

Heimische Eiweißfuttermittel: Inhaltstoffe, Futterwert und Einsatzempfehlungen für die Nutztierfütterung



Prof. Dr. Gerhard Bellof

Gliederung

1. Einleitung

2. Inhaltsstoffe und Futterwert relevanter Eiweißfuttermittel

- Nebenprodukte aus der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe
- Körnerleguminosen
- Weitere Eiweißquellen

3. Einsatz heimischer Eiweißfuttermittel in der Nutztierfütterung

- Schweine
- Geflügel
- Rinder

4. Zusammenfassung und Ausblick

Bedeutsame Eiweißfuttermittel in der deutschen Nutztierfütterung (nach Protein-Balance-Sheet, Angaben für 2022)

Eiweißfuttermittel ¹	Inländischer Futterverbrauch, <i>korrigiert</i>	
	in 1000 t	in %
Futtererbsen	205	
Ackerbohnen	163	
Lupinen	46	
Sojabohnen	77	
Körnerleguminosen (gesamt)	491	4,7
Sojaschrot u. -kuchen	3.200	
Rapsschrot u. -kuchen	3.934	(1.937.000 t aus inländ. Rapssaat!)
Sonnenbl.-schrot u. -kuchen	500	
Ölkuchen/Ölschrote (gesamt)	7.634	72,9
Produkte d. Stärkeindustrie (Kleber)	477	
Getreideschlempe (DDGS)	283	
Biertreber (-hefe)	1.495	
Summe sonst. pflanzl. Produkte	2.255	21,5
Molkenpulver (?)	16	
Magermilchpulver	71	
verarbeitetes tierisches Protein	12	
Summe tier. Produkte	99	0,9
Gesamt	10.479	100,0 (ca. 54 % Importanteil)

¹ RP-Gehalt
> 22 % (i.d. TS)

(Quellen: BZL 2023;
OVID 2023)

Heimische Eiweißfuttermittel

(als Alternativen zum Sojaextraktionsschrot (SES) aus Import):

Nebenprodukte aus der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe

- Ölgewinnung (Extraktionsschrote und Kuchen)
- Stärkegewinnung (Kartoffeleiweiß, Maiskleber)
- Bier- u. Alkoholherstellung (Biertreber u. -hefe, Trockenschlempe (DDGS))

Leguminosen

- großkörnige Leguminosen
- kleinkörnige Leguminosen

Sonstige Eiweißfuttermittel

▶ Betrachtung von:

Inhaltsstoffen und

Futterwert für

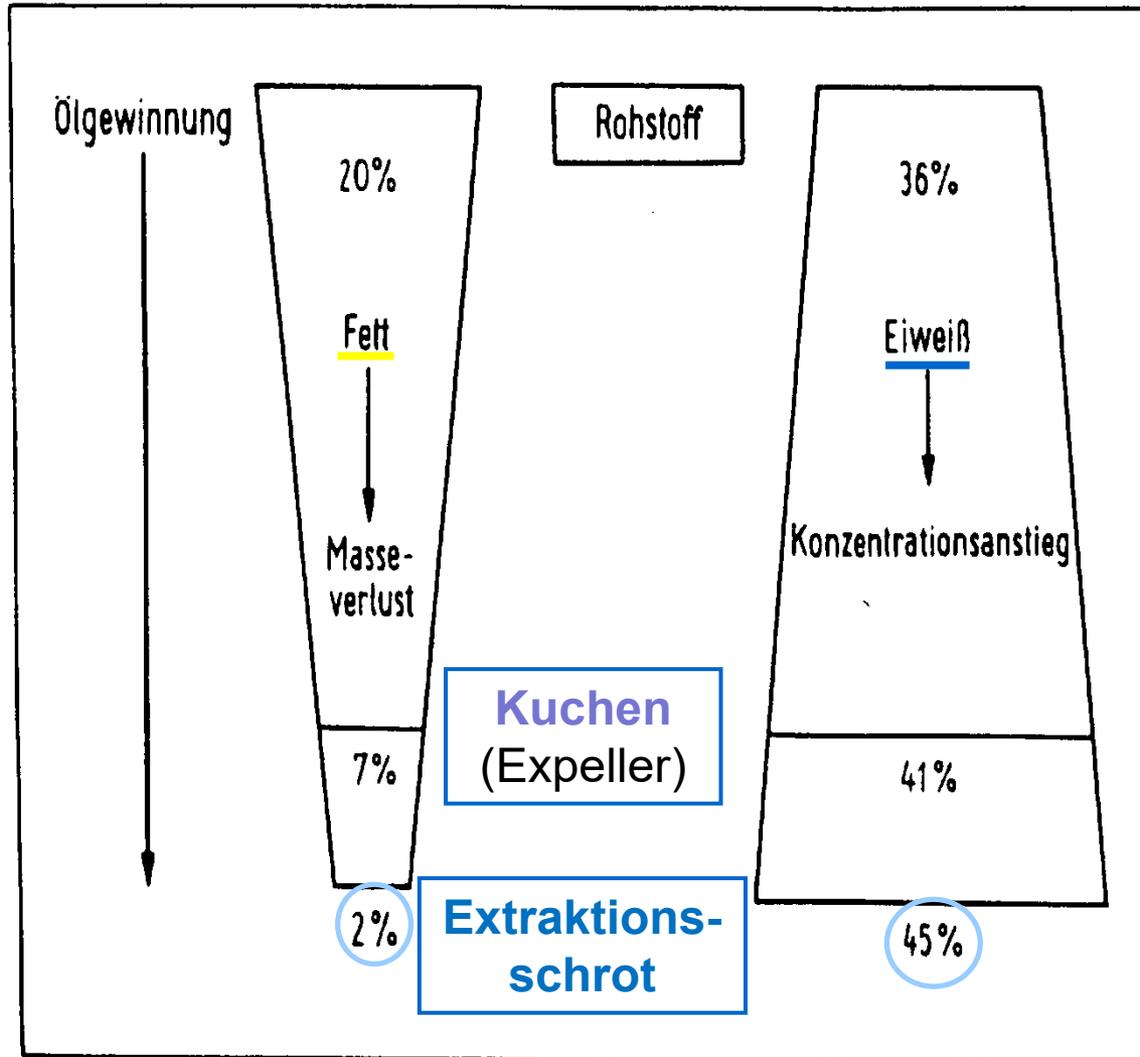
Rinder, Schweine, Geflügel

Nebenprodukte aus der Ölsaatenverarbeitung

Extraktionsschrote und Kuchen aus der Ölsaatenverarbeitung sind als Futtermittel interessant:

- Rapsextraktionsschrot (RES, *nur in der konventionellen Fütterung*),
- Sonnenblumenextraktionsschrot (SBS, entschält, *in der konv. Fütterung*),
- Rapskuchen,
- Sonnenblumenkuchen (teilentschält, entschält),
- Sojakuchen,
- (Leinkuchen, Sesamkuchen, Leindotterkuchen).

Prinzip der Ölgewinnung aus Ölsaaten (Bsp. Sojabohnen)



(Quelle: Jeroch u.a. 1993)

Relevante Inhaltsstoffe und Kennwerte zur Wärmebehandlung von Sojaprodukten aus europäischem Anbau im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (Übersee) (in g/kg bzw. %)

Inhaltsstoff/ Kennwert		Sojabohnen (roh); 1	Sojabohnen (wärmebehandelt); 1	Sojakuchen (wärmebehandelt); 1	Sojaextraktions- schrot (europ.) (wärmebehandelt); 1	Sojaextraktions- schrot (Übersee) (wärmebehandelt); 2
Trockenmasse	g	880 / 910	880 / 941	880 / 935	882	880
Rohprotein	g	359 / 371	371 / 397	410 / 436	436	442
Rohfett	g	197 / 204	192 / 206	107 / 114	18	21
Rohfaser	g	55 / 57	50 / 53	47 / 50	55	49
Eiweißlöslichkeit (PDI)	%	59	24	18	14	(13) ¹
Eiweißlöslichkeit (KOH)	%	94	82	85	80	(76) ¹
TIA	g/kg TM	26,2	6,9	7,9	1,1	(2,4) ¹

Eiweißlöslichkeit in Wasser (PDI): anzustrebender Bereich **10 - 25 %**

Eiweißlöslichkeit in Kalilauge (KOH): Untergrenze - Hitzeschädigung der Eiweiße - bei **70 %**

Unterbehandlung bei KOH-Werten von **>85 %**

TIA-Werte für Sojabohnen und Sojakuchen: **< 3 g/kg TM**

Nährstoffgehalte von Kuchen aus Ölsaaten

Inhaltsstoff		Sonnenbl.- kuchen (teilgeschält)	Lein- kuchen	Raps- kuchen	Soja- kuchen
Trockenmasse	g/kg	930	910	910	880
Rohprotein	g/kg TM	335	357	360	480
Rohfett	g/kg TM	99	98	150	68
Rohfaser	g/kg TM	232	100	110	67
Stickstofffreie Extraktst.	g/kg TM	274	381	326	347
Stärke u. Zucker	g/kg TM	43	45	122	127

(Quellen: DLG Futterwerttabellen 1997, BLT Grub, 2000, Bellof 2002)

Nährstoff- und Energiegehalte von Rapsextraktionsschrot (RES) im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (SES)

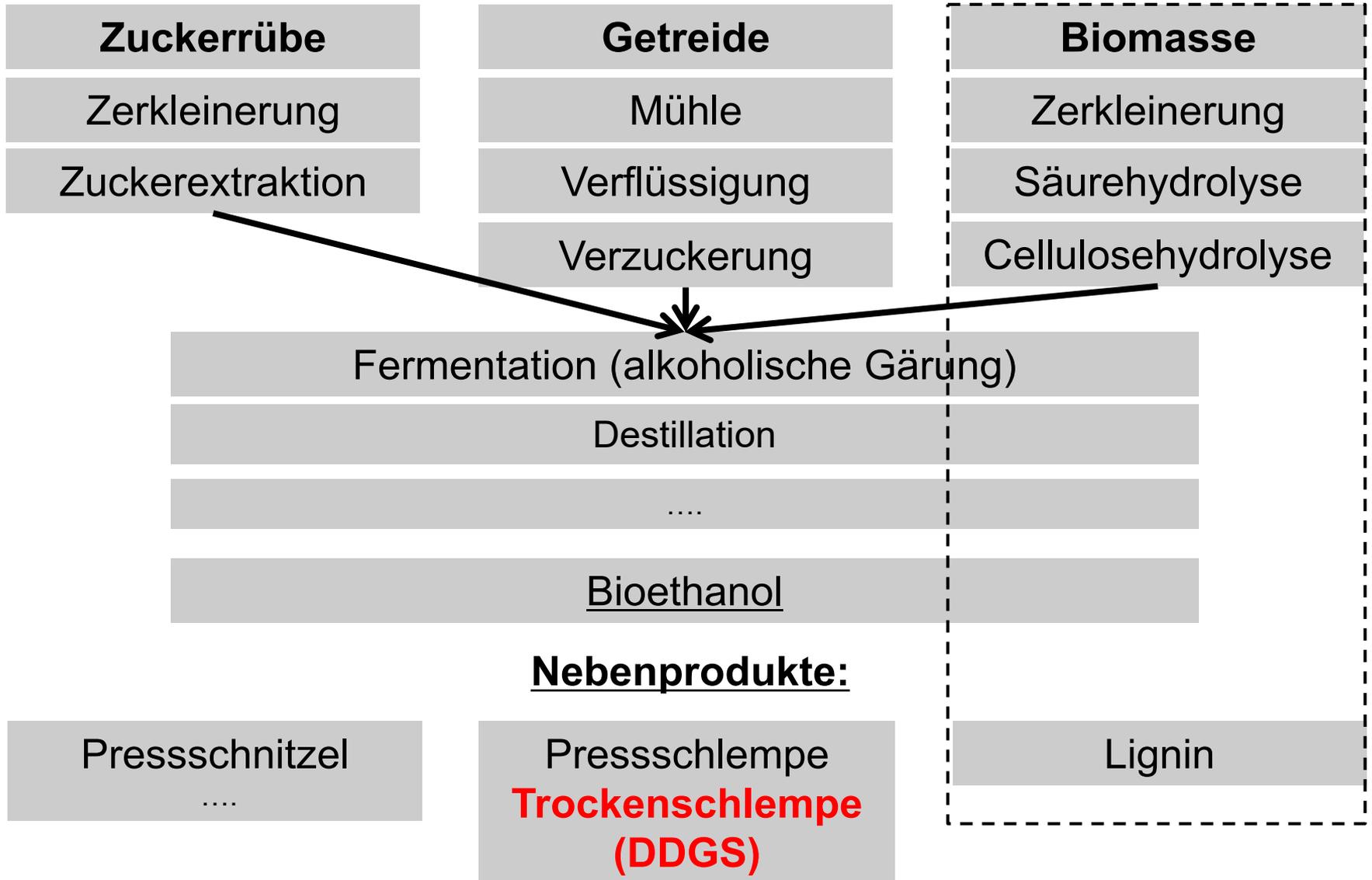
Merkmale		SES (NT)	SES (HP)	RES
Trockenmasse	g/kg	880	880	900
Rohprotein	g/kg	440	480	353
Rohfett	g/kg	12	12	32
Stärke	g/kg	62	62	0
Zucker	g/kg	95	100	71
Lysin	g/kg	26,9	29,4	18,2
Met. + Cys.	g/kg	12,3	13,4	15,1
Threonin	g/kg	17,2	18,8	14,9
Tryptophan	g/kg	5,9	6,5	4,8
ME Rind	MJ/kg	12,1	12,3	10,6
NEL Rind	MJ/kg	7,6	7,7	6,4
ME Schwein	MJ/kg	13,1	14,1	10,1

Quelle: LfL-Futterwerttabellen Schwein und Rind (2014) sowie Jeroch et al. (2012)

Nährstoff- und Energiegehalte von Sonnenblumenextraktionsschrot (SBS) im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (SES)

Merkmal		SES (NT)	SES (HP)	RES	SBS
Trockenmasse	g/kg	880	880	900	880
Rohprotein	g/kg	440	480	353	402
Rohfett	g/kg	12	12	32	15
Stärke	g/kg	62	62	0	0
Zucker	g/kg	95	100	71	91
Lysin	g/kg	26,9	29,4	18,2	14,1
Met. + Cys.	g/kg	12,3	13,4	15,1	15,4
Threonin	g/kg	17,2	18,8	14,9	14,6
Tryptophan	g/kg	5,9	6,5	4,8	5,2
ME Rind	MJ/kg	12,1	12,3	10,6	(9,0)
NEL Rind	MJ/kg	7,6	7,7	6,4	(5,3)
ME Schwein	MJ/kg	13,1	14,1	10,1	11,9

Schematische Darstellung der Bioethanolproduktion



Nährstoff- und Energiegehalte von Trockenschlempen (DDGS)

Merkmal		Getreidetrocken- schlempe	Maistrocken- schlempe
Trockenmasse	g/kg	880	880
Rohprotein	g/kg	317	253
Rohfett	g/kg	62	103
Stärke	g/kg	153	71
Zucker	g/kg	22	26
Lysin	g/kg	6,6	7,1
Met. + Cys.	g/kg	10,7	9,6
Threonin	g/kg	9,7	9,4
Tryptophan	g/kg	3,2	2,0
ME Rind	MJ/kg	10,7	11,0
NEL Rind	MJ/kg	6,4	6,7
ME Schwein	MJ/kg	10,8	13,0

Heimische Leguminosen

großkörnige Leguminosen (Körnerleguminosen):

Ackerbohnen



Erbsen



Lupinen



Sonstige: Sojabohnen, Wicken, Linsen

kleinkörnige Leguminosen (Grünleguminosen):

Luzerne, Rotklee, Weißklee, Esparsette

Heimische Leguminosen mit Bedeutung für die Nutztierfütterung

Ackerbohnen
(weiß- u. buntblühend)

Futtererbsen
(weißblühend)

Blaue Süßlupinen
Weiße Süßlupinen

Sojabohnen
(europäisch)

0,49 Mio. t/Jahr in Deutschland für Fütterung

Luzerne(silage), Klee gras(silage)

2,63 Mio. t TM/Jahr in Deutschland

Inhaltsstoffe von unterschiedlichen Luzerneprodukten (Angaben in g pro kg Trockenmasse)

Merkmal		Luzerne-	Luzerne-	Luzerne-
		blätter	ganzpflanze	ganzpflanze
		<i>getrocknet</i>	<i>getrocknet</i>	<i>siliert</i>
Rohasche	g	119	106	110
Rohfaser	g	163	299	296
Rohfett	g	49	33	34
Zucker	g	56	53	10
<hr/>				
Rohprotein	g	325	243	226
Lysin	g	18,5	13,1	13,2
Methionin	g	5,4	3,7	3,4
Cystin	g	4,1	2,5	1,1
Met.+Cys	g	9,6	6,2	4,5
Threonin	g	12,5	8,6	7,8
Tryptophan	g	5,8	3,2	3,1

Nährstoff- und Energiegehalte von Körnerleguminosen

Merkmal		Acker- bohnen	Erbsen	Lupinen	Soja- bohnen
Trocken- masse	g/kg	880	880	880	935
Rohprotein	g/kg	260	207	331	374
Rohfett	g/kg	14	13	77	190
Stärke	g/kg	362	420	65	53
Zucker	g/kg	35	54	64	75
Lysin	g/kg	16,2	14,5	15,9	23,0
Met. + Cys.	g/kg	4,9	4,7	7,0	10,6
Threonin	g/kg	8,9	7,8	11,4	14,6
Tryptophan	g/kg	2,2	1,9	2,6	5,0
ME Rind	MJ/kg	12,0	11,8	13,0	14,9
NEL Rind	MJ/kg	7,6	7,5	8,1	9,3
ME Schwein	MJ/kg	12,5	13,5	14,0	16,7

Körnerleguminosen - Einsatzbeschränkungen

Gehalte an antinutritiven Stoffen in Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen

(-: nicht enthalten; +: geringe Gehalte; ++: hohe Gehalte)

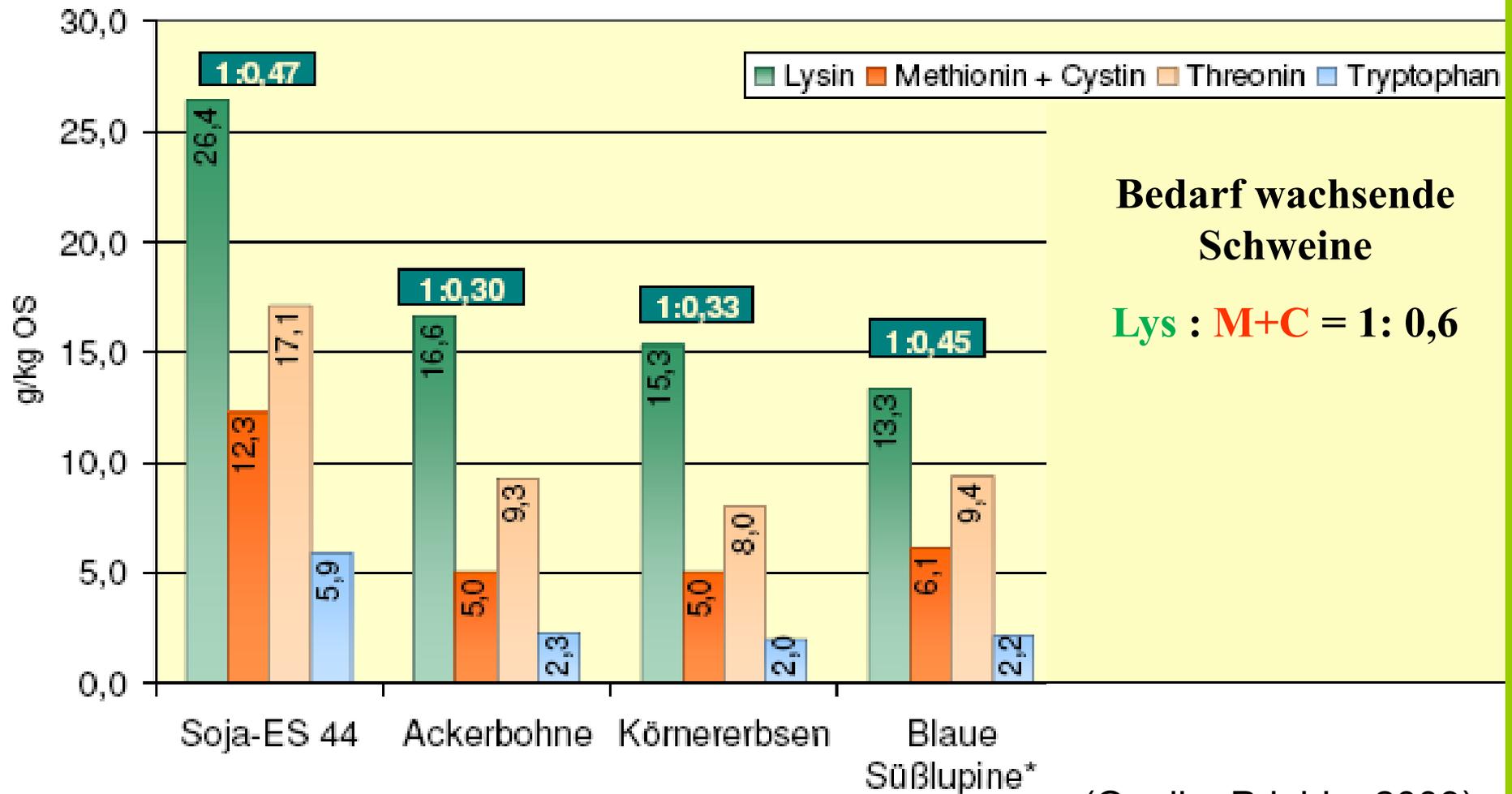
Antinutritive Stoffe	Ackerbohnen	Erbsen	Lupinen	Sojabohnen
Alkaloide	-	-	+ +**	
Polyphenole (Tannine)	+ +*	+*	-	+
Trypsin-/Proteaseinhibitoren	+ +	+ +	+*	++
Lectine (Phytohämagglutinine)	+	+	+	+
α - Galactoside	+	+	+	+
Vicin und Convicin	+ +*	-	-	
Saponine	+	+	-	
Antivitamine	+	-	-	

* Sortenunterschiede: Sorten mit geringen oder sehr niedrigen Gehalten vorhanden.

** In Bitterlupinen, Süßlupinen mit sehr geringem Gehalt

(Quelle: Bissinger et al. 2004)

Aminosäuregehalte verschiedener Eiweißfuttermittel (in g/kg OS)



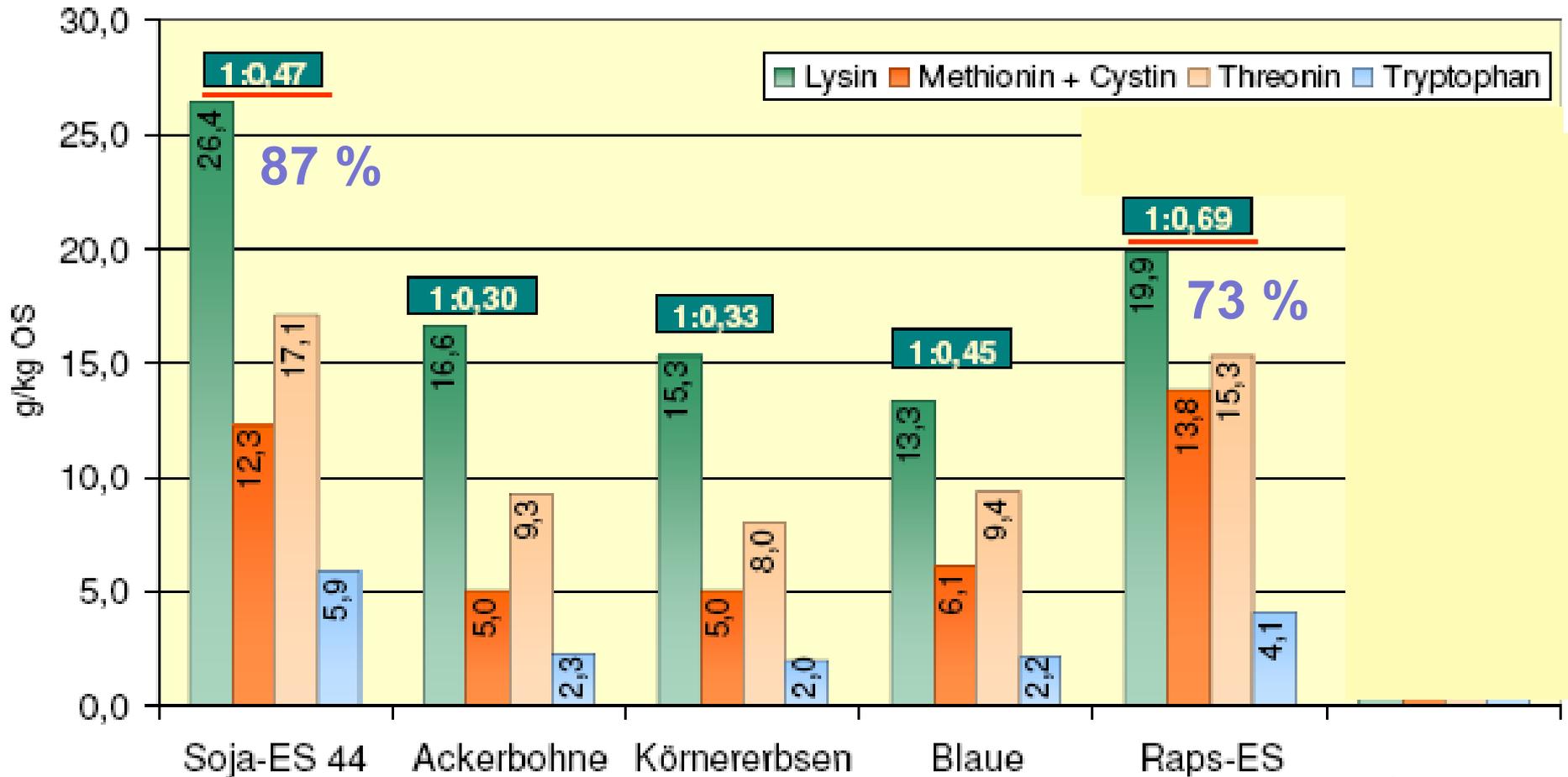
(Quelle: Priebke 2009)

Standardisierte praecaecale Verdaulichkeiten (Schwein, in %) des Rohproteins und wichtiger Aminosäuren aus Körnerleguminosen und Sojaextraktionsschrot (SES)

	Ackerbohnen	Erbsen	Lupinen	SES
Rohprotein	76	80	86	88
Lysin	82	85	87	91
Methionin	67	77	81	93

(Quellen: Mosenthin et al. 2007; Evonik 2010)

Aminosäuregehalte verschiedener Eiweißfuttermittel (in g/kg OS)

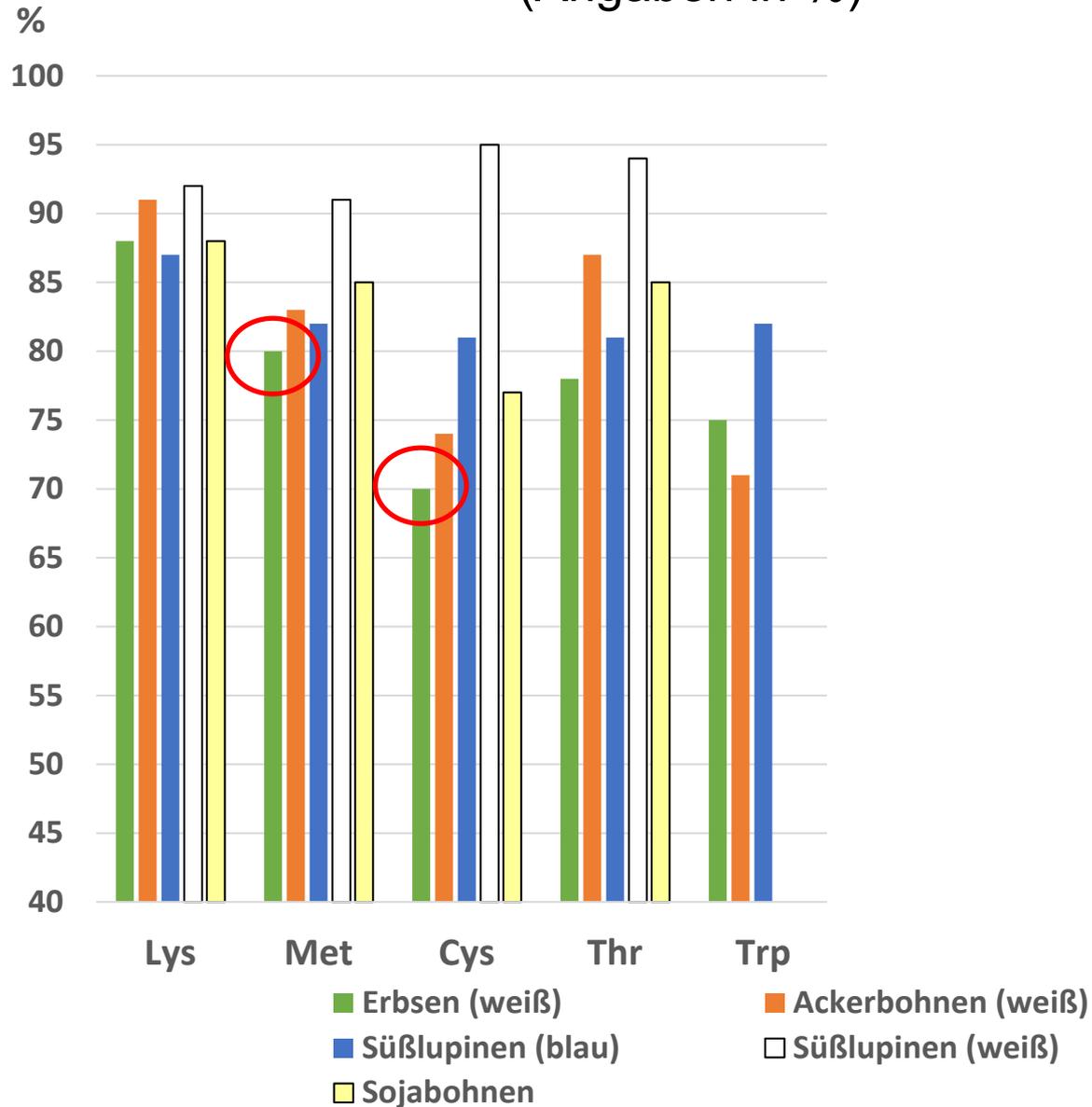


Lysin-Verdaulichkeit am Dünndarm

SES 23 g verd. Lys; RES 14,5 g verd. Lys (= 63 %)

(Quelle: Priebke 2009)

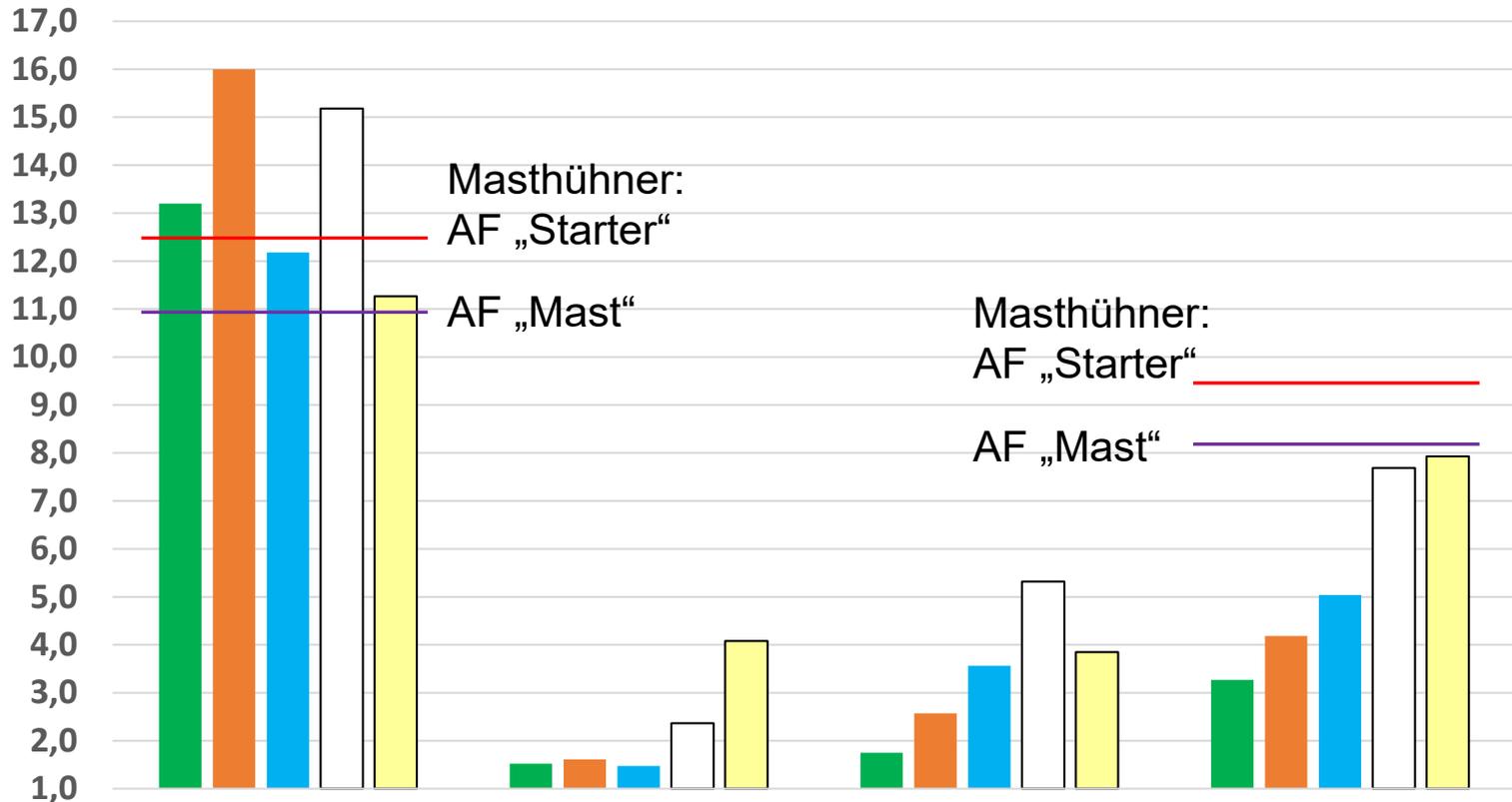
Verdaulichkeit essentieller Aminosäuren in Körnerleguminosen für wachsendes Geflügel (Angaben in %)



Gehaltswerte für verdauliche Aminosäuren (AS) in Körnerleguminosen

(Angaben in g präcäcol verdauliche AS pro kg Frischmasse)

g pcv AS/kg FM



Lys

Met

Cys

M+C

■ Erbsen (weiß)

■ Ackerbohnen (weiß)

■ Süßlupinen (blau)

□ Süßlupinen (weiß)

■ Sojabohnen

Eigene Darstellung

Weitere mögliche Eiweißquellen

Nebenprodukte aus der:

- Stärkeproduktion (Maiskleber, Kartoffeleiweiß)
- Brauerei (Biertreber, Bierhefe, Malzkeime)
- Molkerei (Magermilchpulver, Molkepulver – aufbereitet)
- Schlachtereier (Blutmehl)
- Fischerei (Fischmehl)

Neue Eiweißquellen (in der Entwicklung)

- Wasserlinsen
- Insektenprotein
- Bakterienprotein

Freie Aminosäuren (bzw. Hydroxy-Analog):

Lysin, Methionin, Cystin, Threonin, Tryptophan, Valin, Arginin, Isoleucin, Tyrosin, *Histidin*

Einsatz heimischer Eiweißfuttermittel in der Nutztierfütterung

- Schweine
- Geflügel
- Rinder

Schweinemastversuche mit Rapsextraktionsschrot (RES)

Quelle	Mischungs- anteil RES im AF (%)	Tages- zunahmen (g/d)	Futter- aufwand (kg/kg)	Muskelfleisch- anteil (%)	GSL (mMol/kg RES)
Weiß u.a. (2004)	0	797	2,84	56	10
	10	821	2,80	57	
	15	813	2,79	57	
Weber u. a. (2006)	0	850	3,06	55	9
	10 / 15 *	832	2,94	55	
	15 / 20	825	2,96	56	

* Anfangsmast / Endmast

GSL = Glucosinolate

Preiswürdigkeit:

Wenn RES weniger als **65 %** des SES-Preises kostet, dann ist RES ökonomisch überlegen.

Einsatzbeschränkungen für Rapsextraktionsschrot

- 1) Gehalt an **Glucosinolaten** (GSL)
- 2) niedrige **Energie**konzentration
- 3) niedriger **Lysingehalt**
- 4) hoher **Phosphorgehalt** (??)

Einsatzbeschränkungen für Rapsextraktionsschrot

1) Gehalt an **Glucosinolaten** (GSL)

Richtwert für Schweine nach Schöne (2009):

max. **1,5** mmol/kg Futtermischung

GSL mmol/kg Rapsfuttermittel				
30	20	10	5	
Einsatzgrenze im Mischfutter %				
5	7,5	15	30	

Achtung:

Niedrige GSL-Gehalte können auch durch zu starke Erhitzung bedingt sein!

Dann schlechtere Aminosäurenverdaulichkeit möglich!

Einsatzempfehlungen für heimische Raps- und Sojaprodukte in der Schweinefütterung (Mischungsanteil in % der Kraftfuttermischung)

Tiergruppe	RES	Raps- kuchen	Soja- bohnen*	Soja- kuchen*
Zuchtsauen (tragend/ laktierend)	8**	5 - 10	4	6
	10	5 - 10	bis 15	20
Ferkel (abgesetzt)	5 - 10	5 - 10	bis 15	bis 20
Mastschweine (bis 70 kg/ ab 70 kg)	15	7 -10	10	15
	20	10 - 15	10	15

* wärmebehandelt; ** alleiniges Eiweißfutter

(Quellen: Weiss u. Schöne 2008; Weiss u. Schöne 2010; Bellof et al. 2013; Preißinger et al. 2014)

Einsatzempfehlungen für RES in der Geflügelfütterung

(Mischungsanteile in Alleinfuttermischungen, Angaben in %)

Tiergruppe / Produktionsbereich	RES
Broiler	
Starter (bis 4. LW)	7,5
Mast (ab 4. LW)	15
Mastputen	
Aufzucht (P1/P2)	5
Mast (P3-4)	10
Mast (P5-7)	15
Legehennen	
Eiproduktion	15

(Quellen: Rodehutschord u. Weiß, 2012; Plesch u. Bellof, 2016)

Einsatz von Rapsextraktionsschrot (RES) in der Milchviehfütterung (1)

Futtermittel	Ration	
	SES	RES
	kg/Tag	kg/Tag
Getreide	2,2	1,9
Sojaex.	3,9	
Rapsex.		4,2
Fett pansenstabil		0,22

Merkmal	SES	RES + Fett
Milch, kg/d	40,0	40,5
Fett, %	3,74	3,85
Eiweiß, %	3,34	3,34
Harnstoff, mg/l	265	247

Vergleichbare
Zusammensetzung der
TMR
im Grobfutteranteil und
bei Ergänzungen
(Mineralstoffe)

Preiswürdigkeit:
Wenn RES weniger als **86 %**
des SES-Preises kostet, dann
ist RES ökonomisch
überlegen.

(Quelle: Engelhard 2002)

Einsatzempfehlungen für Trockenschlempen

Tiergruppe	Einheit	Getreidetrocken- schlempe	Maistrocken- schlempe
Schwein			
Ferkel	% in TF		k. A.
Zuchtsau	% in TF		10/5
Mast	% in TF		10
Rinder	% i. d. TM	50 % der Eiweißträger (bis 35 % im Aufzucht-KF, bis zu 4 kg/Tag an Milchkühe, bis 2 kg/Tag an Mastrinder)	

Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Körnerleguminosen in der Fütterung von

- Schweinen
- Geflügel
- Rindern

Einsatz von heimischen Körnerleguminosen in der Fütterung von Mastschweinen (Mischungsanteil in % der Kraftfuttermischung)

Körner- leguminose	Mischungs- anteile im Alleinfutter (%)	Tages- zunahmen (g/Tag)	Futter- verbrauch (kg/Tag)	Futter- aufwand (kg/kg)	MFA (%)/ Indexpunkte	Quelle
Weißer Lupine	0	1040 ^{a1}	2,56 ^a	2,47	1,019	Krieg et al. 2024
	0/5/10	992 ^{ab}	2,42 ^{ab}	2,45	1,019	
	5/10/15	972 ^b	2,37 ^b	2,45	1,020	
	10/15/20	955 ^b	2,30 ^b	2,41	1,026	
Weißer Lupine	0	937 ^a	2,52 ^a	2,68	60,5	Weber et. al. 2024
	0/5/10	908 ^{ab}	2,39 ^b	2,64	60,6	
	5/10/15	880 ^{bc}	2,32 ^{bc}	2,64	61,3	
	10/15/20	870 ^c	2,26 ^c	2,60	60,5	
Ackerbohne	0	952	2,53	2,40	1,017	Meyer et al. 2016
	15/20/25	952	2,52	2,40	1,006	
Ackerbohne	0	910	2,29	2,47	0,932	Scholz et al. 2016
	18/18/18	892	2,21	2,46	0,940	
Erbse	0	996	2,73	2,71	1,005	Meyer et al. 2016
	15/20/25	1017	2,63	2,68	0,995	
Erbse	0	912	2,50 ^a	2,76 ^a	59,5	Weber et al. 2016
	10/15/20	905	2,35 ^b	2,61 ^b	58,3	
	10/20/30	886	2,30 ^b	2,61 ^b	59,3	
	20/20/20	894	2,31 ^b	2,59 ^b	58,3	

¹ Unterschiedliche Hochbuchstaben signalisieren signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen

Einsatzempfehlungen für heimische Körnerleguminosen in der Schweinefütterung (Mischungsanteil in % der Kraftfuttermischung)

Tiergruppe / Produktionsbereich	Erbsen (weiß)	Ackerbohnen (weiß)	Süßlupinen (weiß/blau)	Sojabohnen
Ferkel				
bis 20 kg	10	5	0 (5)	10
ab 20 kg	20			15
Mastschweine				
Anfangsmast	20	5 - 15	5 (15)	15 ²
Endmast	25 ¹	15 - 25	10 (20)	10 ²
Sauen				
tragend	8	8	8	5
laktierend	20	5 - 15	10	20

¹ Begrenzung für Flüssigfutter wegen Schaumbildung, im Trockenfutter ggf. höher (bis 40 %).

² Erfahrungswerte, noch nicht ausreichend durch Versuche abgesichert.

(Quellen: Weber et al. 2020; UFOP 2024)

Empfehlungen für Höchstanteile an Körnerleguminosen in Alleinfuttermischungen für Mastgeflügel

Leguminosenart		Masthühner (Broiler)	
		Starter (bis 4. LW ¹)	Mast (ab 4. LW)
Ackerbohnen	bunt	10	20
	weiß	20	25
Erbsen	weiß	25	30
Blaue/Weiße Süßupinen	alkaloid-arm	10	15
Sojabohnen	wärme-behandelt	15	15
Sojakuchen	wärmebeh., < 10 % Fett	20	20

¹ LW: Lebenswoche; ² P: Phase.

Quellen: Bellof 2013; Bellof et al. 2013; Jeroch et al. 2016; Halle 2016; ergänzt.

Empfehlungen für Höchstanteile an Körnerleguminosen in Alleinfuttermischungen für Legehennen

Leguminosenart		Legehennen	
		Eipro- duktion	Repro- duktion
Ackerbohnen	bunt	10	5
	weiß	10	5
Erbsen	weiß	30	30
Blaue/Weiße Süßlupinen	alkaloid-arm	10	10
Sojabohnen	wärme- behandelt	15	15
Sojakuchen	wärmebeh., < 10 % Fett	20	20

Quellen: Bellof 2013; Bellof et al. 2013; Jeroch et al. 2016; Halle 2016; ergänzt.

Einsatzempfehlungen für heimische Körnerleguminosen in der Rinderfütterung (Angaben in kg/Tag oder % des Kraftfutters)

Tiergruppe	Ackerbohnen	Erbsen	Lupinen
Rinder			
Milchkühe	6 kg bzw. 30 %	8 kg bzw. 45 %	bis 4 kg bzw. 45 %
Masttiere	2 kg	bis 2,5 kg	30 %

(Quellen: eigene Zusammenstellung; nach ABEL et al. 2003, ROTH-MAIER et al. 2003, BELLOF et al. 2003, MEYER 2023)

Zusammenfassung und Ausblick

Ansätze zur Ausweitung des Einsatzes heimischer Eiweißfuttermittel

- Kombination mehrerer Proteinfuttermittel
- Verbesserte Analytik (Ableitung der Nährstoffverdaulichkeit auf Basis von *in vitro*- oder NIRS-Verfahren)
- (Weitere) Aufbereitung der Futtermittel
- Ergänzung mit weiteren, nachrangig essentiellen, freien Aminosäuren
- Einsatz von Enzymen (Phytasen, NSP-hydrolysierenden Enzymen)
- angepasste Mineralfuttermischungen!

Vielen Dank
für Ihr Interesse!

