

## Versuchsbericht S12/4

### Verdauungsversuche mit Eiweißfutter - Heimische Vollfettsojabohnen unbehandelt/geröstet/extrudiert

#### 1. Ausgangssituation

Auf Grund der positiven Erfahrungen mit dem Sojabohnenanbau in Bayern in 2009 ist mit einer starken Ausweitung der Anbauflächen zu rechnen. Neue, ertragsstabile und erntesichere Sorten sowie optimierte Produktionsverfahren führen anscheinend auch auf grenzwertigeren Standorten zu stabilen Erträgen und dem Winterweizen vergleichbaren Deckungsbeiträgen. Hinzu kommen als Zusatznutzen ein verbesserter Vorfruchtwert und mehr betriebsindividueller Spielraum bezüglich Fruchtfolge und Anbauzeitpunkt. Der Anbau von Sojabohnen vor Ort kann zu einer Entlastung der menschlichen und tierischen Eiweißversorgung beitragen, unabhängiger vom Import und den Weltmärkten machen und die Gewährleistung einer vollständigen GVO-Freiheit stark erleichtern.

Für den angedachten Einsatz in der Schweinefütterung stellt sich allerdings die Frage nach qualitativ und quantitativ ausreichenden Aufbereitungskapazitäten für die heimischen Sojabohnen. Schweine können erst nach gezielter Entfernung des natürlichen Trypsininhibitors der Bohnen die volle Aminosäurelieferung der Sojaprodukte für den Eiweißansatz nutzen. Weitere verzehrs- und wachstumshemmende (antinutritive) Substanzen wie Lectine (immundepressiv) und Allergene (allergisch wirksam) gilt es durch gezielte Zerstörung (Dampferhitzen) der entsprechenden Eiweißverbindungen auszuschalten. Standardverfahren zur Aufbereitung der Sojabohnen in den Ölmühlen Mainz und Mannheim und zur Herstellung von hochverdaulichen Sojaextraktionsschroten ist das Entschälen, Entölen mittels Lösungsmittel (Extraktion) und anschließende Toasten mit definiertem (schwachem) Dampfdruck. Ungeeignete thermische Behandlungen insbesondere die Verwendung trockener Hitze bringen immer die Gefahr von Proteinschädigungen mit sich.

In Bayern werden z. Zt. zwei abweichende und unterschiedliche Aufbereitungstechniken angeboten:

- „Rösten“ – Firma Stadlhuber, Agrarservice GbR, Aschau/Inn (Thann) – Anfeuchten der Sojabohnen, Durchlauf durch rotierende Trommel über Gasbrennerflamme, Nachziehen/Abkühlen (20 min)
- „Extrudern“ - Firma Rieder Asamhof GmbH&Co KG, Kissing – teilweise Entölung der Sojabohnen mittels Kaltpresse (Sojakuchen), Druck-/Hitzebehandlung im Extruder (Schneckenpresse)

Die Wirksamkeit der beiden „bayerischen“ Aufbereitungsverfahren zu überprüfen und auch den Futterwert heimischer Sojaprodukte (Anbau Grub 2009, Sorte Merlin, Ertrag 26,1 dt/ha, DB 250 €/ha) festzulegen, ist zwingend notwendig. Zunächst sollte der Futterwert der Gruber Sojaerzeugnisse – Sojavollbohne, getrocknet, Sojavollbohne, geröstet, Sojakuchen, extrudiert – mittels Analysen und Verdauungsversuch bestimmt werden. Parallel dazu laufen Ferkelaufzuchtversuche. Ein Mastversuch speziell mit unbehandelten Bohnen ist ebenfalls angelegt.



Abb. 1: Sojabohnen, roh

Sojabohnen, geröstet

Sojakuchen, extrudiert

## 2. Versuchsfragen

- Welche futterwertrelevanten Inhaltsstoffe (Rohnährstoffe, Aminosäuren, Mineralstoffe, Fettsäuren, antinutritive Substanzen) sind in den heimischen Sojaprodukten enthalten?
- Welche Rohnährstoffverdaulichkeiten können bei der Energiebewertung angesetzt werden?
- Welche Mengen können problemlos in Ferkel-, Zuchtsauen- und Mastrationen eingemischt werden?
- Wo liegt der Produktionswert?

## 3. Versuchsdurchführung

Die Verdauungsversuchsreihe lief nach dem vorgegebenen Routinesystem ab – Differenztest mit jeweils 4 kastrierten Ferkeln pro Futtertyp. Mastschweine werden folgen.

### Versuchsort, -zeit, -tiere:

- Stoffwechselanlage des Institutes für Tierernährung und Futterwirtschaft
- ab Oktober 09: 12 Kastraten der Rasse Pi x DL/DE (ca. 12 kg LM)

### Versuchsanordnung:

- Differenzversuch
- 7-tägige Vorperiode
- 7-tägige Sammelperiode
- Change-over-Anlage (2 x 2 Tiere/Behandlung)
- Versuchsdauer 2 x 14 Tage

### Testmischungen A - D (Ferkel/Mast, Angaben im Trockenfutter):

- A) Grundration = 100 % Grundration (95% Gerste, 5% Mifu Ferkel)
- B) Zulageration 1 = 70% Grundration + 30% Sojavollbohne, unbehandelt
- C) Zulageration 2 = 70% Grundration + 30% Sojavollbohne, geröstet
- D) Zulageration 3 = 70% Grundration + 30% Sojakuchen, extrudiert

### Fütterung:

Die Futtervorlagemenge richtete sich nach dem Endverzehr der Vorperiode plus 10 % und blieb während der Sammelperiode gleich. Das Futter wird 2 x pro Tag frisch vorgelegt.

## **Erhebung von Versuchsdaten:**

### **Futteranalysen**

Einzelkomponenten (Gerste; Sojavollbohne, unbehandelt; Sojavollbohne, geröstet; Sojakuchen, extrudiert - Weender + Stärke + Zucker, Aminosäuren, Mineralstoffe (n = 8, AQU Grub), lösliches Lysin, Ureaseaktivität (n=6, Zentralinstitut Weihenstephan).

Mischungen A – D (n=8, Weender)

Kotanalysen (Einzeltier): Weender (n=16, AQU)

### **Tiergewichte:**

Wiegungen der Einzeltiere zu Beginn und Ende der Durchgänge.

## **4. Ergebnisse - Futterinhaltsstoffe**

Die vorliegenden Analysenergebnisse der Vollbohnen (n=4) und des Sojakuchens (n=2) sollen gemeinsam betrachtet und mit den Tabellenwerten (Gruber Tabelle 2009, hier identisch mit DLG 1991, Ökofibel 2007) verglichen werden. Es fällt auf:

- Die Rohproteingehalte der Sorte Merlin liegen ca. 18 % niedriger, die Rohfettgehalte ca. 14 % höher, die Rohfasergehalte ca. 28 % niedriger als die Tabellenwerte. Es kann vermutet werden, dass Merlin auf hohen Ölertrag bzw. Feldertrag ausgelegt ist. Dies lässt einerseits eine höhere Energielieferung (Sojaöl hat ca. 40 MJ ME/kg) erwarten, andererseits ist damit aber auch die Aminosäurelieferung herabgesetzt. Es ist bei Merlin rechnerisch nicht möglich, mit der üblichen Fettextraktion der entschälten Bohnen einen HP Sojaextraktionsschrot mit mehr als 47 % Rohprotein herzustellen. Damit verliert Merlin auch an wirtschaftlicher Vorzüglichkeit, da Energie (Getreide) momentan billig und Eiweiß (Sojaschrot) im Vergleich dazu relativ teuer ist. Der wahre Rohproteingehalt bei Merlin liegt wahrscheinlich etwas höher. Nach Vergleich mit dem höheren Rohproteinwert des Kuchens wurden beim Trocknen bzw. Rösten der Bohnen auch Teile des Stickstoffs verflüchtigt.
- Die Aminosäurelieferung ist bei weniger Rohprotein insgesamt niedriger, die Konzentration im Rohprotein allerdings höher. Entscheidend wird hier die Wirksamkeit der Sojabehandlung sein und die jeweils erreichte Dünndarmverdaulichkeit der Aminosäuren.
- Erwartungsgemäß ist der Rohascheanteil bei Merlin erhöht (ca. 12 %), was sich besonders in der Phosphorfraktion aber auch bei Kupfer und Zink umweltbelastend bemerkbar macht.
- Sojaöl zeichnet sich durch einen hohen Polyensäurenanteil (ca. 60 %, Rapsöl ca. 30 %). Sollten egal ob Ferkel- oder Mastschweinefütterung zur Erzeugung von verarbeitungsgerechten (Schnittfestigkeit) und lagerungsstabilen (Haltbarkeit) Schweineerzeugnissen maximal 15 g Polyensäuren/kg Alleinfutter enthalten sein, dann dürften in reinen Getreiderationen nur 5 - 7 % Merlin-Vollfettbohnen bzw. 10 – 15 % Sojakuchen (je nach Abpressgrad und Getreideart) davon enthalten sein. Mais darf in den Rationen dann nicht Bestandteil sein bzw. die getesteten Sojaprodukte sind stark zu reduzieren.
- Der mögliche negative Einfluss der Hitzebehandlungen (Trocknen, Rösten) auf die Proteinmenge der Vollfettbohnen wurde bereits erwähnt.
- Der Restfettgehalt des Sojakuchens ist erfreulich niedrig. Damit lässt sich die Einsatzrate im Schweinefutter deutlich erhöhen. Die Bruttoaminosäuregehalte sind für rohproteinreduzierte Fütterungsverfahren ausreichend.

**Tab. 1: Wesentliche Inhaltsstoffe der Sojaprodukte (jeweils 2 Vollanalysen)**

Inhaltsstoffe (bei 88 %T)	Einheit	Sojaprodukte				
		Sojavollbohne			Sojakuchen	
Behandlung		-	Rösten	Toasten (Gruber Tab)	Extruder	Toasten (Ökofibel)
<b>T</b>	<b>g</b>	928	921	935	884	935
<b>Rohprotein</b>	<b>g</b>	307	290	352	402	425
<b>Lysin</b>	<b>g</b>	20,5	18,8	21,3	25,0	25,5
<b>Lys. i. Rp.</b>	<b>%</b>	6,7	6,5	6,1	6,2	6,0
<b>Methionin</b>	<b>g</b>	4,9	4,8	4,8	6,0	6,5
<b>Met. i. Rp.</b>	<b>%</b>	1,6	1,7	1,4	1,5	1,5
<b>Cystin</b>	<b>g</b>	5,6	5,2	5,3	6,3	8,0
<b>Threonin</b>	<b>g</b>	12,4	11,5	13,8	15,4	16,5
<b>Thr. i. Rp.</b>	<b>%</b>	4,0	4,0	3,9	3,8	3,9
<b>Tryptophan</b>	<b>g</b>	4,2	4,3	4,8	5,9	5,5
<b>Try. i. Rp.</b>	<b>%</b>	1,4	1,5	1,4	1,5	1,3
<b>Rohfett</b>	<b>g</b>	220	194	179	75	90
<b>Polyensäure</b>	<b>g</b>	132	118	106	45	55
<b>Rohfaser</b>	<b>g</b>	42	44	55	51	55
<b>Stärke</b>	<b>g</b>	31	55	50	47	39
<b>Zucker</b>	<b>g</b>	59	54	71	62	54
<b>Rohasche</b>	<b>g</b>	55	50	47	57	49
<b>Ca</b>	<b>g</b>	2,6	2,3	2,6	3,3	2,6
<b>P</b>	<b>g</b>	7,9	7,3	6,3	6,8	6,4
<b>Na</b>	<b>g</b>	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
<b>K</b>	<b>g</b>	17,4	15,9	17,5	19	18,5
<b>Cu</b>	<b>mg</b>	18	16	12	16	15
<b>Zn</b>	<b>mg</b>	66	57	40	59	50

### 5. Ergebnisse - Verdauungsversuche und Energiegehalte

Die Verdauungsversuche mit einheitlich 30% Sojaproduktanteil in der Grundration liefen problemlos ab, die Streuungen der Einzeltiere waren gering.

**Tab. 2: Rohnährstoffverdaulichkeiten und Energiegehalte**

Verdaulichkeiten	Einheit	Sojaprodukte					
		Sojavollbohne			Sojakuchen		Soja 43
Behandlung		-	Rösten	Toasten (DLG 91)	Extruder	Toasten (DLG 91)	Toasten (Grub 2010)
<b>Org. Substanz</b>	<b>%</b>	86	85	83	81	-	86
<b>Rohprotein</b>	<b>%</b>	83	85	84	85	-	87
<b>Rohfett</b>	<b>%</b>	88	84	81	77	-	46
<b>Rohfaser</b>	<b>%</b>	77	70	66	58	-	60
<b>NfE</b>	<b>%</b>	88	87	86	88	-	94
<b>ME (frisch)</b>	<b>MJ</b>	17,84	16,91	15,46	13,81	14,00	13,32
<b>ME (88 % T)</b>	<b>MJ</b>	16,91	16,16	15,46	13,75	13,18	13,23
<b>ME (100 %T)</b>	<b>MJ</b>	19,22	18,36	17,57	15,63	(14,98)	15,04

Die obige Zusammenstellung (Tab. 2) der scheinbaren Rohnährstoffverdaulichkeiten zeigt:

- Es wurde insgesamt ein sehr hohes Niveau an Verdauungsleistungen erreicht. Die Vollfettbohnen liegen knapp über den veralteten DLG – Werten.
- Für Sojakuchen gibt es keine Tabellenangaben. Er passt relativ gut zu den neu veröffentlichten Verdaulichkeiten des Soja 43.
- In der Zusammenschau mit den gefundenen Rohnährstoffgehalten und den guten Verdauungswerten ergeben sich für Vollfettbohnen - roh 19,22 MJ ME je kg T, für Vollfettbohnen - geröstet 18,36 MJ ME je kg T und für Sojakuchen - extrudiert 15,63 MJ ME je kg T.
- Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die scheinbare Rohproteinverdaulichkeit nicht zur Beurteilung des Aufbereitungsverfahrens bzw. –grades bzw. der Dünndarmverdaulichkeit der Aminosäuren taugt.

## 6. Ergebnisse - Dünndarmverdauliche Aminosäuren

Für „Sojabohnen“ ohne Qualitätsdifferenzierung und Herkunftsangaben liegen standardisierte Dünndarmverdaulichkeitswerte (GfE 2006) vor. Noch gibt es kein passendes und zertifiziertes Laborverfahren zur Einstufung der aktuellen Probe mit genaueren Erkenntnissen über die „wahre“ Aminosäurelieferung. Zur Näherung wurden Regressionsgleichungen auf Basis des scheinbar verdaulichen Rohproteingehaltes (siehe Verdauungsversuch) und den vorhandenen Dünndarmverdaulichkeiten (GfE, 2006) entwickelt. Das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,99 sehr hoch (Rutzmoser et al., 2009).

- Die geschätzten Dünndarmverdaulichkeiten orientieren sich an den hohen scheinbaren Proteinverdaulichkeiten und unterstellen eine perfekte Zerstörung des Trypsininhibitors. Sojavollbohnen – roh werden genauso gut bewertet wie geröstet, getoastet oder extrudiert.
- Zur Verhinderung von Trugschlüssen wurde in Bildform der Leistungsstand nach 3 Versuchswochen von Ferkelvollgeschwistern – links mit Vollfettbohnen(10 % in der Ration) – roh, rechts mit Sojaschrot 43 nährstoffidentisch – gefüttert. Nach der 6-wöchigen Ferkelaufzucht waren die „Vollfettbohenferkel“ 7 kg „leichter“.



Abb. 2: Leistungsstand von Ferkelvollgeschwistern nach 3 Versuchswochen

- Um die verschiedenen Aufbereitungsverfahren bei Sojaprodukten bewerten zu können, müsste die Dünndarmverdaulichkeit der Aminosäuren mit fistulierten Tieren gemessen oder jeweils ein Aufzuchtversuch durchgeführt werden.
- Ein altes Schnellverfahren zur Feststellung der Hitzewirkung auf das Sojaweiß ist die Ureaseaktivität. Sie sagt aber nur, wie stark das sehr empfindliche Enzym Urease und damit weitere Proteine wie die antinutritiven Substanzen angegriffen wurden und nichts über Verfügbarkeit der einzelnen Aminosäuren.

- Eine grobe Näherung zur Bewertung der Proteinqualität bzw. Lysinlieferung sollte das „lösliche Lysin nach Carpenter“ sein. Hier wäre das „Extrudieren“ dem „Rösten“ bzw. den Vollbohnen – roh/getrocknet weit überlegen.

**Tab. 3: Dünndarmverdauliches Rohprotein bzw. pcv Aminosäuren (%) bzw. lösliches Lysin und Ureaseaktivität**

Aminosäuren	Einheit	Sojaprodukte				
			Sojavollbohne		Sojakuchen	
Behandlung		-	Rösten	Toasten (GfE 06)	Extruder	Toasten (GfE 06)
pcv Rp	%	83 <sup>1)</sup>	85 <sup>1)</sup>	76	85 <sup>1)</sup>	-
pcv Lys	%	82	84	80	84	-
pcv Met	%	82	81	78	80	-
pcv Cys	%	78	77	75	77	-
pcv Thr	%	79	81	75	81	-
pcv Try	%	78	80	74	79	-
Ureaseaktivität (max. 0,4 mg N/g/min)	mg	0,28	0,01	-	0,12	-
Lösl. Lysin	%	73	74	-	84	-

<sup>1)</sup> scheinbare Rohproteinverdaulichkeit zur Einstufung in die Verdaulichkeitsklassen

## 7. Zusammenfassung

Die Analyseergebnisse der Sojaprodukte der Bohnensorte Merlin deuten auf einen im Vergleich zu Tabellenwerten erniedrigten Rohprotein- bzw. Aminosäuregehalt hin. Gegenüber verhält es sich beim Rohfett und bei den Polyensäuren. Folglich ist die Einsatzgrenze der getesteten Eiweißfutter wegen der fleischqualitätsverschlechternden Polyensäuren nach unten zu korrigieren. Die ermittelten Energiegehalte sind höher als sie Tabellenwerte vorgeben. Zur Beurteilung der Dünndarmverfügbarkeit der Aminosäuren bzw. der Aufbereitungsqualität der Sojaprodukte eignen sich normale Verdaulichkeitsbestimmungen aber auch die Ureaseaktivität nicht. Ein folgender Bericht zur Ferkelaufzucht und Mast mit Vollfettsojabohnen nur getrocknet wird zeigen, dass rohe Sojabohnen nicht für die Schweinefütterung geeignet sind. Das angehängte Datenblatt mit Anmerkungen zur Lagerung und Verfütterung der Testprodukte soll bei der Rationsgestaltung und Fütterungsberatung hilfreich sein.

## 8. Datenblatt

### Datenblatt Sojavollbohnen/Sojakuchen

Inhaltsstoffe (bei 88 %T)	Einheit	Sojaprodukte				
		Sojavollbohne			Sojakuchen	
Behandlung		-	Rösten	Toasten (Gruber Tab)	Extruder	Toasten (Ökofibel)
<b>T</b>	<b>g</b>	928	921	935	884	935
<b>ME (88 % T)</b>	<b>MJ</b>	16,91	16,16	15,69	13,75	13,18
<b>Rohprotein</b>	<b>g</b>	307	290	352	402	425
<b>Lysin</b>	<b>g</b>	20,5	18,8	21,3	25,0	25,5
<b>Lys. i. Rp.</b>	<b>%</b>	6,7	6,5	6,1	6,2	6,0
<b>Methionin</b>	<b>g</b>	4,9	4,8	4,8	6,0	6,5
<b>Met. i. Rp.</b>	<b>%</b>	1,6	1,7	1,4	1,5	1,5
<b>Cystin</b>	<b>g</b>	5,6	5,2	5,3	6,3	8,0
<b>Threonin</b>	<b>g</b>	12,4	11,5	13,8	15,4	16,5
<b>Thr. i. Rp.</b>	<b>%</b>	4,0	4,0	3,9	3,8	3,9
<b>Tryptophan</b>	<b>g</b>	4,2	4,3	4,8	5,9	5,5
<b>Try. i. Rp.</b>	<b>%</b>	1,4	1,5	1,4	1,5	1,3
<b>Rohfett</b>	<b>g</b>	220	194	179	75	90
<b>Polyensäure</b>	<b>g</b>	132	118	106	45	55
<b>Rohfaser</b>	<b>g</b>	42	44	55	51	55
<b>Stärke</b>	<b>g</b>	31	55	50	47	39
<b>Zucker</b>	<b>g</b>	59	54	71	62	54
<b>Rohasche</b>	<b>g</b>	55	50	47	57	49
<b>Ca</b>	<b>g</b>	2,6	2,3	2,6	3,3	2,6
<b>P</b>	<b>g</b>	7,9	7,3	6,3	6,8	6,4
<b>Na</b>	<b>g</b>	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
<b>K</b>	<b>g</b>	17,4	15,9	17,5	19	18,5
<b>Cu</b>	<b>mg</b>	18	16	12	16	15
<b>Zn</b>	<b>mg</b>	66	57	40	59	50
<b>Einsatzempfehlung (88 %T)</b>	<b>%</b>	Ferkel 0 Mast 0 Zucht 0 bzw. 0	Ferkel 4-6 Mast 5-8 Zucht 1-2 bzw. 5-8	Ferkel 5-8 Mast 6-10 Zucht 1-2 bzw. 6-10	Ferkel 8-12 Mast 10-15 Zucht 2-3 bzw. 10-15	Ferkel 6-10 Mast 8-12 Zucht 2-3 bzw. 1 0-15
<b>Preiswürdigkeit</b>	<b>€/dt</b>	Soja 43 x 0,8	Soja 43 x 1,0	Soja 43 x 1,1	Soja 43 x 1,0	Soja 43 x 1,0

#### Bemerkungen:

- Keine rohen Bohnen verfüttern (Leistungseinbußen) – Toasten, Extrudieren...
- Lagerung nur nach guter Reinigung (Staub, Beutelprobe) und schonender Trocknung (Schimmel)
- keine trockene Überhitzung (Aminosäureschädigung)
- Rationen - Vorratsschrot max. 14 Tage (Fettverderb)
- Vollfettbohnen nicht zu Mais (Polyensäuren)
- Energiedichte beachten (tragende Sauen, Endmast)
- Analysen (T, Rp, Rfa, Rfe) durchführen lassen
- Rohprotein max. 2% - Punkte absolut Unterschreitung (z.B. Ziel 40, erlaubt >39), Lysin max. 20 % relativ Unterschreitung (z.B. 25 g/kg, erlaubt 20 g/kg)