Einfluss verschiedener Erbsenprodukte in der Ferkelfütterung

Versuchsbericht

SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau

ABSCHLUSSBERICHT
zum Teilprojekt

Einfluss verschiedener Erbsenprodukte in der Ferkelfütterung

IMPRESSUM

Herausgeber: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau
Sachsen-Anhalt
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg
www.llg.sachsen-anhalt.de

Autor: Dr. M. Weber
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden
Lindenstraße 18
D-39606 Iden
E-Mail: Manfred.Weber@llg.mule.sachsen-anhalt.de

Arbeitsgruppe: Dr. M. Weber, Antje Grimmer, Ulf Gieschler
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden
Lindenstraße 18
D-39606 Iden

Versuchsanstalt: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden
Lindenstraße 18
D-39606 Iden

Versuchspartner: FU Berlin, Prof. Jürgen Zentek und Dr. Wilfried Vahjen Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Prof. Gerhard Bellof
unter Förderung der UFOP

Seitenanzahl: 13

Datum: 22.2.2023

Titelbild: Weber, LLG

Rechtshinweis:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Eine Veröffentlichung und Vervielfältigung (auch auszugsweise) ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

1 Ziel der Untersuchung

Die Faserversorgung unserer Schweine rückt in der letzten Zeit immer mehr in den Blickpunkt der Tierernährer. Besonders spielen dort die Darmgesundheit und die Auswirkungen auf das Schwanzbeißen eine Rolle. Daher wird immer geraten die Faserversorgung durch sogenannte „Fasermixe“, also Mischungen aus unterschiedlichen faserhaltigen Futtermitteln zu gewährleisten. Damit wird den Stärken und Schwächen der einzelnen Futtermittel Rechnung getragen. Häufig wird aber aus Kostengründen auf den günstigen Faserträger wie Weizenkleie zurückgegriffen. Dieser hat zwar einen recht hohen Anteil an Rohfaser, aber dafür auch einen sehr hohen Gehalt an Phosphor. Der Einsatz in stark P-reduzierten Rationen ist deshalb begrenzt. Auch die immer wieder auftauchenden Belastungen mit Mykotoxinen bergen Gefahren in sich.
Eine in der deutschen Schweinefütterung bisher wenig beachtete Rohstoffgruppe, die dort als Ersatz eingesetzt werden könnte, sind Nebenprodukte der Erbsenverarbeitung. Sie fallen bei der Produktion von Erbsenstärke und –eiweiß an. Im Zuge der UFOP-Strategie 10+10 (10% der deutschen Ackerfläche sollten jeweils mit Körnerleguminosen und Raps bestellt werden) könnten möglicherweise von diesen Erbsenprodukten in Zukunft mehr anfallen, da auch in der Humanernährung Erbsenstärke und –eiweiß stärker gefragt werden.
Erste Ergebnisse aus Versuchen beim Schwein mit höheren Gehalten an Erbsen im Mastschweinefutter zeigten einen besseren Futteraufwand in den Erbsengruppen. Da aber nicht klar ist, welchem Teil der Erbse dieses zuzuordnen ist, soll im folgenden Versuch mit unterschiedlichen Teilen der Erbse, diesem Effekt in der Ferkelaufzucht einmal nachgegangen werden.

2 Prüfeinrichtung

Die Untersuchung wurde in der Lehrwerkstatt Schwein der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG) in Iden durchgeführt. Die LLG ist eine dem Ministerium für Wirtschaft, Tourismus, Landwirtschaft und Forsten des Landes Sachsen-Anhalt direkt nachgeordnete Behörde.

3 Versuchsziel

Einfluss verschiedener Erbsenbestandteile auf Leistung und Gesundheitsstatus bei Ferkeln unter Praxisbedingungen eruieren.

4 Material und Methoden

4.1 Versuchsstall

Der Versuch wurde durchgeführt in der Lehrwerkstatt der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau des Landes Sachsen-Anhalt in Iden. Die Ferkelabteile bieten Platz für jeweils 60 Tiere in 6 Buchten zu je 10 Tieren. 0,38 m² Buchtenfläche wurde jedem Tier angeboten. Der Stall wird im Unterdrucklüftungsverfahren betrieben. Die Futterzuteilung geschieht grundsätzlich per Trockenfutterautomat mit maximal 2 Ferkeln pro Fressplatz ad libitum.

4.2 Tiermaterial

In den Versuch einbezogen wurden 348 Ferkel (Pi x Topigs). Die Tiere stammen von Sauen aus der Lehrwerkstatt der LLG. 8 Ferkel haben das Versuchsende nicht erreicht. Die Ferkel waren bei Versuchsbeginn durchschnittlich 27 Tage alt.

4.3 Fütterung

Die Futtermittel wurden isoenergetisch konzipiert. Eine gleiche Ausstattung an essentiellen AS ist selbstverständlich. Futtermittelanalysen wurden durchgeführt.
Die Futtermischungen wurden von der LfL geliefert und das FAF 2 beim Raiffeisenkraftfutterwerk in Osterburg endgemischt.
Futterrezepturen wurden durch die HSWT erstellt.
Die Versuchsgruppen wurden folgendermaßen konzipiert:

Tabelle 1: Versuchsdesign, Mischungsanteile (%) an Erbsen (E), Erbsenproteinkonzentrat (EPK) und Erbsenschalen (ES) im Alleinfutter von abgesetzten Ferkeln

Fütterungsvariante		Ferkelaufzuchtfutter 1			Ferkelaufzuchtfutter 2		
Nr.	Bezeichnung	E	EPK	ES	E	EPK	ES
1	K	-	-	-	-	-	-
2	E 20	10	-	-	20	-	-
3	EPK 3/6	-	3	-	-	6	-
4	ES 3/6	-	-	3	-	-	6
5	E 10/20+ES 3/6	10	-	3	20	-	6
6	EPK 3/6 + ES 3/6	-	3	3	-	6	6

Folgender zeitlicher Ablauf der Futtermittel kam zum Einsatz:

Prestarter: bis Tag 2 nach Absetzen
Ferkelstarter: bis Tag 21 nach Absetzen
Ferkelaufzuchtfutter: ab Tag 21 nach Absetzen
Mischungsphasen von jeweils 2 Tagen sind einzuhalten (Tag 2-4 und 21-23)

Tabelle 2: Komponentenzusammensetzung des Ferkelaufzuchtfutter 1 (laut Deklaration in %)

Futterbezeichnung		A	B	C	D	E	F
		Kontrolle	E 10/20	EPK 3/6	ES 3/6	E 10/20 + ES 3/6	EPK 3/6 + ES 3/6
Komponenten	Einheit						
Gerste	%	43,35	38,50	45,30	40,00	35,60	41,95
Weizen	%	30,00	26,50	31,00	28,00	24,00	29,00
HP-SES	%	20,50	18,50	15,00	22,00	20,00	16,50
Sojaöl	%	1,40	1,80	1,00	2,30	2,70	1,80
Mineralfutter	%	4,75	4,70	4,70	4,70	4,70	4,75
Futtersäure	%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Erbsen	%		10,00			10,00	
Erbsenschalen	%				3,00	3,00	3,00
Erbsenproteinkonzentrat	%			3,00			3,00

Tabelle 3: Komponentenzusammensetzung des Ferkelaufzuchtfutter 2
(laut Deklaration in %)

Futterbezeichnung		A	B	C	D	E	F
		Kontrolle	E 10/20	EPK 3/6	ES 3/6	E 10/20 + ES 3/6	EPK 3/6 + ES 3/6
Komponenten	**Einheit**						
Gerste	%	47,07	38,47	52,19	40,19	30,55	44,75
Weizen	%	33,00	27,00	33,00	30,00	24,00	30,00
HP-SES	%	15,00	10,00	4,00	17,00	13,00	6,50
Mineralfutter	%	3,13	3,03	3,11	3,11	2,95	3,05
Rapsöl	%	0,80	0,50	0,70	2,70	2,50	2,70
Futtersäure	%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Erbsen	%		20,00			20,00	
Erbsenschalen	%				6,00	6,00	6,00
Erbsenproteinkonzentrat	%			6,00			6,00

Tabelle 4: Futterinhaltsstoffe je kg Futter Ferkelaufzuchtfutter 1 (deklariert)

Futterbezeichnung		A	B	C	D	E	F
		Kontrolle	E 10/20	EPK 3/6	ES 3/6	E 10/20 + ES 3/6	EPK 3/6 + ES 3/6
Komponenten	**Einheit**						
Energie (ME)	MJ	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Rohprotein	%	18,6	18,5	18,5	18,7	18,7	18,7
Rohfaser	%	4,30	4,47	4,26	5,56	5,74	5,52
Lysin	%	1,25	1,23	1,23	1,23	1,26	1,25
Met+Cys	%	0,68	0,72	0,67	0,68	0,71	0,72
Threonin	%	0,79	0,80	0,78	0,80	0,81	0,79
Thryptophan	%	0,23	0,23	0,22	0,24	0,23	0,23
Ca	%	0,74	0,74	0,72	0,76	0,75	0,74
P	%	0,53	0,48	0,48	0,46	0,46	0,46

Tabelle 5: Futterinhaltsstoffe je kg Futter Ferkelaufzuchtfutter 2 (deklariert)

Futterbezeichnung		A	B	C	D	E	F
		Kontrolle	E 10/20	EPK 3/6	ES 3/6	E 10/20 + ES 3/6	EPK 3/6 + ES 3/6
Komponenten	**Einheit**						
Energie (ME)	MJ	13,0	**13,0**	**13,0**	**13,0**	**13,0**	**13,0**
Rohprotein	%	17,4	17,3	17,4	17,2	17,4	17,3
Rohfaser	%	3,65	4,05	3,50	6,12	6,51	5,97
Lysin	%	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Met+Cys	%	0,65	0,64	0,63	0,64	0,63	0,62
Threonin	%	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Thryptophan	%	0,22	0,20	0,21	0,22	0,21	0,21
Ca	%	0,75	0,67	0,65	0,71	0,71	0,68
P	%	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54

Die Futtermittelanalysen zeigten innerhalb der Analysenspielräume eine gute Übereinstimmung mit den deklarierten Werten. Daher sind die deklarierten Werte im Versuch anzusetzen.

4.4 Untersuchungsparameter

Ermittelt wurden folgende Kennwerte:

- Gewicht:
  - Körpergewicht: Einstallgewicht, 21 Tagegewicht, Ausstallgewicht (41. Tag)
  - Tägliche Gewichtszunahme (pro Einzeltier und buchtenweise)

- Futteraufnahme (Aufnahme je Bucht)

- Futteraufwand (berechnet aus Futteraufnahme und Gewichtsentwicklung je Bucht)

Die Gewichtsmessungen wurden jeweils am Einzeltier vorgenommen. Die Futteraufnahme wurde gruppenweise ermittelt.

5 Ergebnisse

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der Tabelle 8 sind die Versuchsergebnisse zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse (Auswertung nach Einzeltierdaten)

Gruppe	**Einheit**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**p<**
Anzahl Ferkel bei Versuchsstart	n	58	58	58	58	58	58	-
Anzahl Buchten	n	6	6	6	6	6	6	-
Anfangsgewicht	kg	9,3	9,3	9,2	9,4	9,3	9,3	0,99
Ferkelverluste	n	0	1	2	2	1	2	-
Phase 1 (bis Tag 21)								
Gewicht am Tag 21	kg	16,6	16,6	16,7	16,9	16,7	17,3	0,79
Tägl. Zunahmen bis Tag 21	g	350	347	355	360	350	377	0,51
Futterverbrauch je Ferkel	g/Tag	451	449	476	459	462	491	0,68
Futteraufwand je Ferkel	kg/kg	1,30	1,31	1,33	1,30	1,34	1,31	0,81
Phase 2 (Tag 22-41)								
Gewicht am Tag 41	kg	30,6	30,5	30,7	31,3	31,1	31,2	0,91
Tägl. Zunahmen bis Tag 22-41	g	665	660	666	685	688	662	0,73
Futterverbrauch je Ferkel	g/Tag	1192	1159	1217	1187	1207	1220	0,95
Futteraufwand je Ferkel	kg/kg	1,79	1,77	1,82	1,74	1,77	1,85	0,77
Gesamte Versuchsphase								
Gewicht am Tag 41	kg	30,6	30,5	30,7	31,3	31,1	31,2	0,91
Tägl. Zunahmen	g	507	504	511	522	520	520	0,87
Futterverbrauch je Ferkel	g/Tag	828	804	832	823	835	856	0,92
Futteraufwand je Ferkel	kg/kg	1,62	1,61	1,65	1,59	1,62	1,65	0,82

p: Irrtumswahrscheinlichkeit

5.2 Zunahmeleistungen über den gesamten Versuchszeitraum

Tabelle 9: Mittleres Körpergewicht und tägliche Zunahmeleistungen über den gesamten Versuchszeitraum (nach Einzeltierdaten)

Gruppe	Einheit	A		B		C		D		E		F	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Gewichte													
Anfangsgewicht	kg	9,3	1,4	9,3	1,4	9,2	1,4	9,4	1,4	9,3	1,4	9,3	1,4
Gewicht am Tag 21	kg	16,6	2,8	16,6	2,7	16,7	2,7	16,9	2,5	16,7	3,0	17,3	2,9
Ausstallgewicht	kg	30,6	4,8	30,5	4,9	30,7	4,7	31,3	4,7	31,1	5,0	31,2	4,7
Tägliche Zunahmen													
Zunahmen bis Tag 21	g	350	86	347	90	355	88	360	84	350	97	377	96
Zunahmen Tag 22-41	g	665	111	660	126	666	132	685	130	688	120	662	106
Gesamtzunahmen	g	507	92	504	95	511	94	522	95	520	97	520	92

Im Bereich der Zunahmeentwicklung traten zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf.

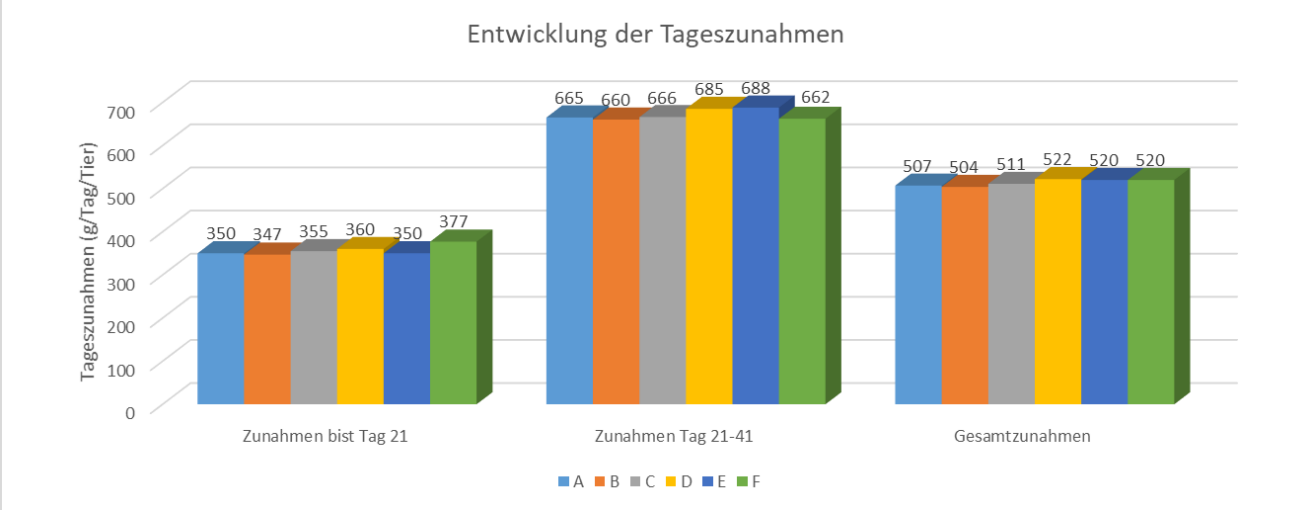

Abbildung 1: Zunahmen im Versuch

5.3 Futterverbrauch

Tabelle 10: Futterverbrauch der Versuchstiere (g/Tier/Tag)

Variante	Futterverbrauch bis Tag 21		Futterverbrauch Tag 21 bis Tag 41		Futterverbrauch gesamt	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
A	451	38	1192	91	828	60
B	449	45	1159	116	804	73
C	476	41	1217	108	832	62
D	459	47	1187	130	823	80
E	462	56	1207	142	835	70
F	491	66	1220	124	856	78

Im Parameter Futterverbrauch sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen vorhanden.

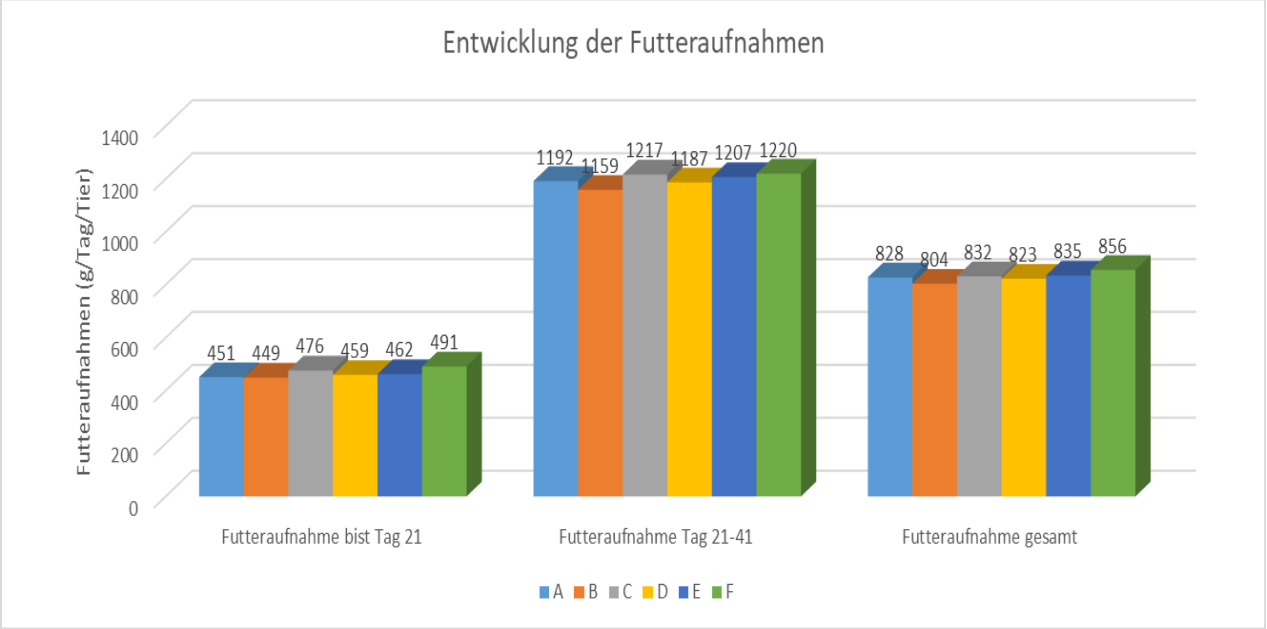

Abbildung 2: Entwicklung des Futterverbrauchs in den unterschiedlichen Fütterungsabschnitten

5.4 Futteraufwand

Tabelle 11: Futteraufwand der Versuchstiere (kg/kg)

Variante	Futteraufwand bis Tag 21		Futteraufwand Tag 21 bis Tag 41		Futteraufwand gesamt	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
A	1,30	0,05	1,79	0,14	1,62	0,09
B	1,31	0,05	1,77	0,11	1,61	0,08
C	1,33	0,05	1,82	0,14	1,65	0,10
D	1,30	0,06	1,74	0,12	1,59	0,09
E	1,34	0,07	1,77	0,13	1,62	0,08
F	1,31	0,08	1,85	0,14	1,65	0,09

Ebenso traten im Parameter Futteraufwand trotz nominell leichter Unterschiede keine signifikanten Unterschiede zwischen den Futtergruppen auf. Dies ist wohl in erster Linie darauf zurück zu führen, dass zur Auswertung jeweils nur auf Gruppenmittelwerte (n=6) zurückgegriffen werden konnte.

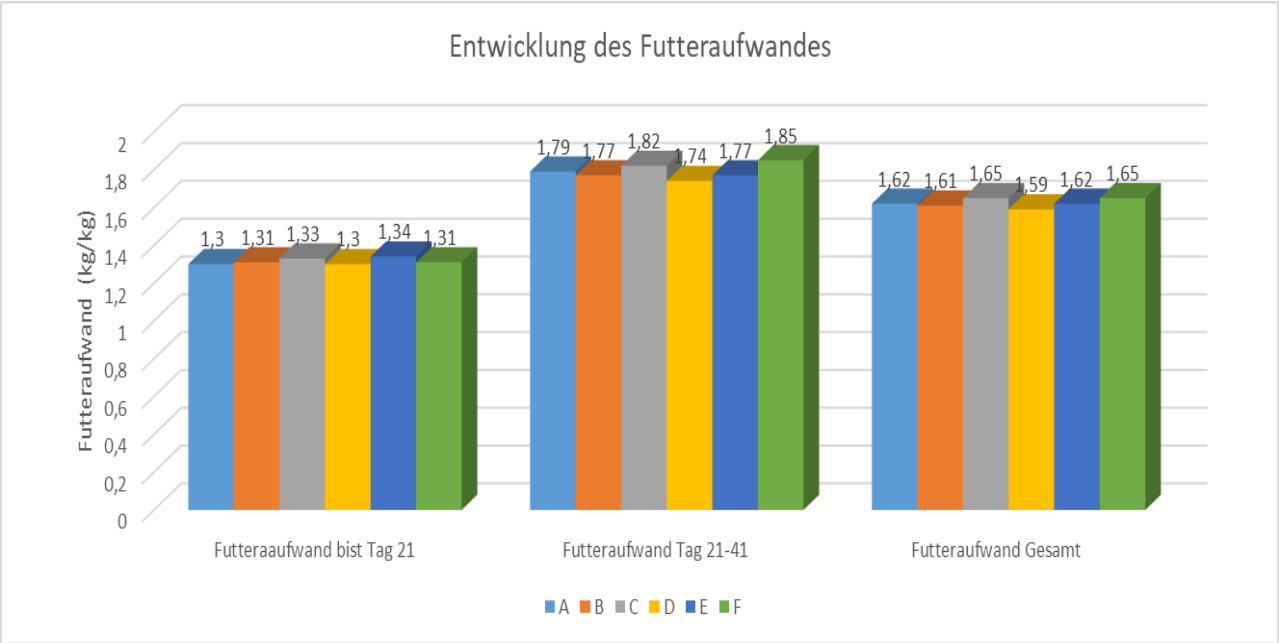

Abbildung 3: Futteraufwand im Versuchsverlauf

5.5 Gesundheitsstatus

Die in Tabelle 12 aufgeführten Behandlungen der Tiere wurden durchgeführt

Tabelle 12: Anzahl der behandelten Ferkel mit Symptomen

Gruppe	DG 1		DG 2		DG 3		DG 4		DG 5		DG 6	
A	0		2	DF	1	DF	1	DF	1	DF	0	
B	2	DF	2	DF	1	DF	1	DF	1	DF	1	DF
C	1	AW	2	DF	1	FU	0	DF	1	FU	4	DF
D	0		1	DF	1	DF	2	DF	0		2	DF
E	0		0	DF	2	DF	2	DF	0		3	DF
F	0		1	DF	3	DF	2	DF	1	DF	2	DF

DG: Durchgang; DF: Durchfall; FU: Fundament; AW: Atemwegsprobleme

6 Ergebnisse und Diskussion der fäkalen Mikrobiota

Ergebnisse

Auf der taxonomischen Ebene der Phyla zeigte sich die für junge Schweine typische Verteilung der Bakteriengruppen mit Dominanz der Firmicutes, gefolgt von den Bacteroidetes (Tabelle 13). Für Actinobacteria wurde in den Versuchsgruppen mit Erbsenproteinkonzentrat bzw. Erbsenschalen eine geringere Abundanz gefunden. Eine additive Wirkung auf Actinobacteria durch die Kombination beider Erbsenprodukte lag allerdings nicht vor. Auffällig waren die numerischen Unterschiede für Proteobakterien und Spirochaeten in der Versuchsgruppe mit Erbsenfütterung.

Die Abnahme der Actinobacteria beruhte auf Veränderungen von vier Genera (Collinsella, Olsenella, Bifidobacterium und Slackia), die alle nicht zur dominanten Mikrobiota gehörten.

Tabelle 13: Einfluss von Erbsen und Erbsenprodukten auf die Abundanz bakterieller Phyla im Kot von Ferkeln [%]

Phyla	K (A)	E 20 (B)	EPK 6,5 (C)	ES 6 (D)	E 20 + ES 6 (E)	EPK 6,5 + ES 6 (F)	P-Wert[1]
Firmicutes	71,1	71,7	75,4	73,2	74,4	69,6	0,798
Bacteroidetes	24,2	23,7	24,1	26,2	24,2	29,4	0,746
Actinobacteria	1,37^{c}	0,96^{b,c}	0,25^{a}	0,39^{a,b}	0,50^{a,b}	1,16^{c}	**0,052**
Proteobacteria	0,26	1,43	0,23	0,20	0,12	0,12	0,285
Spirochaetes	0,49	1,15	0,29	0,09	0,06	0,21	0,346
Epsilonbacteraeota	0,15	0,04	0,04	0,12	0,05	0,05	0,285
Patescibacteria	n.d.	0,02	0,06	0,07	0,02	0,01	0,136
Tenericutes	0,03	0,02	0,01		0,04	0,04	0,413

[1] = Kruskal-Wallis Test, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Versuchsgruppen (Mann-Whitney Test)

In Tabelle 14 sind die führenden Genera (>1%) der fäkalen Mikrobiota aufgelistet. Die ökologischen Indizes zeigen, dass die Gesamtheit der Mikrobiota nicht signifikant verändert war. Jedoch gab es Veränderungen der Abundanz, die auch einige der dominanten Genera betraf.

So führte der Einsatz von Erbsenschalen zu einem signifikanten Anstieg des Genus *Faecalibacterium*, während *Streptococcus* signifikant verringerte Abundanzen in denselben Versuchsgruppen sowie bei Einsatz von Erbsenkonzentrat zeigte. Andererseits gab es mit *Lachnospira* ein subdominantes Genus, der in den gemischten Diäten zum dominanten Genus aufstieg. Im Vergleich zu anderen Fütterungsgruppen waren numerische Unterschiede insbesondere in der Versuchsgruppe mit Erbsen auffällig. Hier war bei Verringerung von *Lactobacillus* ein Anstieg von *Streptococcus* und *Prevotella*_7 zu beobachten.

Um die Auswirkungen der verschiedenen fermentierbaren Faserarten auf die fäkale Mikrobiota zu untersuchen, wurde eine Hauptkomponentenanalyse für die Versuchsgruppen ohne gemischte Diäten durchgeführt (Abb. 4). Die dargestellten Ellipsen stellen den Wahrscheinlichkeitsbereich (95%) dar, dass weitere Proben in diese Bereiche fallen. Eine deutliche Trennung der Versuchsgruppen wurde nicht gefunden, aber Erbsenkonzentrat und Erbsenschale wiesen deutlich engere Cluster auf als Kontroll- und Erbsengruppe.

Abschließend wurde eine Spearman-Korrelationsanalyse durchgeführt als Versuch, die Beziehungen der Mikrobiota zu fermentierbaren Futterkomponenten zur Mikrobiota herzustellen (Tabelle 15). Es fällt auf, dass der Getreideanteil mehr signifikante Korrelationen aufwies als die Erbsenprodukte. Hier zeigte sich, dass insbesondere Erbsenschalen positive Beziehungen mit Bakterien aufwiesen, die typischerweise Kohlenhydrate im Dickdarm fermentieren (Prevotella, Lachnospiraceae, Ruminokokken), während *Streptococcus* zu signifikant negativen Korrelationen bei Erbsenschalen und bei Erbsenkonzentrat führte.

Tabelle 14: Einfluss von Erbsen und Erbsenprodukten auf die Abundanz dominanter Genera (> 1%) der fäkalen Mikrobiota in Ferkeln

Genus	K (A)	E 20 (B)	EPK 6,5 (C)	ES 6 (D)	E 20 + ES 6 (E)	EPK 6,5 + ES 6 (F)	P- Wert [1]
Ökologische indices							
Richness	216	221	193	202	219	231	0,573
Shannon	4,440	4,355	4,240	4,420	4,545	4,500	0,465
Evenness	0,830	0,810	0,800	0,845	0,845	0,840	0,425
Genera							
Lactobacillus	11,294	8,836	12,744	13,269	3,881	7,773	0,675
Prevotella_9	10,363	9,628	9,984	12,094	13,073	14,770	0,338
Agathobacter	7,272	6,792	9,790	6,405	8,167	7,769	0,159
Clostridium_sensu_stricto_1	5,428	4,379	7,723	5,432	10,658	3,963	0,428
Prevotella_7	5,397	10,559	0,925	6,515	5,885	2,124	0,523
Blautia	4,868	4,450	5,068	5,537	6,521	5,418	0,521
Shuttleworthia	4,548	1,112	0,176	0,399	0,516	0,351	0,475
Streptococcus	$4,382^{b}$	$6,858^{b}$	$1,178^{a.b}$	$0,642^{a}$	$1,793^{a,b}$	$0,387^{a}$	**0,022**
unknown Family Lachnospiraceae	*3,147*	*3,205*	*2,750*	*3,598*	*4,920*	*4,258*	***0,068***
Megasphaera	2,836	2,069	1,395	1,090	0,776	1,204	0,507
Faecalibacterium	$2,231^{a,b}$	$2,110^{a}$	$2,054^{a}$	$3,362^{b}$	$3,594^{b}$	$2,767^{a,b}$	**0,042**
Subdoligranulum	2,178	1,644	2,392	1,817	2,671	3,005	0,453
unknown Family Prevotellaceae	1,863	1,406	1,646	2,831	2,553	3,253	0,125
Roseburia	1,760	1,316	0,840	1,897	1,614	2,191	0,87
Dialister	1,429	1,287	1,106	0,662	0,845	1,359	0,724
Terrisporobacter	1,415	1,923	1,082	1,522	2,590	1,597	0,352
Dorea	1,081	1,131	1,261	1,497	1,413	1,229	0,406
Weitere Genera							
Ruminococcaceae_UCG-008	$0,432^{b}$	$0,450^{b}$	$0,265^{a}$	$0,503^{b}$	$0,615^{b}$	$0,235^{a}$	**0,001**
Coprococcus_2	*0,186*	*0,352*	*0,229*	*0,354*	*0,280*	*0,361*	***0,08***
Lachnospira	$0,148^{a}$	$0,439^{b,c}$	$0,111^{a}$	$0,777^{a}$	$1,156^{c}$	$1,164^{c}$	**<0,0001**
Ruminococcaceae_UCG-010	*0,131*	*0,404*	n.d.	*0,064*	*0,045*	*0,025*	***0,056***
Peptococcus	$0,022^{a}$	$0,040^{a,b}$	$0,054^{b}$	$0,059^{b}$	$0,031^{a}$	$0,049^{a,b}$	**0,047**

[1] = Kruskal-Wallis Test; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Versuchsgruppen (Mann-Whitney Test)

Tabelle 15 : Signifikante Spearman Korrelationskoeffizienten der fäkalen Mikrobiota von Ferkeln zu Komponenten der Diät

Item	Dominanz[1]	Gerste	Weizen	Erbsen	EPK	ES
Prevotella_9	10,36					0,364
Streptococcus	4,38				-0,470	-0,409
unknown Family Lachnospiraceae	3,15	-0,373	-0,347			0,439
Faecalibacterium	2,23	-0,382	-0,482			0,540
unknown Family Prevotellaceae	1,86					0,374
Terrisporobacter	1,41	-0,332				
Ruminococcus_1	0,69	-0,352				0,342
Marvinbryantia	0,53	-0,333				
Ruminococcaceae_UCG-014	0,50	-0,362				
Treponema_2	0,49		0,456			
Ruminococcaceae_UCG-008	0,43	-0,562	-0,523	0,482	-0,669	
unknown Family Veillonellaceae	0,29		0,383		0,374	
Selenomonas	0,28		0,433			
Lachnospiraceae_AC2044_group	0,26					
Coprococcus_2	0,19	-0,392	-0,405			
Intestinibacter	0,19	-0,363	-0,355	0,378		
Acidaminococcus	0,17	0,494	0,452	-0,393		0,366
Lachnospiraceae_NK4A136_group	0,17		-0,379			0,487
Lachnospira	0,15	-0,629	-0,660			0,765
Asteroleplasma	0,13				0,421	
Lachnospiraceae_FCS020_group	0,09		-0,368			

1 = Anteil der Abundanz in der Kontrolle

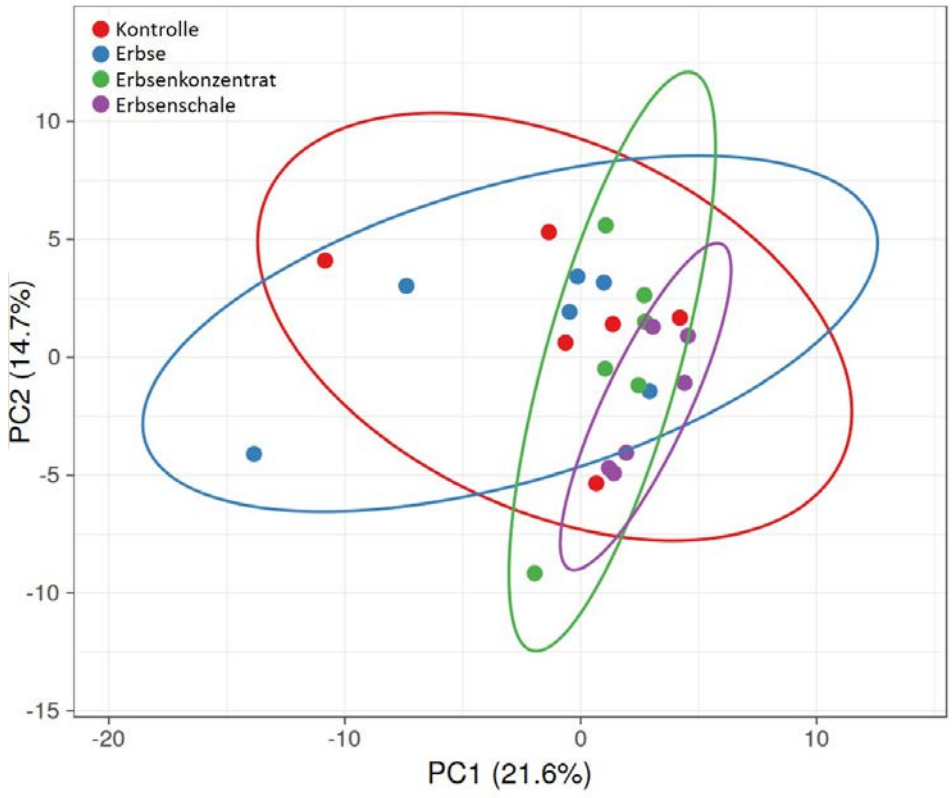

Abbildung 4: Hauptkomponentenanalyse der fäkalen Mikrobiota von Ferkeln bei Fütterung von Erbsen und Erbsenprodukten (Ellipsen stellen den Wahrscheinlichkeitsbereich dar, mit der neue Proben in diesen Bereich fallen)

Diskussion

Die vorliegende Untersuchung analysierte den Einfluss verschiedener Erbsenprodukte auf die bakterielle Zusammensetzung im Kot von Ferkeln.

Insgesamt wurde die fäkale Mikrobiota durch die Erbsenprodukte nur geringfügig in ihrer Struktur verändert. Allerdings waren bakterielle Metabolite insbesondere in der Erbsengruppe als auch in den Mischdiäten signifikant erhöht, weshalb in diesen Fütterungsgruppen von einer erhöhten bakteriellen Aktivität ausgegangen werden kann. Auch für einige dominanten Genera in der Erbsengruppe (*Lactobacillus*, *Prevotella*_9, *Streptococcus*) konnten numerische bzw. signifikante Unterschiede zu den anderen Versuchsgruppen beobachtet werden. Die fermentierbaren Kohlenhydrate aus Erbsen in Verbindung mit anderen fermentierbaren Substraten aus Gerste und Weizen wirken also anders als Substrate aus Erbsenkonzentrat oder Erbsenschale. Diese Vermutung zeigt sich auch beim numerischen Vergleich zweier dominanter *Prevotella*: während *Prevotella_9* steigende Abundanzen in Erbsenkonzentrat und Mischdiäten aufwies, wurde *Prevotella_7* nur durch Erbsen stark gefördert. Insgesamt aber führte der Konsum von Erbsenprodukten zu einem Anstieg kohlenhydratfermentierender Bakterien, was sich bei Erbsen und den Mischdiäten am deutlichsten bei den Konzentrationen der flüchtigen Fettsäuren zeigte.
Erbsenkonzentrat und Erbsenschalen führten zu einer drastischen Verringerung des Genus *Streptococcus*. *Streptococcus* ist im Kot unerwünscht, da dieses Genus einige pathogene Arten enthält, die im Kot zur deren Verbreitung beitragen können. Offensichtlich führte nur die Aufnahme von Erbsenschalen bzw. Erbsenkonzentrat zu einer bakteriellen Zusammensetzung und Aktivität, welches letztendlich zur Inhibition von *Streptococcus* führte. Dies zeigte sich auch an den negativen Korrelationen dieses Genus zu Erbsenschalen und Erbsenkonzentrat.

Aufgrund der individuellen Variation der bakteriellen Zusammensetzung in den Tieren wurden in dieser Studie nur wenige gesicherte Erkenntnisse erhalten, die aber zusammen mit numerischen Unterschieden alle in dieselbe Richtung zielen: der Einsatz von Erbsenprodukten erhöht die Aktivität und Abundanz kohlenhydratfermentierender Bakterien. Dies kann sich insofern positiv auf die Tier- und Stallgesundheit auswirken, als dass unerwünschte Bakterien, wie z.B. *Streptococcus*, unterdrückt werden.

7 Ergebnisse und Diskussion der bakteriellen Metaboliten (fäkale kurzkettige Fettsäuren)

Ergebnisse

Die Trockensubstanzgehalte der Kotproben unterschieden sich zwischen den verschiedenen Fütterungsperioden nicht signifikant. Auch der pH-Wert wies mit einem Bereich von 5,8-6,1 sehr konstante Messwerte auf ($p = 0,629$). Die Konzentrationen von Essigsäure waren bei Verwendung von Erbsen und Erbsenschalen sowie bei Beimengungen von Erbsen am höchsten, zeigten allerdings auch innerhalb und zwischen den Diätgruppen relativ hohe Schwankungen ($p=0,050$). Bei der Propionsäure waren genauso wie bei der i-Buttersäure und der i-Valeriansäure keine Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festzustellen. Signifikante Unterschiede waren bei der n-Buttersäure festzustellen, welche die

höchsten fäkalen Konzentrationen bei Einsatz der Kombination von Erbsenproteinkonzentrat und Erbsenschalen, zeigte. Auch bei Verwendung von Erbsen und Erbsenschalen zeigten sich höhere Konzentrationen von n-Buttersäure, allerdings waren diese im Vergleich zu den anderen Fütterungsgruppen nicht abzusichern. Die n-Valeriansäure war mit 8,2 mmol/l in der Erbsengruppe am höchsten und in der Erbsenschalengruppe am niedrigsten (p= 0,03) signifikant. Auch die Gesamtkonzentrationen kurzkettiger Fettsäuren lagen in einem vergleichbaren Rahmen, Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen waren nur tendenziell ausgeprägt.

	Var					
	K (A)	E 20 (B)	EPK 6,5 (C)	ES 6 (D)	E 20 + ES 6 (E)	EPK 6,5 + ES 6 (F)
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
TS	307	298	313	299	294	311
pH	6,03	5,83	5,97	6,13	6,00	5,84
Essigsäure	76,70	95,68	71,90	79,79	100,85	85,12
Propionsäure	37,71	47,98	34,91	33,49	40,10	41,79
i-Butteräure	3,49	3,99	2,67	2,18	3,04	2,38
n-Buttersäure	22,90	24,69	23,06	21,72	27,54	31,66
i-Valeriansäure	4,48	5,01	3,21	2,65	3,55	2,87
n-Valeriansäure	7,25	8,22	6,11	4,57	5,81	7,06
gesamt SCFA	152,52	185,56	141,87	144,39	180,89	170,87

Diskussion

Insgesamt gesehen zeigen die Ergebnisse sehr moderate Verschiebungen der fäkalen kurzkettigen Fettsäuren. Interessant erscheint die Zunahme der n-Buttersäure bei der Kombination von Erbsenproteinkonzentrat. N-Buttersäure wird vielfach mit positiven Effekten im Darm in Verbindung gebracht. Die Kombination von Erbsenproteinkonzentrat und Erbsenschalen sollte unter diesem Aspekt weiter untersucht werden.

6 Fazit

Der Einsatz von verschiedenen Teilen der Erbsen hatte in diesem Versuch in den eingesetzten Mengen keinen Einfluss auf die biologischen Leistungen der Ferkel. D.h. auch die Verdopplung des Rohfaseranteils im Aufzuchtfutter 2 wirkte sich nicht leistungsmindernd aus. Der Grund dafür könnte die höhere Fermentation durch eine höher Aktivität und Abundanz von kohlenhydratfermentierender Bakterien in diesen Gruppen sein.