten Schlachtleistung niederschlagen könnte. Diesem Umstand kann im Zuge der Rationskalkulation durch eine gezielte Kombination mit faserreichen, d.h. energieärmeren Futtermitteln entgegengesteuert werden. Vor diesem Hintergrund ist speziell die Integration von Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion, mit geringen human verwertbaren Anteilen und hohen Faseranteilen, interessant. Der Gehalt an Faser und dessen Fermentierbarkeit kann dabei stark variiert und beeinflusst die Prozesse entlang des Verdauungstraktes der Schweine unterschiedlich (Noblet, & Le Goff, 2001; Slama et al., 2019; Bachmann et al., 2021). Darauf basierend stellt die Abschätzung des energetischen Beitrages derer eine Ungewisse in der Rationskalkulation dar. Speziell eine ausgewählte Kombination aus Faserquellen mit unterschiedlichem Anteil an löslicher und unlöslicher Faser stellen hierzu eine spannende Fragestellung dar.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluss ausgewählte Faserfuttermittel-Kombinationen in Mais-Sojakuchen-basierten Rationen von Mastschweinen auf die Mast- und Schlachtleistung sowie ausgewählte Aspekte der Ökologie ausüben. Hierzu wurde regional verarbeiteter Sojakuchen als Eiweißfuttermittel genutzt und

ausgewählte Kombinationen aus heimischer Weizenkleie, Sojabohnenschalen und Buchweizenschalen in sehr stark stickstoff-(N)-reduzierte Rationen angewendet.

Erfasst wurden folgende Parameter:

- Nährstoffliche Charakterisierung der eingesetzten Faserfuttermittel
- Mastleistung (Lebendmasse, Tageszuwachs, Futterverbrauch und -aufwand)
- Schlachtleistung (Schlachtgewicht, Ausschachtung, Muskelfleischanteil, Fleisch- und Speckmaß)
- Umweltrelevante Aspekte (Rohproteininput, Stickstoff-(N)-Input, N-Ansatz, N-Ausscheidung, CO₂-Fußabdruck)

Material und Methoden

Der Schweinemastversuch wurde in den Stallungen der Land- und Forstwirtschaftlichen Fachschule Hatzendorf (LFS) in Zeitraum vom 21.05.2024 bis 12.09.2024 durchgeführt. Die Versuchsbetreuung erfolgte unter Absprache mit Herrn Telser von der LFS-Hatzendorf. Im Rahmen des Versuches wurden 64 Ferkel (F1 Kreuzungstiere der Rassen Pietrain x Weißes Edelschwein) ausgewählt und auf die vier Fütterungsgruppen aufgeteilt. Dabei wurde auf eine gleichmäßige Verteilung von Geschlecht, Wurf (d.h. Sau) und Lebensgewicht geachtet. Beim Einstellungsstermin wurde von neun Zuchtsauen Vierlinge gleichen Geschlechts mit ähnlichem Gewicht den vier Fütterungsgruppen zugeteilt.

Jeweils 16 Tiere wurden pro Box in einem klimatisierten Stall mit Vollspaltenboden gehalten und mit mehligem Futtermischungen über Futterautomaten *ad libitum* versorgt. Ebenso stand den Tieren stetig Trinkwasser über Nippeltränken zur freien Aufnahme zur Verfügung.

Die Rationsgestaltung im Zuge der Schweinemast gliederte sich für alle vier Futtergruppen in drei Phasen der Fütterung in Abhängigkeit der Lebendmasse der Tiere: Vormast (30 bis 60 kg LM), Mittelmast (60 bis 90 kg LM) und Endmast (90 bis 118 kg LM). Die Rationen der Gruppe 1 (Kontrollgruppe) bestanden vorrangig aus Maisganzkornsilage, Gerste, Sojakuchen sowie einem Mineralfuttermittel. Gerste diente in diesen Rationen somit als alleiniges Faserfuttermittel.

Diese Kontrollgruppe wurde mit drei Versuchsgruppen verglichen, die statt Gerste eine Kombination aus Sojaschalen, Weizenkleie und Buchweizenschalen enthielten. Die drei Komponenten wurden in einer Relation von 60:20:20 „on top“ auf die Grundmischung beigemischt (VM: 3%, MM: 6%, EM: 9%). Die Gruppe 2 war Sojaschalen betont (d.h. 60%), für die Gruppe 3 lag der Schwerpunkt auf Weizenkleie und bei der Gruppe 4 auf Buchweizenschale. In der Mittel- und Endmast wurde zur Energieergänzung auch Rapsöl in den Gruppen 2 bis 4 zugesetzt.

Der Gehalt an Rohprotein in der mittleren Mastmischung lag bei ca. 135 g/kg Trockenfutter (88 % TM) in der Kontrollgruppe und reduzierte sich in den Versuchsgruppen auf 130 g (Gruppe 2 und 3) bis auf 125 g (Gruppe 4). Er lag somit um 10 g bis 20 g unter den Vorgaben einer „sehr stark N-reduziert nach den Vorgaben der DLG (Merkblatt 418, 2019).

In der Tabelle 1 wird das Versuchsdesign sowie der Gehalt an Rohprotein und der Anteil an Sojakuchen, Sojaschalen, Weizenkleie bzw. Buchweizenschale in den Futtermischungen der Gruppen dargestellt. Die genauere Darstellung der Rationskalkulationen für die jeweiligen Fütterungsgruppen und -phasen wird in Tabelle 2 bis 4 veranschaulicht.

Tabelle 1: Darstellung des Versuchsdesigns

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Boxen, n	1	1	1	1
Tiere je Box, n	16	16	16	16
Tiere je Futtergruppe, n	16	16	16	16
Kastraten, n	8	8	8	8
Weibliche Tiere, n	8	8	8	8
Rohprotein, g/kg TF (analysiert)				
Vormast, 30-60 kg LM	159	154	152	155
Mittelmast, 60-90 kg LM	141	135	133	135
Endmast, 90-118 kg LM	113	110	109	100
Anteil Sojakuchen, % TF				
Vormast, 30-60 kg LM	21,52	21,22	21,22	21,22
Mittelmast, 60-90 kg LM	15,68	15,27	15,27	15,27
Endmast, 90-118 kg LM	9,74	9,23	9,23	9,23
Anteil Sojaschalen, % TF				
Vormast, 30-60 kg LM	-	3,50	1,19	1,19
Mittelmast, 60-90 kg LM	-	4,94	1,67	1,67
Endmast, 90-118 kg LM	-	6,40	2,16	2,16
Anteil Weizenkleie, % TF				
Vormast, 30-60 kg LM	-	1,19	3,50	1,19
Mittelmast, 60-90 kg LM	-	1,67	4,94	1,67
Endmast, 90-118 kg LM	-	2,16	6,40	2,16
Anteil Buchweizenschalen, % TF				
Vormast, 30-60 kg LM	-	1,19	1,19	3,50
Mittelmast, 60-90 kg LM	-	1,67	1,67	4,94
Endmast, 90-118 kg LM	-	2,16	2,16	6,40

TF, Trockenfutter (88 % Trockenmasse)

Tabelle 2: Rationszusammensetzung der Vormast (bezogen auf 88% TM)

Futtermittel, %	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Maisganzkornsilage	63,13	69,15	69,15	69,15
Gerste	11,65			
Sojakuchen	21,52	21,22	21,22	21,22
Sojaschalen		3,50	1,19	1,19
Weizenkleie		1,19	3,50	1,19
Buchweizenschalen		1,19	1,19	3,50
Mineralfutter – 12er Lysin	3,70	3,75	3,75	3,75

Tabelle 3: Rationszusammensetzung der Mittelmast (bezogen auf 88% TM)

Futtermittel, %	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Maisganzkornsilage	66,48	72,00	72,00	72,00
Gerste	14,11			
Sojakuchen	15,68	15,27	15,27	15,27
Sojaschalen		4,94	1,67	1,67
Weizenkleie		1,67	4,94	1,67
Buchweizenschalen		1,67	1,67	4,94
Rapsöl		0,67	0,67	0,67
Mineralfutter – 12er Lysin	3,73	3,78	3,78	3,78

Tabelle 4: Rationszusammensetzung der Endmast (bezogen auf 88% TM)

Futtermittel, %	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Maisganzkornsilage	69,89	74,90	74,90	74,90
Gerste	16,62			
Sojakuchen	9,74	9,23	9,23	9,23
Sojaschalen		6,40	2,16	2,16
Weizenkleie		2,16	6,40	2,16
Buchweizenschalen		2,16	2,16	6,40
Rapsöl		1,34	1,34	1,34
Mineralfutter – 12er Lysin	3,77	3,81	3,81	3,81

In der Tabelle 5 wird die deklarierte Zusammensetzung des eingesetzten Mineralfuttermittel dargestellt.

Tabelle 5: Deklarierter Nährstoffgehalt der Mineralstoffmischung

Nährstoffgehalt, FM	12er Lysin
Calcium, %	17,0
Natrium, %	5,0
Phosphor, %	3,0
Magnesium, %	-
Lysin, %	12,0
Methionin, %	4,0
Threonin, %	4,2
Tryptophan, %	0,8
Valin, %	1,2
Vitamin A, IE/kg	200.000
Vitamin D ₃ , IE/kg	50.000
Vitamin E, mg/kg	5.000
Vitamin E equi, mg/kg	667

Futtermittelanalysen

Die eingesetzten Einzelfuttermittel (Maisganzkornsilage, Gerste, Sojakuchen, Weizenkleie, Sojaschalen und Buchweizenschalen) sowie die Futtermischungen der jeweiligen Fütterungsgruppen wurden nach den amtlichen Methoden (VDLUFA, 2012) auf den Gehalt an Trockenmasse, Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Rohasche, Stärke, Zucker, Gerüstsubstanzen (aNDFom, ADFom, ADL) sowie den Gehalt an Ca und P untersucht. Daraus wurde der Gehalt an umsetzbarer Energie (MJ ME) nach Mischfuttermittelformel berechnet. Zusätzlich wurde der Gehalt an Aminosäuren der Einzelfuttermittel und Futtermischungen analytisch untersucht. Zur Beurteilung der Fermentationseigenschaften wurden die Faserfuttermittel sowohl einzeln als auch in Kombination anhand des Hohenheimer Futterwerttests hinsichtlich ihres Gasbildungsvermögens beurteilt.

Datenerhebungen

Wägungen: Ausgehend von dem Anfangsgewicht bei der Aufstallung wurden Gewichtsfeststellungen der Tiere im monatlichen Abstand ermittelt. Am Ende des Versuchs wurden die verbleibenden Tiere an jedem Schlachtermin jener Tiere, welche bereits das Schlachtgewicht erreicht hatten (ca. 115 kg LM) gewogen. Aus der Lebendmasse wurde der Zuwachs ermittelt und unter Verrechnung mit den Futtertagen die Lebendmassezunahme je Tag kalkuliert.

Futtermittelfverbrauch: Die pro Box und Abschnitt verbrauchten Futtermengen wurden bei jeder Wiegung dokumentiert. Die Darstellung in den Tabellen und bei den darauf aufbauenden Berechnungen erfolgte stets auf Basis der Verrechnung auf Trockenfutter (88%) um eine Vergleichbarkeit mit weiteren Studien zu erreichen.

Futtermaterialeinsatz: Die Relation der je Box und Abschnitt verbrauchte Futtermenge zur Summe der Lebendgewichtszunahmen der Tiere je Box wurde berechnet.

Behandlungen, Ausfälle und Krankheiten: Diese wurden mit Tiernummer, Datum, Gewicht und Ursache festgehalten.

Schlachtung: Um die Schlachtleistung der Tiere genauer darstellen zu können, wurden die Mastschweine an zwei Terminen je Einstellungstermin geschlachtet. Dadurch konnte ein Schlachtgewicht mit geringer Streuung zwischen den Tieren sichergestellt werden. Dies entspricht ebenfalls den praktischen Gegebenheiten. Neben dem Lebendgewicht wurden das Schlachtgewicht sowie die Parameter Ausschlagung, Fleisch- und Speckmaß ermittelt und daraus der Magerfleischanteil (MFA-%) errechnet.

Weiterführende Berechnungen

- **Berechnung der N-Ausscheidung**

Die Vorgehensweise bei der Berechnung der N-Nährstoffausscheidung wird durch eine sogenannte „Massenbilanz“ beschrieben und folglich veranschaulicht. Die Nährstoff-Ausscheidungen ergeben sich aus der Differenz der Nährstoffaufnahme mit dem Futter und dem Nährstoffansatz durch den Zuwachs der Schweine.

Nährstoffaufnahme über das Futter	-	Nährstoffansatz im Produkt	=	Nährstoffaus- scheidung
--------------------------------------	---	-------------------------------	---	----------------------------

Zur Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere sind Tabellen und Berechnungsansätze im DLG Bd.199, Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage (DLG, 2014) beschrieben.

- **Berechnung des CO₂-Fußabdruckes und heFCE Wertes**

Die Berechnung des CO₂-Fußabdruckes erfolgte nach Angaben einschlägiger Literatur. Hierzu wurden die durchschnittlich verbrauchten Futtermengen an Einzel- und Mineralfuttermittel je Mastschwein verrechnet.

Analysenergebnisse der Einzelfuttermittel und Futtermischungen

Einzelfuttermittel

In der Tabelle 6 werden Ergebnisse der Nährstoffanalysen der eingesetzten Einzelfuttermittel und der, aus diesen Daten berechnete Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) dargestellt. Der Gehalt an Trockenmasse der Maisganzkornsilage (GKS) entspricht den Werten aus der Praxis. Auch der Gehalt an Rohprotein der Gerste (ca. 110 g/kg) entspricht den Angaben aus der Literatur. Der Sojakuchen weist mit über 483 g/kg Rohprotein einen sehr hohen Gehalt aus, dieser Umstand ist auf den geringen Restfettgehalt (71 g/kg) zurückzuführen.

Mit knapp 160 g/kg Rohprotein und ca. 120 g/kg Rohfaser entspricht die Weizenkleie üblichen Werten aus der Literatur, speziell betont werden soll der hohe Gehalt an P, der ebenfalls mit Werten aus der Literatur vergleichbar ist. Weizenkleie ist eines der am häufigsten verwendeten Faserfuttermittel. Sie weist mit 39 g/kg Lignin (ADL) bzw. 134 g/kg ADF (Cellulose + Lignin) im Vergleich zu den beiden weiteren Faserfuttermitteln den geringsten Fasergehalt auf.

Laut Literatur weisen Sojaschalen einen etwa doppelt so hohen Anteil an bakteriell fermentierbarer Substanz gegenüber Weizenkleie und auch eine höhere Wasserhaltefähigkeit auf. Der Ligningehalt der untersuchten Sojaschalen war mit 15 g/kg ebenfalls deutlich geringer als bei der Weizenkleie. Im Gegensatz dazu ist der ADF-Gehalt etwa doppelt. Der Rohproteingehalt ist mit 209 g/kg um etwa 25% höher im Vergleich zur Weizenkleie.

Die Buchweizenschalen setzen sich analytisch kaum aus Rohprotein zusammen, weisen demgegenüber aber sehr hohe Gehalte an Faser auf (ca. 300g/kg Lignin und ca. 690 g/kg ADF). Darauf basierend liefert diese Faserfuttermittel nahezu keine umsetzbare Energie im Vergleich zur Weizenkleie und Sojabohnenschale.

Tabelle 6: Analysenergebnisse der verwendeten Einzelfuttermittel, g/kg FM

Inhaltsstoff	GKS-Mais	Gerste	Soja-kuchen	Soja-kuchen	Soja-schalen	Weizen-kleie	Buchweiz-enschalen
Trockenmasse	705	898	921	969	895	885	908
Rohasche	10	27	57	66	50	58	14
Rohprotein	53	114	483	488	209	157	27
Rohfaser	16	56	48	43	244	121	576
Rohfett	28	23	71	88	77	55	4
Stärke	557	529	9	7	59	140	14
Zucker	7	26	91	101	43	66	-
Energie (MJ ME)	11,7	12,7	15,7	15,6	7,4	7,5	0,8
NDF, g/kg	57	181	140	202	390	440	783
ADF, g/kg	20	60	60	60	281	134	689
ADL, g/kg	4	-	-	-	15	39	296

Hinsichtlich des Gasbildungsvermögens weisen die Ergebnisse des Hohenheimer Futterwert Tests die höchsten Werte für Sojaschalen, gefolgt von Weizenkleie und Buchweizenschalen auf (Tabelle 7). In den kombinierten Fasermischungen wird diese Reihenfolge bestätigt (Abbildung 1). Somit lässt sich rückschließen, dass Faserkombinationen mit hohen Anteilen an Weizenkleie und Sojaschalen gegenüber Buchweizenschalen einen höheren Beitrag zur energetischen Versorgung der Schweine beitragen dürften. Der Zusammenhänge zwischen den Faserbestandteile (aNDFom, ADFom und ADL), der kalkulierten umsetzbaren Energie und der Gasbildung ist in Abbildung 2 und 3 ergänzend beigefügt.

Tabelle 7: Erweiterte Analysenergebnisse der verwendeten Faserfuttermittel, g/kg FM

Parameter	Einzelfuttermittel			Fasermischungen (60:20:20)		
	Soja-schalen	Weizen-kleie	Buchweizen-schalen	Soja-schalen	Weizen-kleie	Buchweizen-schalen
Energie, MJ ME /kg	7,43	7,52	0,79	6,1	6,2	3,5
Gasbildung* in ml/ 200mg	53,6	43,1	2,6	42,1	37,0	20,2

* nach Hohenheimer Futterwert Test

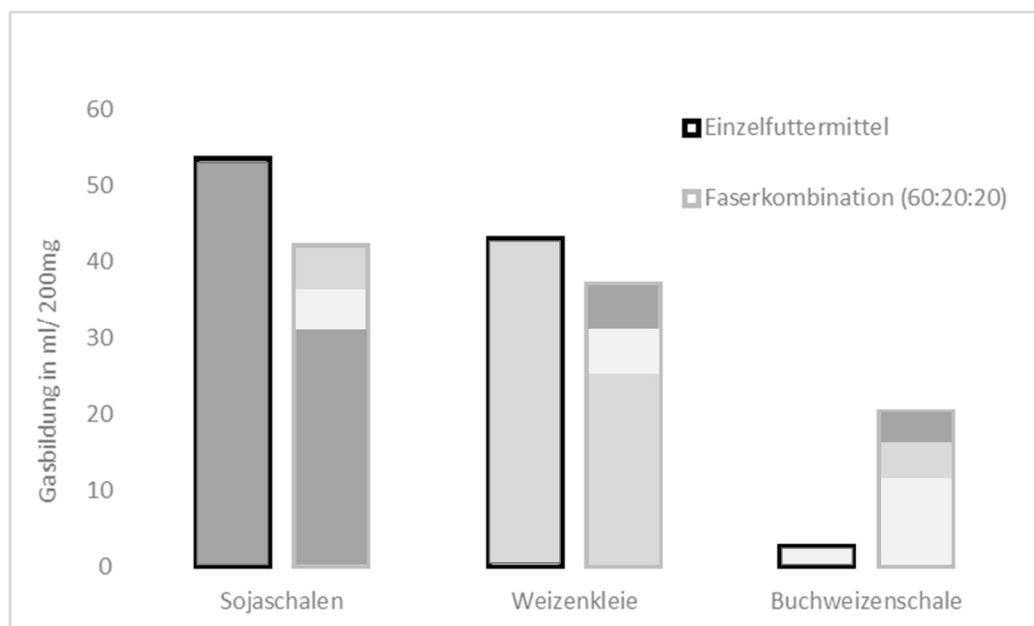


Abbildung 1: Darstellung des Gasbildungsvermögens (HFT) der Faserträger als Einzelkomponente sowie der eingesetzten Faserkombinationen (60:20:20).

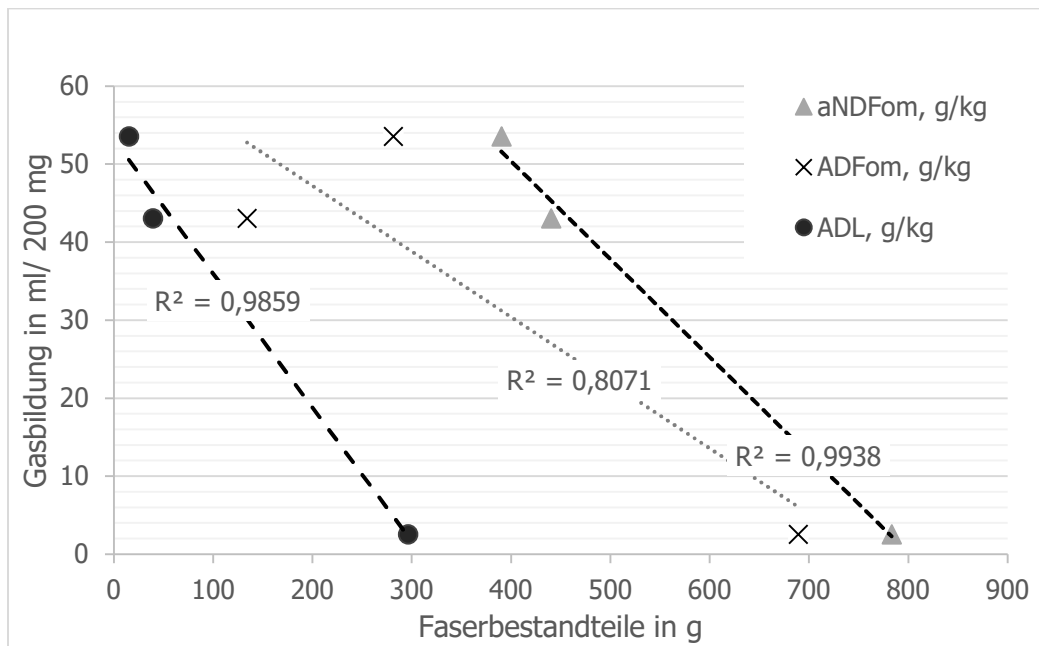


Abbildung 2: Zusammenhänge zwischen Faserbestandteilen (aNDFom, ADFom, ADL) und Gasbildungsvermögen (HFT) für Sojaschalen, Weizenkleie und Buchweizenschale.

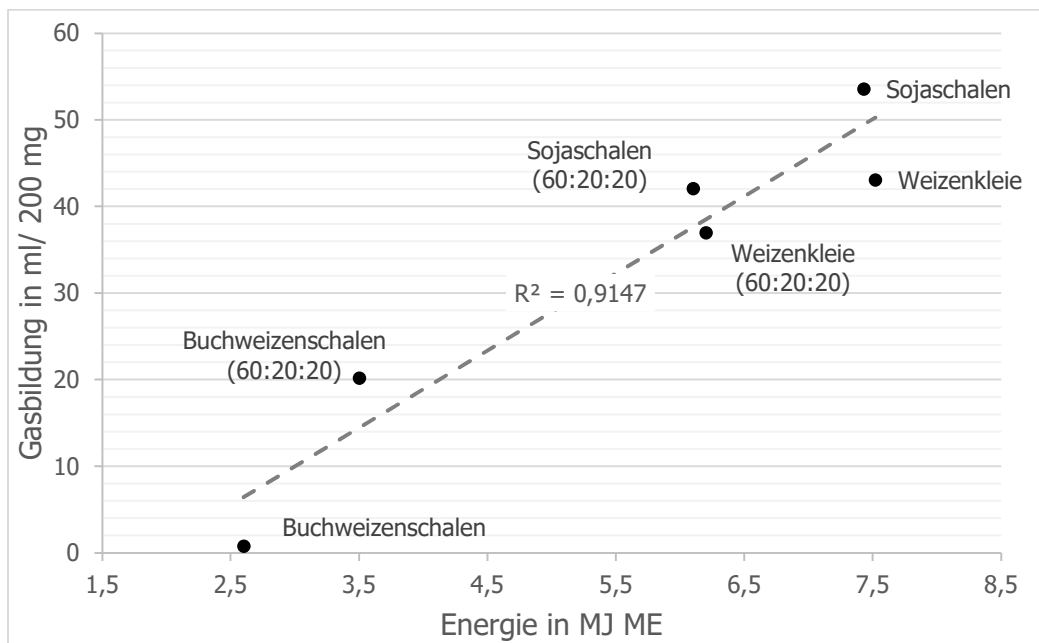


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen umsetzbarer Energie (MJ ME) und Gasbildungsvermögen (HFT) für Sojaschalen, Weizenkleie und Buchweizenschale sowie deren Mischungen.

Futtermischungen

Die Ergebnisse der Nährstoffanalysen und der daraus errechnete Gehalt an umsetzbarer Energie der Futtermischungen wird in den Tabellen 8 bis 10 dargestellt. Zusätzlich werden in den Tabellen 11 bis 13 die Ergebnisse der Analytik der Aminosäuren der Futtermischungen veranschaulicht.

In der Vormast lag der Rohproteingehalt der vier Gruppen zwischen 152 und 159 g/kg, der Gehalt an umsetzbarer Energie variierte zwischen 13,3 und 14,0 MJ/kg. In der Mittelmast betrug der Rohproteingehalt der vier Gruppen zwischen 133 und 141 g/kg. Der Gehalt an umsetzbarer Energie variierte von 13,2 bis 13,9 MJ/kg. Mit den höchsten Einsatzmengen an Faserfuttermitteln in der Endmast, reduzierte sich der Rohproteingehalt auf einen Bereich von 100 g/kg bei der Buchweizenschalen-betonten Gruppe 4 sowie 109 bis 113 g/kg bei den weiteren drei Futtergruppen. Auch bezüglich des Gehaltes an umsetzbarer Energie lag der Gehalt der Gruppe 4 mit 12,8 MJ/kg deutlich unter den Energiedichten der weiteren Gruppen (13,3 bis 14,0 MJ/kg).

Tabelle 8: Analysenergebnisse der Futtermischung in der Vormast (88% TM)

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Trockenmasse g/kg FM	769	759	758	761
Rohasche, g/kg	44	46	47	43
Rohprotein, g/kg	159	154	152	155
Rohfett, g/kg	41	43	45	41
Rohfaser, g/kg	25	38	33	43
aNDFom, g/kg	100	120	114	148
ADFom, g/kg	32	53	42	60
ADL, g/kg	1	4	7	14
Stärke, g/kg	507	488	504	493
Zucker, g/kg	14	15	12	11
Umsb. Energie, MJ ME/kg	14,02	13,49	13,71	13,33
Kalzium, g/kg	6,9	7,9	8,1	7,1
Phosphor, g/kg	4,4	4,5	4,4	4,4

Tabelle 9: Analysenergebnisse der Futtermischung in der Mittelmast (88% TM)

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Trockenmasse g/kg FM	763	757	759	759
Rohasche, g/kg	40	45	44	31
Rohprotein, g/kg	141	135	133	135
Rohfett, g/kg	39	46	50	49
Rohfaser, g/kg	26	45	40	47
aNDFom, g/kg	105	127	128	134
ADFom, g/kg	36	56	56	63
ADL, g/kg	3	9	9	17
Stärke, g/kg	541	505	486	498
Zucker, g/kg	15	14	17	15
Umsb. Energie, MJ ME/kg	13,93	13,19	13,45	13,40
Kalzium, g/kg	6,1	8,0	7,6	3,7
Phosphor, g/kg	3,8	4,0	4,5	3,3

Tabelle 10: Analysenergebnisse der Futtermischung in der Endmast (88% TM)

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Trockenmasse g/kg FM	748	741	738	742
Rohasche, g/kg	41	43	40	44
Rohprotein, g/kg	113	110	109	100
Rohfett, g/kg	43	55	52	47
Rohfaser, g/kg	21	47	40	52
aNDFom, g/kg	83	113	117	118
ADFom, g/kg	28	55	51	66
ADL, g/kg	3	11	12	24
Stärke, g/kg	566	548	560	514
Zucker, g/kg	13	12	22	18
Umsb. Energie, MJ ME/kg	14,01	13,23	13,49	12,78
Kalzium, g/kg	7,1	7,5	6,8	7,9
Phosphor, g/kg	4,1	3,4	4,1	3,8

Tabelle 11: Analysenergebnisse der Aminosäuren in den Futtermischungen der Vormast (88% TM)

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Alanin, g/kg	7,6	7,4	7,4	7,4
Arginin, g/kg	9,4	9,2	9,0	8,8
Asparaginsäure, g/kg	13,2	12,7	12,5	13,0
Cystein, g/kg	3,1	2,9	2,9	2,7
Glutaminsäure, g/kg	23,6	22,3	22,1	22,7
Glycin, g/kg	6,1	5,9	5,9	5,8
Histidin, g/kg	3,7	3,6	3,5	3,4
Isoleucin, g/kg	5,3	5,1	5,1	5,0
Leucin, g/kg	11,7	11,2	11,4	11,0
Lysin, g/kg	11,4	11,4	11,3	11,2
Methionin, g/kg	3,4	3,5	3,5	3,2
Phenylalanin, g/kg	7,0	6,8	6,6	6,6
Prolin, g/kg	10,5	9,6	9,3	8,7
Serin, g/kg	7,4	7,2	7,1	7,3
Threonin, g/kg	6,5	6,4	6,2	6,1
Tyrosin, g/kg	4,6	4,5	4,4	4,1
Valin, g/kg	6,2	6,2	6,1	5,5

Tabelle 12: Analysenergebnisse der Aminosäuren in den Futtermischungen der Mittelmast (88% TM)

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Alanin, g/kg	6,6	6,5	6,7	6,8
Arginin, g/kg	7,0	7,0	7,3	7,5
Asparaginsäure, g/kg	10,9	10,5	10,9	11,0
Cystein, g/kg	2,7	2,4	2,5	2,7
Glutaminsäure, g/kg	19,7	18,3	19,1	19,6
Glycin, g/kg	5,1	5,0	5,2	5,2
Histidin, g/kg	2,9	2,9	2,9	3,0
Isoleucin, g/kg	3,9	3,9	3,7	3,9
Leucin, g/kg	9,1	9,3	9,0	9,8
Lysin, g/kg	9,3	9,8	10,2	8,4
Methionin, g/kg	3,0	3,0	3,1	2,9
Phenylalanin, g/kg	5,6	5,5	5,7	5,6
Prolin, g/kg	7,7	7,2	6,8	8,0
Serin, g/kg	6,4	6,0	6,2	6,4
Threonin, g/kg	5,4	5,4	5,6	5,4
Tyrosin, g/kg	3,3	3,4	3,2	3,7
Valin, g/kg	4,5	4,9	5,0	4,8

Tabelle 13: Analysenergebnisse der Aminosäuren in den Futtermischungen der Endmast (88% TM)

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Alanin, g/kg	5,6	5,5	5,5	5,4
Arginin, g/kg	5,5	5,1	4,7	5,1
Asparaginsäure, g/kg	8,5	8,3	7,9	8,3
Cystein, g/kg	2,4	2,3	2,3	2,2
Glutaminsäure, g/kg	16,8	14,8	14,4	14,9
Glycin, g/kg	4,1	4,1	4,0	4,1
Histidin, g/kg	2,5	2,3	2,1	2,3
Isoleucin, g/kg	3,3	3,1	2,9	3,1
Leucin, g/kg	7,9	7,7	7,5	7,8
Lysin, g/kg	8,7	8,5	8,0	8,3
Methionin, g/kg	3,0	2,9	2,6	2,8
Phenylalanin, g/kg	4,8	4,1	4,0	4,2
Prolin, g/kg	7,0	6,8	6,8	6,2
Serin, g/kg	5,1	4,9	4,8	4,9
Threonin, g/kg	5,0	4,7	4,5	4,7
Tyrosin, g/kg	2,7	2,6	2,3	2,9
Valin, g/kg	3,9	3,8	3,8	4,0

Zootechnische Leistungen

In dieser Fütterungsstudie nahm die Vormastphase eine Zeitspanne von 29 und die Mittelast eine Zeitspanne von 30 Tagen ein. Die Endmastphase betrug zwischen 25 und 55 Tage. Diese unterschiedliche Dauer der Mast gewährleistete ähnliche Schlachtgewichte zum Mastende.

Aus Tabelle 14 gehen die Ergebnisse der Mastleistung hervor. In der Gewichtsentwicklung unterschieden sich die Gruppen nur zufällig. Bezüglich der Tageszunahmen trat eine signifikante Verschlechterung der Gruppe 4 um ca. 13% in der Endmast gegenüber der Kontrollgruppe auf. Dieser Umstand kann auf den sehr hohen Anteil an Buchweizenschade und der damit reduzierten Energie- und Nährstoffdichte zurückgeführt werden. Die weiteren beiden Gruppen 2 und 3 erreichten Leistungen, die sich nur zufällig von der Kontrollgruppe unterschieden. Über die gesamte Mastperiode betrachtet, zeigte die Gruppe mit hohen Buchweizenanteile tendenziell um 7% geringere Tageszunahmen.

In der Vormast war der durchschnittliche Futterverbrauch je Tier und Tag in den Gruppen ident. In der Mittelmast reduzierte sich der tägliche Futterverbrauch in den Versuchsgruppen zwischen 7 und 10%. In der Endmast lag der Futterverbrauch in den Gruppen 2 und 3 um 4 bzw. 6% hinter jener der Kontrollgruppe. Im Gegensatz dazu war die Futtermenge je Tier und Tag für die Gruppe 4 in gleicher Höhe wie bei der Kontrollgruppe (Tabelle 15).

Der Futteraufwand in der Vor- und Mittelmast zeigte für alle Gruppen ähnliche Ergebnisse. In der Endmast erreichte die Gruppe 4 einen um 10% schlechteren Futteraufwand im Vergleich zu den drei weiteren Gruppen, erklärbar durch die um 100 g geringere Tageszunahmen (Tabelle 15).

Tabelle 14: Ergebnisse der Lebendmasseentwicklung und Tageszunahmen

Merkmal	Gruppe				SEM	P-Wert		
	1	2	3	4		FG	Sex	FG x Sex
Lebendmasse, kg								
Versuchsbeginn	36,7	37,3	35,7	36,4	0,62	0,844	0,049	0,964
Ende Vormast	64,5	65,5	64,3	65,2	0,81	0,942	0,004	0,991
Ende Mittelmast	92,8	92,3	90,6	91,1	1,00	0,839	0,001	0,951
Ende Endmast	121,3	120,5	123,0	119,3	0,24	0,246	0,761	0,535
Tageszunahme, g/Tag								
Vormast	956	973	987	994	13,91	0,758	0,007	0,569
Mittelmast	946	892	878	863	15,18	0,223	0,034	0,830
Endmast	791	780	781	692	14,30	0,040	0,016	0,376
Gesamt	896	876	875	837	9,73	0,080	<0,001	0,813

Tabelle 15: Ergebnisse des Futteraufwandes sowie des Futterverbrauchs und der Futterverwertung

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Futteraufwand, kg TF (88 % TM)/kg Zunahme				
Vormast	1,89	1,87	1,87	1,85
Mittelmast	2,40	2,40	2,37	2,41
Endmast	2,87	2,91	2,89	3,17
Gesamt	2,38	2,38	2,39	2,48
Futterverbrauch, kg TF (88 % TM)/Tag				
Vormast	2,42	2,44	2,44	2,43
Mittelmast	3,03	2,83	2,78	2,74
Endmast	3,06	2,87	2,80	3,02
Gesamt	2,85	2,73	2,69	2,76
Futtermenge je Tier und Mastphase, kg TF (88 % TM)				
Vormast	52,7	53,1	53,0	53,0
Mittelmast	68,3	63,6	62,5	61,7
Endmast	80,1	78,5	85,3	89,4
Gesamt	201,0	195,3	200,8	204,1

In der Tabelle 16 sind die bedeutsamsten Schlachtleistungsmerkmale ersichtlich. Es konnte nachgewiesen werden, dass zwischen den Fütterungsgruppen keine statistisch nachweisbaren Unterschiede auftraten ($p > 0,05$). Besonders hervorzuheben ist der extrem

hohe Magerfleischanteil von durchschnittlich 62 bis 63% für alle vier Gruppen. Das Speckmaß reduzierte sich tendenziell in den Versuchsgruppen.

Tabelle 16: Ergebnisse der Schlachtleistung

Merkmal	Gruppe				SEM	P-Wert		
	1	2	3	4		FG	Sex	FG x Sex
Schlachtgewicht, kg	98,5	97,8	99,5	97,0	0,51	0,414	0,929	0,721
Ausschlachtung, %	81,2	81,1	80,9	81,3	0,22	0,919	0,531	0,631
Muskelfl.-anteil, %	62,1	63,1	62,9	62,9	0,29	0,521	<0,001	0,724
Fleischmaß, mm	83,1	83,5	83,1	83,1	0,75	0,997	0,856	0,319
Speckmaß, mm	12,4	11,5	11,0	10,9	0,44	0,520	<0,001	0,918

In diesem Versuch wurde zur Gänze auf importierten Sojaextraktionsschrot verzichtet. Sojakuchen ersetzte diesen als einziges Eiweißfuttermittel. Gerste wurden in den Gruppen 2 bis 4 durch faserreiche Futtermittel (Sojaschalen, Weizenkleie, Buchweizenschale) ersetzt. Die genauen Mengen je Tier sind für die drei Mastabschnitte in der Tabelle 17 ersichtlich.

Tabelle 17: Verbrauch an Einzelfuttermittel in den einzelnen Mastabschnitten

Menge in kg TF je Tier	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Vormast				
Maisganzkornsilage	33,24	36,72	36,65	36,62
Sojakuchen	11,33	11,27	11,25	11,24
Gerste	6,13	-	-	-
Mineralfutter	1,95	1,99	1,99	1,99
Sojaschalen	-	1,86	0,63	0,63
Weizenkleie	-	0,63	1,86	0,63
Buchweizenschale	-	0,63	0,63	1,85
Mittelmast				
Maisganzkornsilage	45,38	45,81	45,02	44,42
Sojakuchen	10,70	9,71	9,55	9,42
Gerste	9,63	-	-	-
Mineralfutter	2,55	2,40	2,36	2,33
Rapsöl	-	0,43	0,42	0,41
Sojaschalen	-	3,14	1,04	1,03
Weizenkleie	-	1,06	3,09	1,03
Buchweizenschale	-	1,06	1,04	3,05
Endmast				
Maisganzkornsilage	55,96	58,82	63,89	66,98
Sojakuchen	7,80	7,25	7,87	8,25
Gerste	13,31	-	-	-
Mineralfutter	3,02	2,98	3,24	3,40
Rapsöl	-	1,05	1,14	1,20
Sojaschalen	-	5,02	1,85	1,94
Weizenkleie	-	1,70	5,45	1,94
Buchweizenschale	-	1,70	1,85	5,71

Die Futtermengen für die gesamte Mast werden in der Tabelle 18 zusammengefasst dargestellt. Als Eiweißfuttermittel wurde bei den verschiedenen Gruppen 28 bis 29 kg heimischer Sojakuchen verwendet. Die in der Kontrollgruppe eingesetzten 29 kg Gerste wurden in der Gruppe 2 durch 10 kg Sojaschalen, 1,5 kg Rapsöl sowie je 3,4 kg Weizenkleie und Buchweizenschalen ersetzt. In der Gruppe 3 wurde 1,6 kg Rapsöl, 10,4 kg Weizenkleie sowie je 3,5 kg Sojaschalen und Buchweizenschalen je Mastschwein verfüttert. Für die Gruppe 4 wurden 1,6 kg Rapsöl, 10,6 kg Buchweizenschalen sowie je 3,6 kg Sojaschalen und Weizenkleie verwendet.

Tabelle 18: Verbrauch an Einzelfuttermittel in der gesamten Mast

Menge in kg (TF) je Tier	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Maisganzkornsilage	134,58	141,35	145,56	148,01
Sojakuchen	29,84	28,23	28,67	28,91
Gerste	29,08	-	-	-
Mineralfutter	7,51	7,38	7,59	7,72
Rapsöl	-	1,48	1,56	1,61
Sojaschalen	-	10,02	3,53	3,60
Weizenkleie	-	3,40	10,39	3,60
Buchweizenschale	-	3,40	3,53	10,61

Neben dem Futterverbrauch und -aufwand wurden ebenfalls die Energieaufnahme und deren Verwertung je Tier berechnet (Tabelle 19).

Der Energiebedarf (ME) je kg Zunahme war in der Gruppe 2 mit hohem Sojaschalenanteil um etwa 5% geringer als in der Gruppe 1. In der Gruppe 3 (Weizenkleie betont) war der Bedarf um etwa 3% hinter der Gruppe 1. Die Gruppe 4 (Buchweizenschale) erreichte in der Vormast eine 7% geringere Energieaufnahme je kg Zuwachs. Mit steigenden Mengen in der Mittelmast reduzierte sich der Vorteil in der Buchweizenschalengruppe auf 3% und auf ein ähnliches Niveau in der Endmast.

Die Aufnahme an umsetzbarer Energie je Tier und Tag war in der Vormast bei den vier Gruppen auf ähnlichem Niveau. In den weiteren Mastphasen und auch über den gesamte Mastbereich betrachtet, lag die Energieaufnahme den Fasergruppen um mehr als 10% unter der Gruppe 1.

In der Tabelle 20 werden die kalkulierte N-Aufnahmen sowie die N-Ausscheidung dargestellt. Der mittlere gewichtete Gehalt an analysiertem Rohprotein über die gesamte Mast unterschied sich zwischen den Gruppen (Gruppe 1 - 134 g/kg; Gruppe 2 - 130 g/kg; Gruppe 3 - 128 g/kg; Gruppe 4 – 125 g/kg). Die N-Aufnahme lag über die gesamte Mast betrachtet in den Gruppen 2 bis 4 um 4 bis 5% unter der Kontrollgruppe. Dies führte zu einer Reduktion der Ausscheidung bei den Fasergruppen von 9 bis 10% gegenüber der Gruppe 1. Die N-Ausscheidung aller Gruppen lag zwischen 23 und 26 g je kg Zuwachs. Diese Werte sind durch die extrem abgesenkten Rohproteingehalt in den Futtermischungen sehr gering gegenüber praxisüblichen Ergebnissen.

Tabelle 19: Verbrauch an Energie (MJ ME) je Tier und Phase

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
MJ ME je Tier und Abschnitt				
Vormast	738	716	727	706
Mittelmast	951	839	841	826
Endmast	1122	1039	1151	1143
Gesamt	2811	2594	2718	2675
MJ ME je kg Zunahme				
Vormast	26,45	25,20	25,71	24,69
Mittelmast	33,36	31,71	31,88	32,33
Endmast	40,18	38,43	38,92	40,55
Gesamt	33,33	31,67	32,28	32,49
MJ ME Aufnahme je Tag				
Vormast	25,45	24,70	25,06	24,35
Mittelmast	31,69	27,98	28,03	27,54
Endmast	32,12	29,06	28,58	28,22
Gesamt	29,93	27,38	27,39	26,89

Tabelle 20: Kalkulation der N-Aufnahme und N-Ausscheidung je Mastschwein

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Vormast				
N-Aufnahme, g	1.342	1.308	1.286	1.310
N-Ausscheidung, g	627	581	562	578
Mittelmast				
N-Aufnahme, g	1.538	1.375	1.334	1.333
N-Ausscheidung, g	808	697	659	679
Endmast				
N-Aufnahme, g	1.443	1.388	1.489	1.435
N-Ausscheidung, g	728	696	732	714
Gesamt				
N-Aufnahme, g	4.323	4.071	4.109	4.078
N-Ausscheidung, g	2.164	1.974	1.954	1.970
N-Ausscheidung pro kg Zuwachs, g	25,7	24,1	23,2	23,9
Durchschnittlicher gew. Rohproteingehalt, g/kg	134	130	128	125

In der Tabelle 21 werden die je Tier aufgenommenen zugesetzten essentiellen Aminosäuren dargestellt. Zwischen den Gruppen traten nur geringe Unterschiede auf. Durch den Einsatz von Sojakuchen an Stelle von Sojaextraktionsschrot wurde in diesem Versuch bei allen Gruppen der CO₂-Fußabdruck je Mastschwein gegenüber der üblichen Praxis stark reduziert. Durch den Einsatz von Faserfuttermitteln reduzierte sich der CO₂-Fußabdruck je Mastschwein zwischen 8 und 12% gegenüber der Kontrollgruppe 1.

Tabelle 21: CO₂-Fußabdruck (CFP) und Einsatzmengen von zugesetzten essentiellen Aminosäuren

Merkmal	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Lysin, g	902	886	911	926
Methionin, g	301	295	304	309
Threonin, g	316	310	319	324
Tryptophan, g	60	59	61	62
Valin, g	90	89	91	93
CFP (kg CO ₂ -eq) / kg Futter	0,28	0,25	0,25	0,25
CFP (kg CO ₂ -eq / Mastschwein	56,10	49,23	50,72	51,53
Relativ je Mastschwein	100	88	90	92

CFP (kg CO₂-eq) / kg feed - Gewichtet (feedprint/LfL)

CFP (kg CO₂-eq / Gesamtfuttermittelverbrauch für 1 Mastschwein

Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluss ausgewählte Faserfuttermittel-Kombinationen in Mais-Sojakuchen-basierten Rationen von Mastschweinen auf die Mast- und Schlachtleistung ausüben. Hierzu wurde Sojakuchen als Eiweißfuttermittel genutzt und ausgewählte Kombinationen aus Weizenkleie, Sojabohnenschalen und Buchweizenschalen in sehr stark stickstoff-(N)-reduzierte Rationen angewendet.

- Bezüglich der Mastleistungen traten zwischen den vier Gruppen bei einem hohen Leistungsniveau nur geringe Unterschiede bei den Gruppen mit sojaschalen- bzw. weizenkleiebetonten Mischungen zur Kontrollgruppe in den ermittelten Parametern auf. Die buchweizenbetonte Fütterung führte in der Endmast (höchster Faseranteil im Futter im Vergleich zur Vor- bzw. Mittelmast) zu einer deutlichen Verschlechterung der Tageszunahmen.
- Bezüglich des Muskelfleischanteils zeigten alle vier Gruppen mit durchschnittlich 62 – 63% sehr hohe Werte.

- Die Nahrungsmittelkonkurrenz konnte durch den Ersatz von ca. 30 kg Gerste durch Faserfuttermittel (Weizenkleie, Sojaschalen und Buchweizenschalen) und etwa 1,5 kg Rapsöl deutlich reduziert werden.
- Der mittlere gewichtete Gehalt an analysiertem Rohprotein über die gesamte Mast unterschied sich zwischen den Gruppen deutlich (Gruppe 1 - 134 g/kg; Gruppe 2 - 130 g/kg; Gruppe 3 - 128 g/kg; Gruppe 4 – 125 g/kg). Die N-Ausscheidung aller Gruppen lag zwischen 23 und 26 g je kg Zuwachs. Diese Werte sind durch die extrem abgesenkten Rohproteingehalt in den Futtermischungen sehr gering gegenüber praxisüblichen Werten.
- Durch den Einsatz von Sojakuchen statt Sojaextraktionsschrot wurde in diesem Versuch bei allen Gruppen der CO₂-Fußabdruck je Mastschwein gegenüber der üblichen Praxis stark reduziert. Durch den Einsatz von Faserfuttermitteln reduzierte sich der CO₂-Fußabdruck je Mastschwein zwischen 8 und 12% gegenüber der Kontrollgruppe.

Zusammenfassend kann dargestellt werden, dass mittels Supplementierung eines höherwertigen Mineralfuttermittels und dem Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Sojakuchen sehr gute Mast- und Schlachtleistungen unter reduzierter Umweltbelastung möglich sind. Auch der Einsatz hoher Human nicht verwertbarer Mengen an regionalen Faserfuttermitteln ist möglich.

Danksagung

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



**Klima- und Energie-
Modellregionen**
Wir gestalten die Energiewende

