

## Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest

### Hofeigene Sojavollbohnen in Milchkuhrationen

Prof. Dr. Olaf Steinhöfel und Dr. Siriwan Martens, LfULG, Köllitsch

#### 100 Jahre Sojaprotein in der Milchkuhfütterung

1878 veröffentlichte Friedrich Haberlandt, Professor für Pflanzenbaulehre an der Hochschule für Bodenkultur in Wien, die Schrift „Die Sojabohne“. In dieser berichtete er über umfangreiche Studien und Versuche zum Anbau der Leguminose in Mitteleuropa. Darunter waren auch Erfolgsberichte von mitteldeutschen Landwirten und Gärtnern. Aufgrund der Ergebnisse und der Begeisterung in der Wissen- und Bauernschaft, sagte er der Feldfrucht eine große Zukunft voraus. Haberlandt verstarb im Erscheinungsjahr seines Buches und musste nicht erfahren, dass dies zunächst eine Vision blieb. Zwar wurden die Bohnen im geringen Umfang weiter angebaut, fanden aber selten den Weg in die Futterkrippe. Dafür waren insbesondere die geringen und instabilen Erträge verantwortlich. Im wohl bedeutendsten Werken der Tierernährung des 20. Jahrhunderts „Die Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere“ und den daraus formulierten „Grundzügen der Fütterungslehre“ Oskar Kellners, dass 1907 bis 1911 in 4 Auflagen durch Kellner selbst und nach 1911 bis 1966 von Fingerling, Scheunert bzw. Becker in weiteren 11 Auflagen erschien, finden erst ab der 6. Auflage (1920) Sojafuttermittel Erwähnung. In den futtermittelkundlichen Schriften des 20. Jahrhunderts wurde zudem vermerkt, dass Sojafuttermittel ein importiertes Produkt aus Übersee darstellen. Der Anteil in den Milchkuhrationen blieb bis in die 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts aber eher gering. Während in der BRD, insbesondere aufgrund der engen Handelsbeziehungen zu Nordamerika, der Anteil an Sojaextraktionsschrot in den Milchviehrationen nach Kriegsende zunahm, war in der DDR ihr geringfügiger Einsatz wenigen staatlichen Zuchtbetrieben vorbehalten. Sojaextraktionsschrot ist ein Nebenprodukt der Ölproduktion aus der Vollbohne. Der Proteingehalt ist dabei besonders erhöht. In Westdeutschland stieg der Anteil an Sojaextraktionsschrot in den Milchviehrationen aber selten über die Empfehlung in Kellners Buch von 1,5 - 2 kg je Kuh und Tag. Erst seit Beginn des 21. Jahrhunderts, mit der Leistungsexplosion, nahm auch der Einsatz des Schrotes in der gesamtdeutschen Milchkuhfütterung sprunghaft zu. Im Freistaat Sachsen deckte Sojaextraktionsschrot bis 2009 nahezu 50 % des Gesamtproteinbedarfs der Milchkühe. In den Rationen waren bis zu 4 kg des Schrotes zu finden. Ab 2010, mit der zunehmenden Umstellung der Molkereien auf gentechnikfreie Milch, ging der Anteil jedoch schnell wieder zurück. Er beträgt aktuell noch rund 8%. Aufgrund der zunehmenden Kritik am hohen Eiweißfuttermittelimport in die EU und auch angeregt durch klimatische Veränderungen fehlt es aktuell nicht an Bemühungen durch Eiweißfutterinitiativen, durch Netzwerkverbände, Interessenvertretungen und Erzeugergemeinschaften, den Sojaanbau mit Lobby und Fachlichkeit zu unterstützen. Nach Informationen des Deutschen Sojaförderrings e.V. wurden in Deutschland 2019 auf rund 29.200 ha Soja angebaut. Anbauschwerpunkte waren Bayern (15.700 ha) und Baden-Württemberg (7.668 ha). Die deutschen Sojabohnen entsprachen ca. 2% der jährlich in Deutschland benötigten Sojabohnen.

**Tabelle 1:** Futterwertkennzahlen von Sojavollbohnen aus verschiedenen Futterwerttabellen

		Kellner (1920)	Nehring (1949)	Jeroch u.a. (1993)	DLG (1997)	Jeroch u.a. (2020)	Baum- gärtel (2016)	Eigene (2015- 2020)
Trockenmasse	g / kg	860	900	880	880	880	880	900
Rohprotein	g / kg	325	332	356	350	350	356	350
Rohfett	g / kg	173	175	177	179	179	188	185
Rohfaser	g / kg	50	44	53	55	55	79	85
Rohasche	g / kg	50	47	47	48	48	47	47
VQ org. S.	%	83	85	83	76	86	n.b.	n.b.
NEL	MJ / kg	8,6*	8,6*	8,9	8,7	8,7	8,8	8,7*

\* berechnet aus den Verdaulichkeiten der RNST

#### Futterwert von Sojavollbohnen

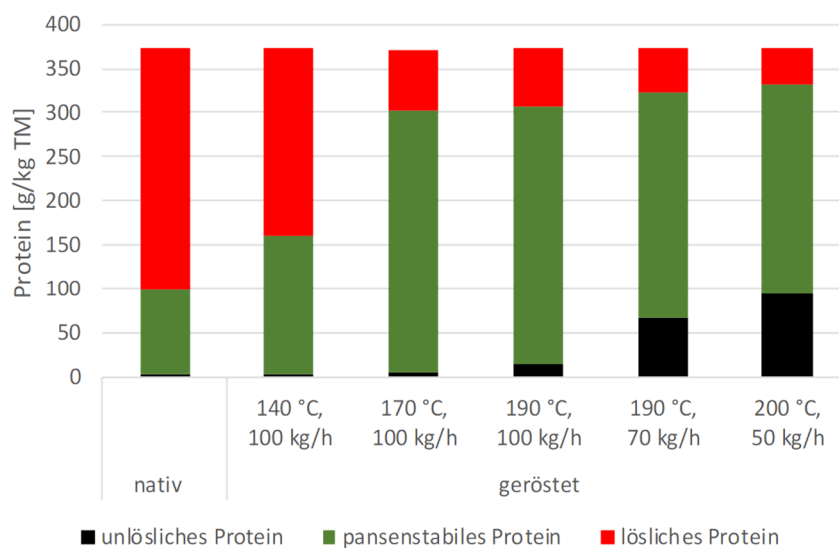
Beim Vergleich ausgewählter Tabellenwerte (Tabelle 1) von Nährstofffraktionen der letzten 100 Jahre fällt zunächst auf, dass wenig auffällt. Die Bohne besteht zu einem Drittel aus Eiweiß und zu 18 % aus Fett. Die höheren Fasergehalte jüngerer Arbeiten hängen häufig mit dem Schalenanteil der zumeist hofeigenen einheimischen Sojabohnenpartien zusammen. Da die NDF von Sojaschalen aber für Wiederkäuer hochverdaulich sind, ist deren Anwesenheit nicht unerwünscht. Für die Wiederkäuerernährung enthält die Sojabohne generell wenig sekundäre Inhaltsstoffe bzw. Antinutritiva, welche Einsatzgrenzen erzwingen. Bekannt sind Stoffe wie Trypsininhibitoren, Phytinsäure, Hämaglutinine oder Lipooxidasen, welche in der Monogasterfütterung durchaus zu Einsatzrestriktionen oder reduzierenden Behandlungsoptionen führen können. In der Wiederkäuerfütterung sei ggf. die relative hohe Konzentration an Urease erwähnenswert. Beim gleichzeitigem Einsatz von Sojavollbohnen mit Futterharnstoff kann es zu einer schnellen Freisetzung von Ammoniak bereits in der Futtermischung kommen, welche zur Beeinträchtigung von Futteraufnahme und zu einer Übersättigung an Ammoniakkonzentration in den Vormägen führen kann.

Beim Einsatz von Vollbohnen an Wiederkäuer ist der Fettgehalt zu beachten. Bei einer Restriktion von max. 800 g ungeschütztes Fett in der Tagesration für Milchrinder könnten jedoch fast 4 kg Bohnen gefüttert werden. Der erhöhte Zuckergehalt von ca. 100 g je kg Sojavollbohne erfordert keine strengere Restriktion, wenn nicht bereits die Restriktion sehr hohe Zuckergehalte aufweist. In der Literatur werden zum Teil sensorische Veränderungen der Milch (Geruch, Geschmack) beschrieben, wenn mehr als 2 kg Vollbohnen verfüttert wurden. Dies wird auf den hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren und deren aerobe Instabilität (Peroxidbildung, Fettbegleitstoffe) zurückgeführt. Zudem muss berücksichtigt werden, dass der hohe Gehalt an ungesättigten Fettsäuren auch die Butterfettkonsistenz und deren Haltbarkeit (weiche Butter, hohe Jodzahl) beeinflussen kann. Eine Einsatzempfehlung (futtermittelspezifische Restriktion) von maximal 3 kg Vollbohnen je Kuh und Tag scheint in Summe der erwähnten Hinweise sicher zu sein.

### **Proteinqualität von Sojabohnen**

Mit steigender Milchleistung (>25 kg/Tier\*d) muss die Proteinversorgung zunehmend durch Futterdurchflussprotein (UDP) ergänzt werden. Proteinkonzentrate zur Ergänzung von Milchviehrationen im hohen Leistungsbereich sind nur dann wirklich sinnvoll und auch preiswürdig, wenn sie hohe UDP-Gehalte aufweisen. Um ein Kilogramm Rapsextraktionsschrot zu ersetzen bedarf es aus Sicht des Rohprotein nur ca. 1 kg Sojavollbohnen. Um 1 kg RES (35 % UDP des Rohprotein) aus Sicht des UDP zu ersetzen, müssen aber 1,2 – 1,6 kg rohe Vollbohne (15-20 % UDP des Rohproteins) vom Soja eingesetzt werden. Die Preiswürdigkeit der Sojaprodukte müsste somit um 1 Drittel günstiger sein als vom RES. Daher untersuchten wir den Einfluss von Wärmebehandlung auf die Proteinqualität von Sojavollbohnen. Allgemein verbessert Wärmebehandlung die Lagerstabilität (max. Restfeuchte 6%), die Akzeptanz (Inaktivierung geschmacksbeeinflussender Stoffe & Verzuckerung, Entfernung unerwünschter flüchtiger Substanzen) und es findet eine gewisse Hygienisierung des Futtermittels statt.

Aus unseren Versuchen mit dem Eco-Toaster der Firma Agrel stieg mit steigender Temperatur der Anteil pansenstabilen Proteins bis ca. 170 °C signifikant um das 3-fache an (**Abbildung 1**). Die Proteinlöslichkeit reduzierte sich um den Faktor 5. Ab  $\geq 190$  °C waren jedoch drastische Proteinschäden erkennbar. Ein Viertel des Eiweißes waren so stark geschädigt, dass sie als unverdaulich und denaturiert gewertet werden müssen. Der Lysin- und Arginingehalt war bis um 50 % reduziert und die Summe von Maillardprodukten, als Indikator für die Hitzeschädigung des Eiweißes, war 8 g/kg höher als im Ausgangsmaterial. Sojafuttermittel sind per se methioninarm (ca. 1 % des RP), aber lysinreich (> 6 % am RP). Doch bereits bei 170 °C Einblastemperatur war zwischen handelsüblichem Rapsextraktionsschrot und behandelter Sojavollbohne kein Vorteil vom Soja mehr nachweisbar. Die Wärmebehandlung bleibt somit zwar notwendig, muss aber dringend standardisiert und restriktiv erfolgen, um sie gewinnbringend für den Futterwert nutzen zu können. Hier ist dringend ein Erkenntnisfortschritt gefordert. Einerseits braucht es verlässliche laboranalytische Parameter zur Kontrolle von Handelsware, Dienstleistung und auch hofeigene Verfahren. Andererseits muss das Verfahren Wärmebehandlung strenger definiert werden, um die Vielfalt der Verfahrenslösungen, Parameter und Kombinationen bewerten zu können.



**Abbildung 1:** Einfluss der Wärmebehandlung mit dem Eco-Toaster der Firma Agrel auf die Proteinfraktionen von Sojavollbohnen (Kuhnitzsch und Steinhöfel, 2020)

Ob sich die Wärmebehandlung in Dienstleistung rechnet, entscheidet sowohl der gewünschte Schutzeffekt für das Reineiweiß (UDP-Gehalt) als auch der Marktpreis von Alternativfuttermitteln wie Rapsextraktionsschrot. In **Tabelle 2** ist dargestellt, wie viel die Wärmebehandlung maximal kosten darf, um bei unterschiedlichen RES-Preisen den UDP-Gehalt am Rohprotein in Sojaprodukten von 20 auf 45 % zu steigern.

**Tabelle 2:** Berechnungen zur Preiswürdigkeit der Wärmebehandlung von Sojavollbohnen

UDP % des RP	Austausch- äquivalent kg / kg RES	Rapsextraktionsschrot (RES, € / t)						
		180	200	220	240	260	280	300
Presiwürdigkeit für den UDP-Austausch (€ / t)								
20	1,2	150	167	183	200	217	233	250
45	0,7	257	286	314	343	371	400	429
max. Kosten für Wärmebehandlung (€ / t)		107	119	131	143	154	167	179

### Sojabohnen im Köllitscher Fütterungstest

Die Sojavollbohne aus Köllitscher Ernte wurde mit einer Einblastemperatur von 140°C bei einem Durchsatz von 100 kg/h mit einem Eco-Toaster der Firma Agrel hofeigen getoastet und anschließend für die Verfütterung geschrotet. In der **Tabelle 3** sind ausgewählte Futterwertdaten der Vollbohnen im Vergleich zum Rapsextraktionsschrot zusammengestellt. Während die beiden Proteinkonzentrate sich nur geringfügig im Proteingehalt unterscheiden, sind die Unterschiede im Fett-, Stärke- und damit Energie- und Fasergehalt sehr deutlich. Rapsextraktionsschrot hatte erwartungsgemäß einen höheren Methioningehalt. Die über die Proteinfraktionen und den modifizierten HFT geschätzten UDP-Gehalte im Rohprotein waren wiederum bei den getoasteten Sojabohnen signifikant höher.

In einem 60-tägigen Fütterungsversuch mit jeweils 2 homogen zusammengesetzten Gruppen mit je 30 Milchrindern (ca. 40 kg Milchleistung) im LVG Köllitsch wurden 3,3 kg TM Rapsextraktionsschrot vollständig durch 2,9 kg TM hofeigene getoastete Sojavollbohnschrot, ohne weitere Rationskorrekturen, ausgetauscht. Untersucht wurde der Einfluss auf Futteraufnahme, Milchleistung, Milchezusammensetzung, diverse Indikatoren in Kot und Harn.

**Tabelle 3:** Futterwertdaten der Köllitscher Sojavollbohnen im Vergleich zum Rapsextraktionsschrot

		Rapsextraktions- schrot <i>n</i> = 9	Sojavollbohne getoastet <i>n</i> = 9
Trockenmasse	[g/kg FM]	882	915
Energie (NEL)	[MJ / kg TM]	7,36 <sup>a</sup>	9,81 <sup>b</sup>
Zucker	[g / kg TM]	77	74
Stärke	[g / kg TM]	58 <sup>a</sup>	119 <sup>b</sup>
Rohfaser	[g / kg TM]	137 <sup>b</sup>	47 <sup>a</sup>
Rohfett	[g / kg TM]	35 <sup>a</sup>	216 <sup>b</sup>
Rohasche	[g / kg TM]	70	63
aNDFom	[g / kg TM]	289 <sup>b</sup>	165 <sup>a</sup>
ADFom	[g / kg TM]	222 <sup>b</sup>	109 <sup>a</sup>
Rohprotein	[g / kg TM]	347	352
Methionin	[g / kg TM]	7,68 <sup>b</sup>	5,24 <sup>a</sup>
nRP	[g / kg TM]	242 <sup>b</sup>	210 <sup>a</sup>
Proteinlöslichkeit	[% des RP]	69,6 <sup>b</sup>	65,8 <sup>a</sup>
UDP5	[% des RP]	35 <sup>a</sup>	41 <sup>b</sup>

In der **Tabelle 4** sind die beiden Testrationen und der Fütterungserfolg dargestellt. In den gefütterten Rationen waren die nachgewiesenen signifikanten Unterschiede auf den erwartet höheren Fett- und infolge höheren Energiegehalt der Sojaration sowie einem höheren Anteil an UDP5 im Rohprotein der Ration begrenzt. Die Futter- und NDF-Aufnahme lag auf dem erwartet hohen Niveau und unterschied sich zwischen den Fütterungsgruppen nicht. Der Einfluss der höheren Fett-, Stärke- und Energiegehalte der Sojabohne war in der TMR-Analyse nicht nachweisbar und infolge auch bei der Futteraufnahme nicht wirksam. Während die höhere ruminale Stickstoffbilanz (RNB) der Rapsgruppe sowohl im höheren Harnstoffgehalt der Milch und in einer höheren N-Ausscheidung über den Harn nachweisen ließ, blieb die signifikant geringere Methioninaufnahme der Sojagruppe ohne erkennbare Folgen. Im Gegenteil, der Milcheiweißgehalt der Sojagruppe war letztlich um 0,1 %-Punkte höher, was, vorsichtig spekuliert, auf die rechnerisch ermittelte höhere Aufnahme an UDP hindeuten könnte. Die rechnerische Bilanz zwischen N-Aufnahme und N-Abgabe über die Milch unterschied sich letztlich zwischen den Gruppen nicht.

## Fazit

Hofeigen erzeugte Sojavollbohnen können Rapsextraktionsschrot vollständig in Milchviehrationen für 40 kg Milchleistung ersetzen. In der Köllitscher Testration wurde letztlich kein importiertes Futtereiweiß mehr eingesetzt. Der Einsatz von knapp 3 kg Sojavollbohnen erwies sich im Fütterungserfolg gleichwertig und in der N-Ausnutzung sogar überlegen. Die Vollbohnen müssen jedoch vor ihrem Fütterungseinsatz definiert wärmebehandelt werden. Hierzu sind dringend weitere Untersuchungen nötig, um das Verfahren der Wärmebehandlung zu definieren und letztlich zu kontrollieren. Auch die Entwicklung hofeigener oder mobiler Toaster ist notwendig, um arbeits- und energieeffizient wärmebehandeln zu können. Um preiswürdig Rapsextraktionsschrot aus der Milchviehration zu verdrängen, darf die Einheit getoasteter Sojavollbohnen nicht mehr als 14 % über dem Rapsextraktionsschrotpreis liegen.

**Tabelle 4:** Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest

	Rapsextraktions- schrot <i>n</i> = 27	Sojavollbohne getoastet <i>n</i> = 27
<b>Ration (gewogen)</b>		
Rapsextraktionsschrot [kg TM/ Kuh*d]	3,3	
Sojavollbohnen [kg TM/ Kuh*d]		2,9
Grassilage [kg TM/ Kuh*d]	5,2	5,2
Maissilage [kg TM/ Kuh*d]	4,2	4,2
Pressschnitzelsilage [kg TM/ Kuh*d]	2	2
Körnermais [kg TM/ Kuh*d]	1,8	1,8
Gerste [kg TM/ Kuh*d]	3	3
Luzernetrockengrün [kg TM/ Kuh*d]	0,9	0,9
Mischfutter-Glycerin-Mineralstoffmix [kg TM]	2,5	2,5
<b>Energie- und Nährstoffe [analytisch]</b>		
Rohprotein [g / kg TM]	166	166
Methionin [g / kg TM]	2,69	2,43
nutzbares Rohprotein [g / kg TM]	163	166
Proteinlöslichkeit [% des RP]	32,4	33,0
aNDFom [g / kg TM]	354	349
NEL [MJ / kg TM]	6,83 <sup>a</sup>	6,95 <sup>b</sup>
Zucker [g / kg TM]	44	39
Stärke [g / kg TM]	220	221
Rohasche [g / kg TM]	65	63
Rohfett [g / kg TM]	41 <sup>a</sup>	67 <sup>b</sup>
<b>Futter- / Nährstoffaufnahme</b>		
Trockenmasse [kg / Tier*d]	22,8	22,7
aNDFom [g / Tier*d]	8.071	7.922
Energie [MJ / Tier*d]	156	158
Rohprotein [g / Tier*d]	3.785	3.768
UDP5 [g / Tier*d]	1116 <sup>a</sup>	1270 <sup>b</sup>
RNB [g / Tier*d]	11 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>
Methionin [g / Tier*d]	61 <sup>b</sup>	54 <sup>a</sup>
<b>Milch</b>		
ECM [kg / Tier*d]	37,5	37,4
Eiweiß [%]	3,61 <sup>a</sup>	3,71 <sup>b</sup>
Fett [%]	3,90	3,93
Harnstoff [mg / l]	198 <sup>b</sup>	154 <sup>a</sup>
<b>Ausscheidungen</b>		
Futter minus Milch-N [g / Tier*d]	394	386
Harn-N-Abgabe [g / Tier*d]	287 <sup>b</sup>	267 <sup>a</sup>
<b>Effizienzparameter</b>		
kg Futter-TM / kg ECM	0,61	0,61
g Milch-N / g Futter-N	0,35	0,36

*Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Periode bedeuten signifikante Unterschiede im Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ).*