

Serie: Alternative Proteinquellen für Tierfutter

Körnerleguminosen als alternative Proteinquellen zu importierten Eiweissträgern

Annelies Bracher

Agroscope, 1740 Posieux, Schweiz

Auskünfte: Annelies Bracher, E-Mail: annelies.bracher@agroscope.admin.ch



Körnerleguminosen können einen wertvollen Beitrag an die inländische Proteinversorgung leisten.

Einleitung

Proteine und deren Bausteine – die stickstoffhaltigen Aminosäuren – sind essentielle Nährstoffe sowohl in der Ernährung des Menschen als auch in der Fütterung von Nutztieren und somit unverzichtbar. Für die Produktion von tierischen, proteinreichen Lebensmitteln wie Milch, Fleisch oder Eier müssen im Produktionsprozess je nach Tierart pflanzliche oder auch tierische Proteine verfüttert werden. Die mengenmässige Bedeutung und hohe Importabhängigkeit der Proteinträger führen nicht nur in der Schweiz, sondern auch in der EU zu einer kritischen Bewertung der Tierproduktion im globalen Kontext. Im Spannungsfeld «Nahrungsmittel – Futtermittel – Wasser – Treibstoff – Ackerland – Klimawandel» liegt ein grosses Konfliktpotenzial. Die Herkunft der Eiweissfuttermittel aus Überseegebieten sorgt für lange Transportwege und führt in Südamerika zu prob-

lematischen Abholzungen. Die geforderte GVO-Freiheit der Futtermittel oder das wegen der Überfischung der Bestände in Misskredit geratene Fischmehl sind weitere kritische Aspekte. Dabei sind besonders Sojaprodukte zunehmend und berechtigt in die Kritik von Umweltorganisationen geraten (AGROFUTURA, 2011; WWF Schweiz 2014). Die Branche und Politik haben auf die Problematik reagiert und engagieren sich zum Beispiel im Soja Netzwerk Schweiz für den Import aus verantwortungsbewusstem Sojaanbau und einem vermehrten Import aus Europa. Aktuell stammen bereits 41 % des in die Schweiz importierten Sojaschrotes aus Europa (Sojanetzwerk Schweiz, 2018).

Über das strategische Forschungsfeld Proteinversorgung/Proteineffizienz ist Agroscope in die Thematik der Eiweissversorgung eingebunden und unterstützt die Erarbeitung einer Schweizer Proteinstrategie. In der Artikelserie Alternative Proteinquellen für Tierfutter werden alternative Proteinquellen unter dem Gesichtspunkt der Erschliessung neuer und nachhaltiger Proteinquellen als Futtermittel unter schweizerischen Produktionsbedingungen verstanden, die die Importabhängigkeit reduzieren, wenig oder kein Ackerland beanspruchen und klimaschonend produziert werden können. Dabei geht es nicht nur um einen möglichen Sojaersatz, sondern auch um den Ersatz von Fischmehl im Tierfutter. Das Einsparpotenzial, das sich über eine verbesserte Proteineffizienz oder verändertem Konsumverhalten ergibt, ist Gegenstand anderer Publikationen. Im ersten Artikel der Serie Alternative Proteinquellen für Tierfutter werden die Körnerleguminosen beurteilt, die Ölsaaten und Nebenprodukte sind Gegenstand eines zweiten Artikels. Ein weiterer Beitrag ist dem Potenzial von Insekten und Algen gewidmet. Dabei werden ausgehend von den Nährstoffprofilen die Einsatzgrenzen der alternativen Proteinquellen und weitere Kriterien wie Verfügbarkeit, Umwelteffekte und Risiken diskutiert und Wissenslücken aufgezeigt.

Material und Methoden

Die Datenbasis zur Beurteilung alternativer Proteinquellen stützt sich auf in- und ausländische Agrarstatistiken, um Entwicklungen in Produktion, Handel und Verbrauch abzuleiten. Soweit vorhanden, stammen die Angaben zur Erstellung der Nährstoffprofile aus on-line und off-line Daten der schweizerischen Futtermitteldatenbank (www.feedbase.ch). Datenlücken wurden durch Literaturrecherchen ergänzt.

Nährstoffprofil von Sojaprodukten als Messlatte

Zur Bewertung der Proteinfuttermittel wurde ein ideales Anforderungsprofil als Grundlage eines Beurteilungsrasters erstellt, welches tierartübergreifend ähnlich vielseitige Einsatzmöglichkeiten gewährleisten soll, wie dies für Sojaprodukte zutrifft. Das Nährstoffprofil von Sojaprodukten dient als Anhaltspunkt (Tab. 1), das sich durch einen hohen Proteingehalt von über 40 % bei guter Proteinqualität und hoher Nährstoffverdaulichkeit auszeichnet. Der weltweite Soja-Boom gründet unter anderem auf dem nahezu idealen Nährstoffprofil. Die geforderte Proteinqualität hängt von der Zielart ab. Monogastrier stellen höhere Ansprüche als Wiederkäuer, die ihrerseits von der Symbiose mit Pansenmikroorganismen profitieren können. Als Massstab wurden die Anforderungen von anspruchsvollen Ferkeln zugrunde gelegt (Abb. 1). Die gewählte Bezugsgröße ist g verdauliche Aminosäure/MJ verdaulichen Energie Schwein (VES). Proteinträger sind dann als hochwertig einzustufen, wenn sie pro Energieeinheit deutlich über dem Bedarf liegen, um in einer Futtermischung die Aminosäuredefizite der Energieträger ausgleichen zu können. Gemessen am empfohlenen Gehalt an verdaulichem Lysin pro MJ VES liegt das Lysin/Energieverhältnis von Fischmehl und den Sojaprodukten deutlich über dem Bedarf von Ferkeln, während Maiskleber ein Lysin- und Tryptophandefizit aufweist und somit für die Ferkelfütterung nicht ideal ist.

Als weitere einsatzbegrenzende Besonderheiten sind die Fettqualität und notwendige Futterbehandlungen aufgrund von antinutritiven Inhaltsstoffen zu berücksichtigen. Die Fettqualität im Futter wird mit dem PUI-Index bewertet, der aus dem Fettsäuregehalt abgeleitet wird ($\text{PUI g/kg} = -0,3 \cdot \text{SFA} + 0,457 \cdot \text{MUFA} + 0,119 \cdot \text{PUFA}$) und im Mastschweinefutter als Restriktion gesetzt wird. Darüber hinaus sind Kriterien wie Flächenanspruch, inländisches Produktionspotenzial, Importherkunft, Konkurrenz zu Lebensmitteln und Umwelteffekte zu bedenken. Je mehr eine Proteinquelle von der Idealanforderung abweicht, desto mehr ist der Einsatz in der Fütterung

Zusammenfassung

Die Hauptproteinquelle für den schweizerischen Nutztierbestand ist mit einem Anteil von 67 % das inländische Raufutter. 25 % des Futterproteins werden importiert. Die Importabhängigkeit von Proteinträgern und deren teilweise problematische Herkunft hat die Suche nach alternativen Proteinquellen auf die politische Agenda gebracht. Unter den proteinreichen Importfuttern deckt Soja 63 % des Proteinangebotes ab. Der Ersatz für die rund 200 000 t Rohprotein (RP) aus importierten Proteinträgern würde nahezu drei Viertel der offenen Ackerfläche in der Schweiz beanspruchen. Mit einer Ausdehnung des Körnerleguminosenanbaus auf 10 % der Ackerfläche könnten gut 20 000 t RP generiert werden. Als Stickstoff-fixierende Pflanzen haben Leguminosen zudem vorteilhafte Umwelteffekte. Erbsen, Ackerbohnen und Lupinen sind besser an das Klima in der Schweiz angepasst als Soja. Die Nährstoffprofile der Körnerleguminosen sind jedoch unterschiedlich. Der Proteingehalt erreicht nur im Fall der gelben Lupine das hohe Niveau der Sojabohne. Proteinerbse und Ackerbohne sind im Lysingehalt/100 g RP dem Sojaprotein gleichwertig oder sogar überlegen. Körnerleguminosen sind bei allen Tierarten einsetzbar. Sie liefern jedoch bei anspruchsvollen Monogastriern wie dem Ferkel zu wenig an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin, Cystin) und teilweise Threonin und Tryptophan. Sie enthalten zudem antinutritive Inhaltsstoffe, welche thermisch inaktiviert werden müssen. Insgesamt leisten Körnerleguminosen einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Futterautonomie in der Schweiz, auch wenn Sojaimporte nur beschränkt durch andere Leguminosenarten oder inländisches Soja ersetzt werden können.

limitiert. Wie sich in den weiteren Kapiteln zeigen wird, sind Proteinträger nicht 1:1 austauschbar.

Resultate und Diskussion

Proteinquellen der Schweiz

Im Sinne einer Standortbestimmung ein paar Bemerkungen zur Futtergrundlage der Schweiz. Der Umfang und die Zusammensetzung des Nutztierbestandes be-

Tab. 1 | Anforderungsprofil für alternative Proteinquellen als Futtermittel

	Kriterien	Sojaschrot 48	Sojakuchen	Sojabohne	Ideale Anforderung ¹
Nährstoffprofil	RP g/kg TS	530–600	400–520	350–450	> 400
	RL g/kg TS	10–30	50–150	150–250	< 150
	RF g/kg TS	30–55	45–75	35–75	< 100
	ADF g/kg TS	55–95	60–150	80–130	< 140
	NDF g/kg TS	60–120	115–180	115–210	< 200
	Lys g/100 g RP	6,13	6,01	6,41	> 6,0
	Met g/100 g RP	1,44	1,37	1,36	> 1,4
	Cys g/100 g RP	1,38	1,55	1,60	> 1,4
	Thr g/100 g RP	3,93	3,86	4,01	> 3,7
	Trp g/100 g RP	1,34	1,31	1,30	> 1,2
	g ViLys/MJ VES	1,86	1,44–1,58	1,25	> 0,8
	g Vi(Met+Cys)/MJ VES	0,82	0,67–0,75	0,53	> 0,6
	g ViThr/MJ VES	1,13	0,86–0,96	0,72	> 0,6
	g ViTrp/MJ VES	0,40	0,30–0,34	0,23	> 0,2
	PUI g/kg TS	1,0–3,3	7,1–17,8	21,8–32,2	< 15
	vOS % Rind	90–92	90	83–88	> 80
	vOS % Schwein	87	90	83	> 80
	vAMIS % Schwein	80–93 wenn Hitzebehandlung			> 80
	NEL MJ/kg	7,3–8,1	7,5–8,3	9,4–10,6	> 7,0
	VES MJ/kg	15,5–17,2	15,1–18,1	17,1–18,6	> 14,0
UEG MJ/kg	10,0–11,5	10,5–14,1	14,0–16,3	> 8,0	
ANF*	Trypsinhibitoren, Lectine, Saponine			keine	
Futterbehandlung	(hydro)thermische Behandlung			falls nötig	
Besonderes	Nebenprodukt der Ölgewinnung			Neben- und Abfallprodukte	
Mögliche Zieltierart	Weiderkäufer, Schwein treilweise bedingt wegen PUI-Index, Geflügel, Pferd, Fisch			Wiederkäufer, Schwein alle, Geflügel, Pferd, Fisch	
Flächenanspruch	Ackerland, 2,7 t Bohne/ha, ~ 1000 kg RP/ha			> 1000 kg RP/ha oder gar kein Ackerlandanspruch	
Inlandproduktion	keine inländische Produktion		klimatisch-topografisch beschränkt, aktuell ~ 5600 t	an mitteleuropäisches Klima angepasst, > 20 000 t	
Importherkunft	Brasilien, Europa			Europa	
Umwelteffekte	N-Fixierung, Bereicherung der Fruchtfolge, Bienenweide, Abholzung von Regenwäldern			tiefer Fussabdruck, Recycling	
Konkurrenz zum Mensch	nein	nein	Ja	keine	

*ANF = antinutritive Inhaltsstoffe; ¹abgeleitet aus Nährstoffprofil von Soja und Bedarf für Ferkel

stimmen die Menge und Qualität des Futterbedarfes. Gemäss Futterbilanz (Agristat 2018) standen 2016 über alle Futterkategorien gesehen 8381727 t Trockensubstanz (TS), 154664 TJ Bruttoenergie und 1242147 t Rohprotein (RP) zur Verfügung.

Die Aufschlüsselung des Proteinangebotes nach Futterkategorien und Herkunft zeigt, dass 66,6 % des Rohproteins aus dem inländischen Raufutter stammen (Abb. 2). Der ein- und mehrjährige Futterbau ist somit der wichtigste Proteinlieferant. Diese Tatsache geht in der Polemik um Importfutter häufig vergessen. 24,6 % des Proteins wird in Form von Getreide, Nebenprodukten der Mülerei, Brauerei, Stärke-, Zucker- und Ölindustrie importiert. Dazu kommen einige tierische Komponenten und Raufutter. Die eiweisreichen Ölkuchen und -schrote tragen mit 11,9 % zum Gesamtproteinangebot

bei. 80 % des importierten Proteins stammt von Futterkomponenten, die nicht als Lebensmittel geeignet sind. Längst nicht alle Importfutter sind als eigentliche Proteinfutter einzustufen. Zum Beispiel enthalten die energiereichen Getreide und deren Nebenprodukte noch namhafte Mengen an Protein.

Die globale Betrachtungsweise ist allerdings nach Tierkategorie zu differenzieren. Das im Raufutter enthaltene Protein ist für Schweine und Geflügel erst nach Aufschluss- und Fraktionierungsverfahren gut verwertbar. Diese Tierkategorie ist daher auf die Zufuhr von hochwertigem Protein aus Mischfutter, Abfall- und Nebenprodukten angewiesen. Während beim Rindvieh 86,5 % des Proteins inländischer Herkunft ist, beträgt dieser Anteil bei Schweinen und Geflügel lediglich 34,5 % respektive 13,8 %. Die Ration der Monogastrier besteht

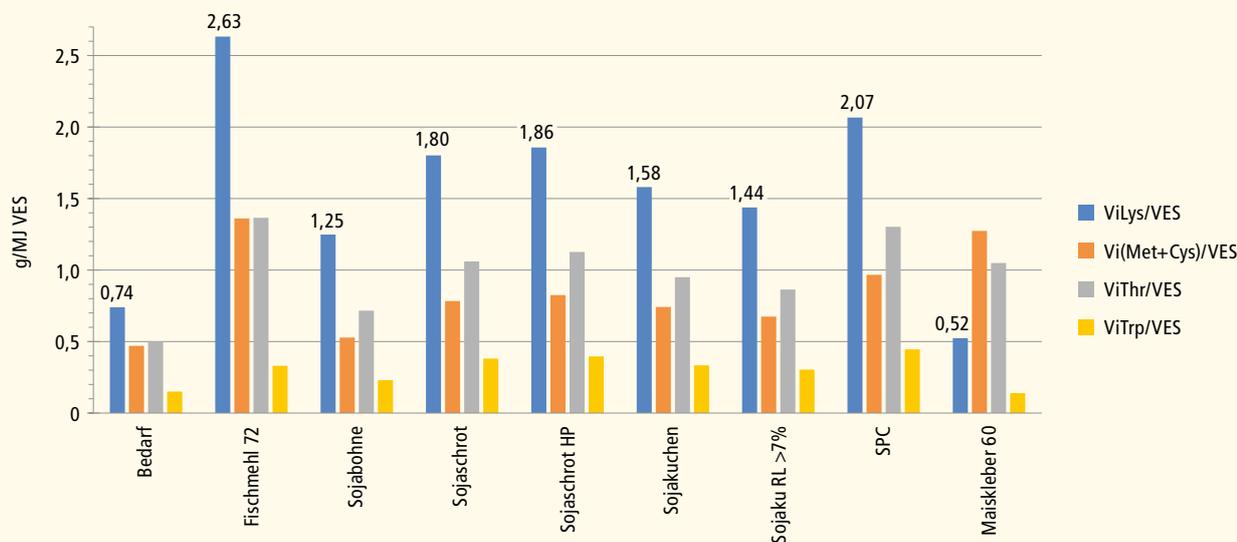


Abb. 1 | Bedarfsempfehlung für Ferkel für verdauliches LYS, MET+CYS, THR und TRP in g/MJ VES und Gehalte von Sojaprodukten, Fischmehl und Maiskleber (HP = High Protein; SPC = Sojaproteinkonzentrat).

hauptsächlich aus Mischfutter basierend auf energie- und proteinreichen Rohkomponenten. Dies bestätigt eine Studie zur Futtergrundlage bei Schweinen (Bracher und Spring 2010). Aus der Auswertung von Daten von 1665 Import-Exportbilanzen von 2008 geht hervor, dass über alle Betriebstypen gewichtet, der Mischfutteranteil am Gesamtfutterverbrauch für Schweine 85,7% betrug. Die Bedeutung der Nebenprodukte (im Sinne von nicht-Mischfutter, oft flüssiger Natur wie Schotte) im Schweinefutter hat in der Zwischenzeit mit dem Fütterungsverbot von Gastroabfällen weiter abgenommen. Schweine und Geflügel beanspruchen zusammen 65,8% des Mischfuttersumsatzes (VSF Jahresbericht 2017). Monogastrier sind folglich die treibende Kraft im Kraftfutterverbrauch.

Steigende Importabhängigkeit beim Kraftfutter

Die Importabhängigkeit beim Kraftfutterverbrauch hat im Verlaufe der letzten 30 Jahre stetig zugenommen. Der Importanteil ist seit 1990 von 30% auf aktuell 65,7% gestiegen (SBV 2011; Agristat 2018). Ab 2008 übersteigt die Importmenge die im Inland produzierten Kraftfutterkomponenten. Bei den Proteinträgern stammen nur noch rund 15% aus der Schweiz (Raaflaub *et al.* 2015). Mehrere Ereignisse haben zu dieser Entwicklung beigetragen. Als Folge der BSE-Krise wurde 1990 die Verfütterung von Tiermehl an Wiederkäuer verboten und bis 2001 zu einem totalen Tiermehlverbot verschärft. Dadurch gingen 45 000–50 000t proteinreiches Fleischmehl und Fleischknochenmehl verloren (Chaubert 1994). 2011 kam dann das Verfütterungsverbot von Gastroabfällen

dazu, was mit geschätzten 35 000–40 000t Kraftfutter ersetzt werden musste, wovon 7 000–8 000t auf Eiweissfuttermittel entfallen (SBV 2011). Als Folge agrarpolitischer Massnahmen seit Beginn der 1990er Jahre hat der Futtergetreideanbau an Attraktivität stark eingebüsst. Die Anbaufläche und damit die verfügbare Futtergetreidemenge ist von über 800 000t auf 400 000t gesunken (VSF 2017). Der Rückgang an tierischen Eiweissträgern (Tiermehle, Fischmehl) wurde durch einen zunehmenden Einsatz von importierten Oelschroten/-Kuchen wettgemacht (Abb. 3). Neben Fischmehl hat auch der Import von Kartoffelprotein aus preislichen Gründen abgenommen, während Sojaschrot/-kuchen von 27 000t (1990) auf rund 275 000t (2016) gestiegen sind. Unter den proteinreichen Importfuttermitteln deckt Soja rund 63% des Proteinangebotes ab. Die Rapsnebenprodukte haben sich als zweitwichtigste Proteinquelle etabliert gefolgt von Maiskleber. Seit 2008 nimmt die Importmenge an Sonnenblumenschroten/-kuchen und Getreideschlempen zu. Die importierten Luzernepellets haben seit 2000 sukzessive zugenommen.

Um die Importabhängigkeit substanziell zu reduzieren, müsste ein Ersatz für die rund 200 000t Rohprotein der eiweissreichen Import-Rohkomponenten gefunden werden. Bei einem Proteintrag von rund 1000 kg/ha (Basis Sojabohne Schweiz) würden dafür 200 000 ha Ackerland beansprucht, was nahezu drei Viertel der offenen Ackerfläche der Schweiz entspricht (Agrarbericht 2018). Diese Zusammenhänge dokumentieren die Dringlichkeit der Suche nach alternativen Proteinquellen mit möglichst wenig oder ohne Ackerlandbeanspruchung.

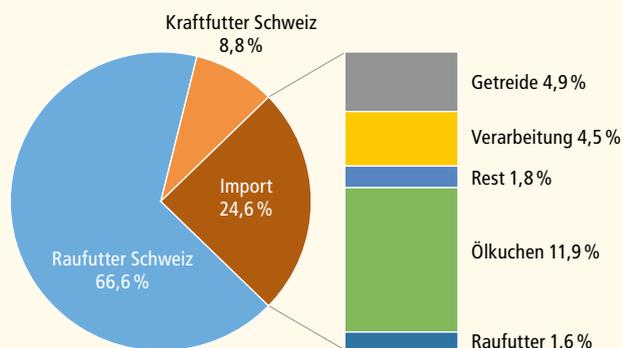


Abb. 2 | Aufteilung des für Nutztiere gesamthhaft verfügbaren Rohproteins der Schweiz, Stand 2016. (Agristat 2018)

Potenzial der Körnerleguminosen

Eine Alternative zu Soja brasilianischer Herkunft wäre eine Ausdehnung der Inlandproduktion. Die Sojabohne ist sowohl eine Körnerleguminose als auch eine Ölsaat und besticht durch vielfältige Verwendungszwecke in der Human- und Tierernährung. Die üblichste Verwendungsform von Soja als Futtermittel besteht aus Sojaschrot (Handelsklassen von Low Protein mit 42–44 % RP bis High Protein mit 48 % RP) und Sojakuchen, beides Nebenprodukte der Sojaölproduktion und in dieser

Form nicht als Lebensmittel geeignet. Durch die geringe Ölausbeute von unter 20 % (swiss granum, 2017) erhalten die Sojanebenprodukte im Vergleich zu anderen Ölsaaten einen höheren Stellenwert. Der Anbauanreiz geht nicht primär vom Öl-Erlös aus. Die weltweite Vormachtstellung als Proteinträger (OECD-FAO 2018) gründet auf einem Nährstoffprofil (Tab. 1), das einen universalen Einsatz bei allen Nutztieren zulässt. Zudem ist Soja ganzjährig verfügbar. Die Anbaueignung in der Schweiz ist klimatisch-topografisch beschränkt. Die Inlandproduktion beläuft sich für 2017 auf 5600t Bohnen (swiss granum 2018), die auch direkt als Lebensmittel genutzt werden können.

Im Gegensatz zu Soja sind Ackerbohnen, Proteinerbsen und Lupinen als einheimische Leguminosen klimatisch besser an die kühleren Produktionsbedingungen in der Schweiz angepasst. Als N-fixierende Pflanzen sind Körnerleguminosen eine wertvolle Bereicherung in der Fruchtfolge mit Düngungseffekt für die Folgekulturen und korreliertem Einsparpotenzial bei Treibhausgasen (Nemecek *et al.* 2015). Sie unterstützen zudem die Unkrautbekämpfung und dienen als Bienenweide. Die tief wurzelnden Lupinen verfügen über eine gute Trockenheitsresistenz. Ackerbohnen, Proteinerbsen und Lupinen werden von Süd- bis Nordeuropa sowie Kanada und Australien angebaut. Es laufen seit einigen

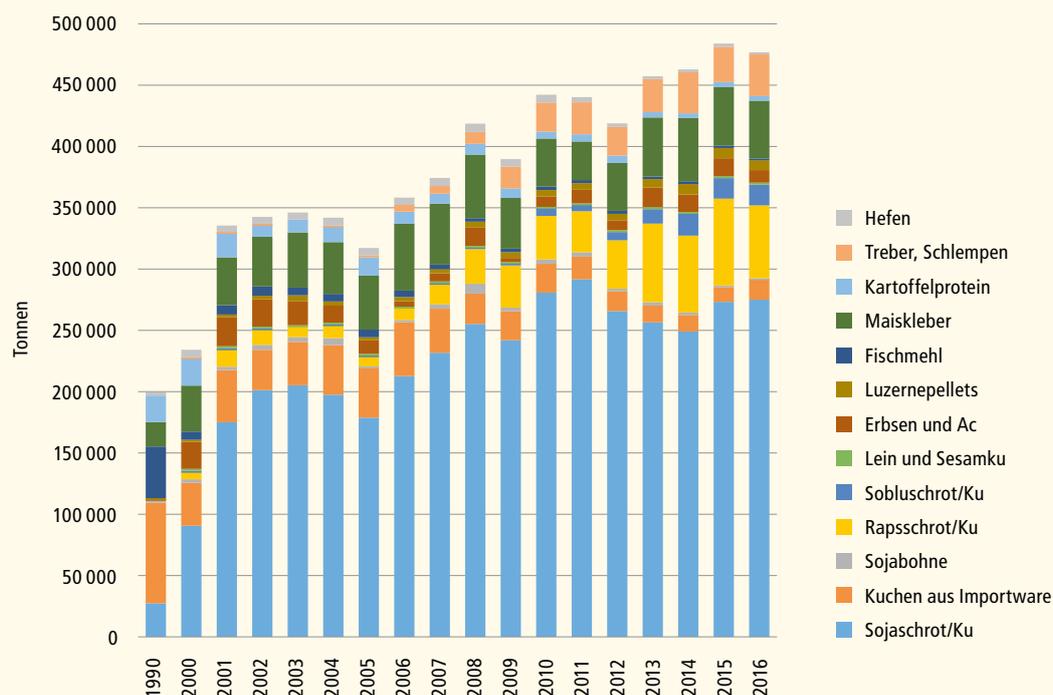


Abb. 3 | Importmengen der wichtigsten Proteinträger. (Swiss granum div. Jahrgänge, Swiss-Impex)

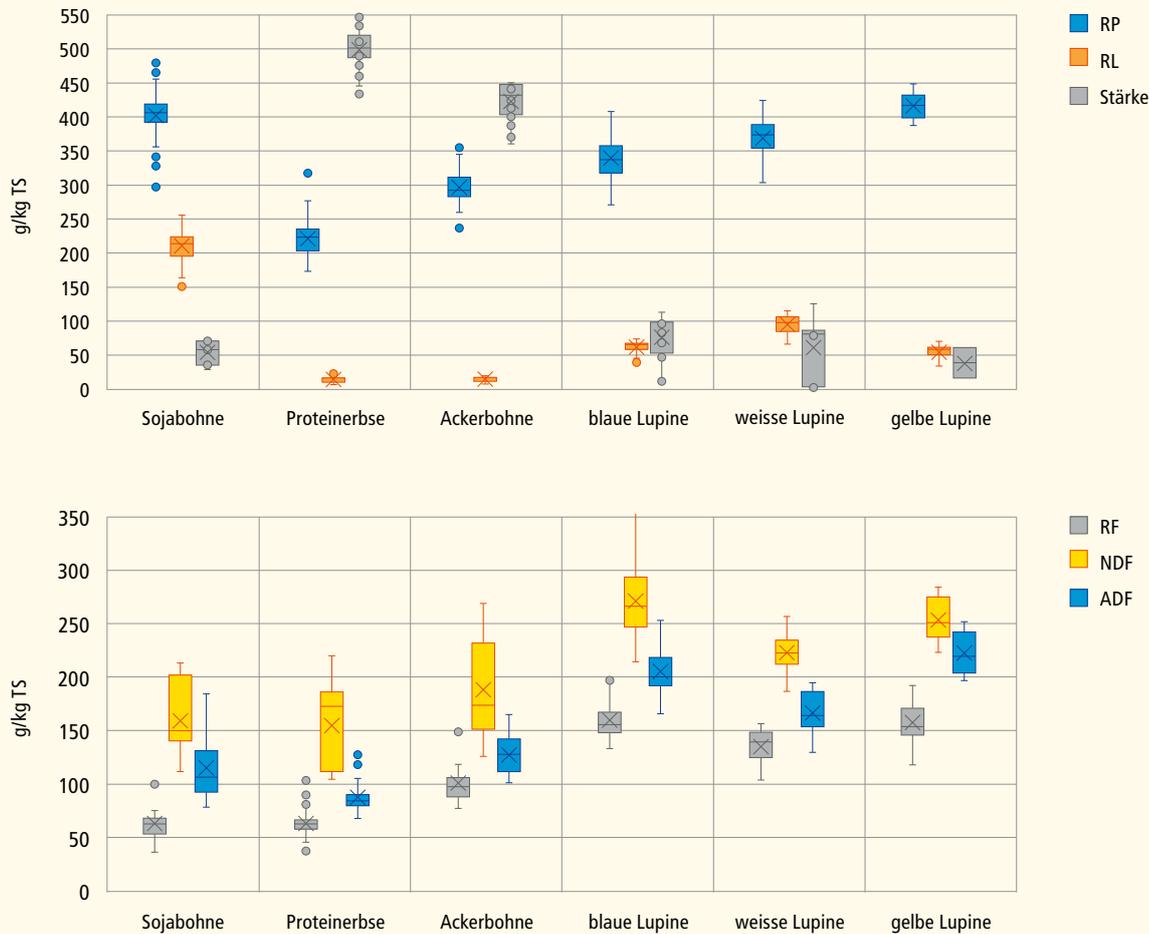


Abb. 4 | Rohnährstoffe (a) und Fasergehalte (b) von einheimischen Körnerleguminosen.

Jahren Bemühungen, die Anbauflächen in Europa und der Schweiz auszudehnen. In aktuellen Plattformen wie LEGVALUE und TRUE engagieren sich Forschung und Industrie in gemeinsamen Projekten für die Förderung des Leguminosenanbaues (www.legvalue.eu; www.true-project.eu). In der EU-28 werden nur auf 1,5 % der Ackerfläche Körnerleguminosen angebaut, allerdings mit grösseren regionalen Unterschieden. Die relativ grossen Ertragsschwankungen und das tiefe Ertragsniveau der Körnerleguminosen gegenüber Getreide sind Hinderungsgründe für eine Anbauausdehnung (Watson *et al.* 2017; Charles *et al.* 2008). Im Gegensatz zu den europäischen Züchtungsanstrengungen bewirkten erfolgreiche Zuchtprogramme in Kanada und Australien, dass der Körnerleguminosenanbau konkurrenzfähig wurde und zu einem Exportgut avancierte. Für Europa wird ein Fruchtfolgeanteil der Körnerleguminosen von 10 % als machbares Ziel formuliert (Watson *et al.* 2017). 2016 wurde in der Schweiz auf 2,85 % der offenen Ackerfläche (OA = 272 698 ha) Körnerleguminosen (inkl.

Soja) angebaut. Eine fruchtfolge-technisch mögliche Ausdehnung auf 10 % würde beachtliche 18 900–26 600 t Rohprotein generieren bei allerdings recht bescheidenen Rohproteinträgen von 700–1000 kg/ha (Tab. 2). Mit Klee gras erreicht man gut die doppelte Proteinmenge pro ha.

Neben den quantitativen Überlegungen sind qualitative Aspekte zu berücksichtigen. Insgesamt präsentiert sich die Gruppe der Körnerleguminosen in ihren Nährstoffprofilen recht heterogen (Abb. 4, Tab. 2).

Mit einem RP-Gehalt von rund 415 g/kg TS ist nur die gelbe Lupine der Sojabohne ebenbürtig (Schuhmacher *et al.* 2011). Auch wenn Erbsen und Ackerbohnen als Proteinträger klassiert werden, ist in diesen zwei Futtermitteln die Stärke mit 500 g/kg TS beziehungsweise 420 g/kg TS der dominierende Nährstoff. In den Lupinen spielt die Stärke dagegen eine untergeordnete Rolle. Proteingehalte von unter 300 g/kg TS schränkt die Verwendung in Proteinkonzentraten ein, die im Handel einen Proteingehalt von über 35 % aufweisen.

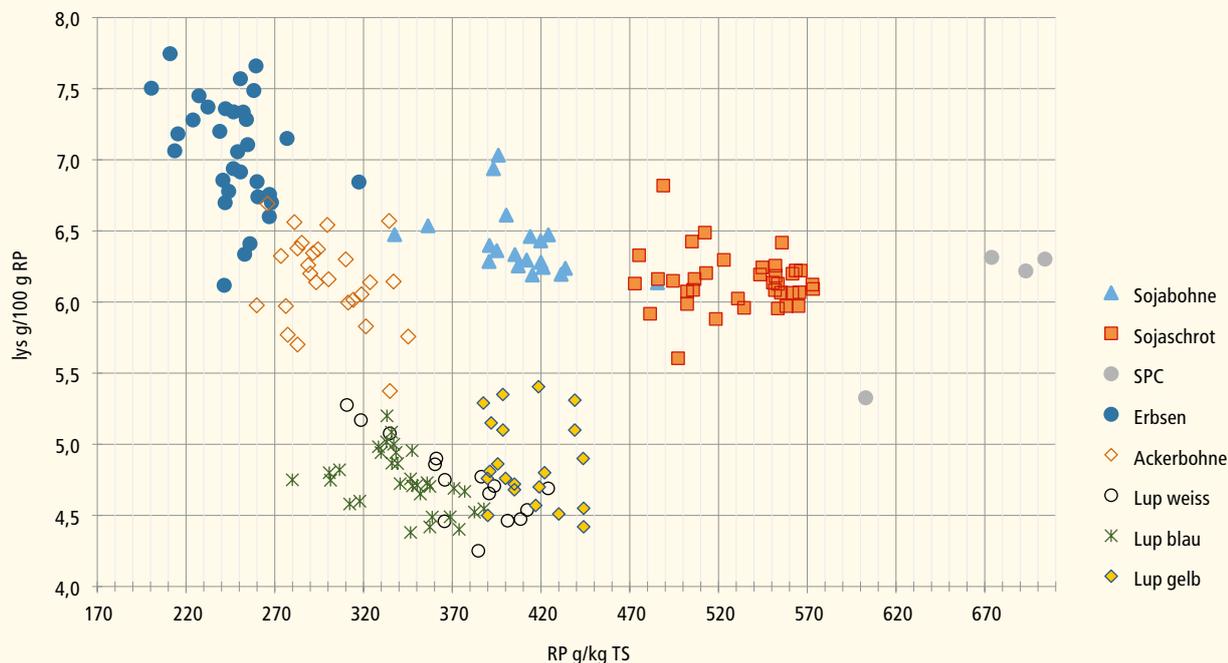


Abb. 5 | Lysinprofil von Körnerleguminosen und Sojaprodukten in Abhängigkeit des Rohproteingehaltes. (SPC = Sojaproteinkonzentrat)

Die Fettgehalte (RL) liegen bei Erbsen und Ackerbohnen auf dem Niveau von Extraktionsschroten, während die weisse Lupine auf etwas über 100g/kg TS kommt. Die rund 200g/kg TS Fett der Sojabohne kennzeichnen sie als Ölsaat aus. Der hohe PUI-Index der Sojabohne (Tab. 1) und der weissen Lupine (Tab. 2) von über 20g/kg TS wirkt sich in Schweinrationen limitierend aus. Die Gehalte an RF, ADF und NDF steigen von den Erbsen über die Ackerbohnen bis zu den Lupinen an. Die Energiegehalte der Körnerleguminosen liegen aber auf einem durchwegs hohen Niveau. Hingegen weist die Proteinqualität der verschiedenen Körnerleguminosen arttypische Unterschiede auf (Abb. 5, Tab. 2).

Die Proteinerbse setzt sich mit einem Lysingehalt von 7,1g/100g RP von den anderen Körnerleguminosen inklusive Soja ab. Die Ackerbohne liegt im Bereich der Sojabohne, während die Lupinen mit 4,7g Lysin/100g RP die geringsten Gehalte aufweisen. Insbesondere in Bezug auf die S-haltigen Aminosäuren Methionin und Cystin liegen die Profilwerte in einem suboptimalen Bereich, aber auch Threonin und Tryptophan sind nicht ideal. Pro MJ VES sind die Lysingehalte für Ferkel bedarfsdeckend, während die Gehalte an verdaulichem Methionin+Cystin und im Speziellen bei Proteinerbsen und Ackerbohnen auch die Gehalte an verdaulichem Threonin und Tryptophan zu gering sind. In der Futteroptimierung wird dies die Einsatzgrenzen beeinflussen. Als Lösung bietet sich der gezielte Zusatz von synthetischen Aminosäuren

oder die Kombination mit Rapsschrot/-kuchen als weiteren Proteinträger in der Futtermischung an. Wie Abbildung 5 verdeutlicht, ist die Proteinqualität abhängig vom RP-Gehalt. Innerhalb und zwischen Proteinerbsen, Ackerbohnen und Lupinen (ausser gelbe Lupinen) besteht eine negative Beziehung zwischen dem Gehalt an Lysin/100g RP und dem RP-Gehalt. Diese Abhängigkeit ist für Sojaprodukte nicht ersichtlich. Folglich sollte die Proteinqualität in der Pflanzenzüchtung nicht vernachlässigt werden.

Die Ausschöpfung des Nährwertes wird bei den Körnerleguminosen durch das Vorhandensein sekundärer Inhaltsstoffe (ANF = antinutritive Faktoren) beeinträchtigt. Dazu gehören Trypsininhibitoren, α -Galactoside, Alkaloide, Glucoside, Lectine, Tannine und Saponine mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Verdauungsabläufe (Jeziorny *et al.* 2010; Heinze und Dunkel 2017). Mit (hydro)thermischen Behandlungen wie Toasten oder Extrusion werden Trypsininhibitoren und Lectine weitgehend ausgeschaltet. Dadurch verbessert sich die Protein- und Aminosäurenverdaulichkeit um bis zu 10%-Einheiten (Mariscal-Landin *et al.* 2002). Die Wärmebehandlung erniedrigt zudem in Lupinen, die häufig in Milchviehrationen eingesetzt werden, die Abbaubarkeit des Rohproteins um rund 10%-Einheiten, was die ruminale Bilanz verbessert (Engelhard *et al.* 2017). Die ANF sind in der Regel sortenabhängig, das heisst, sie lassen sich züchterisch bearbeiten. Aus der erfolgrei-

Tab. 2 | Nährstoffprofil von Körnerleguminosen

Kriterien	Proteinerbse	Ackerbohne	blaue Lupine	weisse Lupine
RP g/kg TS	221 (n = 203)	296 (n = 48)	339 (n = 91)	369 (n = 45)
RL g/kg TS	18,6	21,8	62,4	95
RF g/kg TS	62,7	101,0	164	138,5
ADF g/kg TS	87,2	127,0	205,4	169,6
NDF g/kg TS	153,4	186,4	275,8	231,1
Stärke g/kg TS	495	420	80	80
Lys g/100 g RP	7,05	6,15	4,75	4,74
Met g/100 g RP	1,0	0,75	0,65	0,76
Cys g/100 g RP	1,36	1,21	1,37	1,59
Thr g/100 g RP	3,64	3,31	3,43	3,72
Trp g/100 g RP	0,86	0,83	0,84	0,75
g ViLys/MJ VES	0,85	0,98	0,94	0,94
g Vi(Met+vCys)/MJ VES	0,25	0,22	0,38	0,44
g ViThr/MJ VES	0,40	0,46	0,64	0,70
g ViTrp/MJ VES	0,09	0,10	0,16	0,14
PUI g/kg TS	2,34	4,02	8,82	27,45
vOS % Rind	89–95	83–91	89–94	91
vOS % Schwein	83–85	75–81	79–84	87
vAMIS % Schwein	73,3 ¹ –85,2	74,3–78,5	83,9–85,9	76–85
NEL MJ/kg	8,05	7,25	8,51	8,93
VES MJ/kg	16,14	14,9	15,26	16,47
UEG MJ/kg	12,78	11,6	8,35	9,85
ANF	Trypsininhibitoren, Lectine, α -Galactoside, Tannine	Trypsininhibitoren, Lectine, Glucoside, Tannine, α -Galactoside, Saponine	Trypsininhibitoren, α -Galactoside, Alkaloide, Lectine, Tannine, Saponine	Trypsininhibitoren, α -Galactoside, Alkaloide, Lectine, Tannine, Saponine
Futterbehandlung	(hydro)thermische Behandlung	(hydro)thermische Behandlung	(hydro)thermische Behandlung	(hydro)thermische Behandlung
Besonderes	geringe Standfestigkeit	weissblühende Sorten sind tanninärmer	krankheitsresistent, Trockenheitsresistenz	krankheitsanfällig, Trockenheitsresistenz
Mögliche Zieltierart	Schweine und Geflügel mit Einschränkungen, Wiederkäuer			
Flächenanspruch*	Ackerland, 3,6 t/ha, ~ 700 kg RP/ha	Ackerland, 3,0 t/ha, ~ 800 kg RP/ha	Ackerland, 1,8–2,5 t/ha, ~ 800 kg RP/ha	Ackerland 2–3,5 t/ha,, ~ 1000 kg RP/ha
Inlandproduktion*	9000–15 000 t	850–3200 t	148–360 t (115 ha 2017)	
Importherkunft	Europa	Europa	Europa, Australien	Europa
Umwelteffekte	N-Fixierung, kurze Transportwege	N-Fixierung, kurze Transportwege	N-Fixierung, kurze Transportwege wenn aus Europa	N-Fixierung, kurze Transportwege
Konkurrenz zum Mensch	ja	ja	ja	ja

*Mittel 2010–2017 (swiss granum, Agristat SBV); ¹ohne Wärmebehandlung

chen Reduktion der Alkaloide in den Lupinen sind die Süsslupinen hervorgegangen. In frühen Versuchen mit Schweinen konnte gezeigt werden, dass bei einem Alkaloidgehalt von > 0,2 g/kg in der Ration der Futterverzehr und Tageszuwachs zurückgehen (Kim *et al.* 2007). Aktuelle Sorten der Süsslupinen (weiss, gelb, blau) weisen Alkaloidgehalte von unter 0,4 g/kg Saat auf (Jansen *et al.* 2014).

Es sind die Tannine, die für die insgesamt tiefste Proteinverdaulichkeit der Ackerbohne unter den Leguminosen verantwortlich sind (Jeziorny *et al.* 2011). Da Tannine vor allem in den Schalen lokalisiert sind, kann durch Entschälen die Nährstoffverdaulichkeit bei Schweinen und

Geflügel massgeblich verbessert werden (Mariscal-Landin *et al.* 2002; Nalle *et al.* 2010). Inzwischen sind auch tanninarme Sorten erhältlich.

Bei den α -Galactosiden handelt es sich um Oligosaccharide, die Monogastrier erst im Dickdarm verdauen können. In zu hohen Mengen kann dies zu Blähungen und Durchfall führen. Weisse Lupinen sind relativ reich an α -Galactosiden, so dass ihr Einsatzbereich eher bei Wiederkäuern anzusiedeln ist. Bei Mastschweinen wurden mit 15 % weissen Lupinen in der Ration Leistungseinbusen beobachtet, während mit blauen und gelben Lupinen Rationsanteile von 20–30 % gut verwertet wurden (Kim *et al.* 2007).

Schlussfolgerungen

- Körnerleguminosen bereichern die Fruchtfolge mit Stickstoff- und Treibhausgas-Spareffekt.
- Die Inlandproduktion der Körnerleguminosen kann bis auf 10 % der Ackerfläche ausgeweitet werden, wobei aus klimatischen Gründen die Anbaueignung für Soja beschränkt ist. Es könnten bis 26 600t Rohprotein generiert werden. Sojaimporte lassen sich damit nur beschränkt ersetzen.
- Ertragshöhe, Ertragssicherheit, Krankheitsresistenz, Proteinqualität und vorhandene antinutritive Inhaltsstoffe sind züchterisch weiter zu bearbeiten.
- Körnerleguminosen sind thermisch zu behandeln, um das Nährwertpotenzial ausschöpfen zu können.
- Die heterogenen Nährstoffprofile der Körnerleguminosen machen sie nicht beliebig austauschbar.
- Körnerleguminosen sind bei allen Tierarten einsetzbar. Das für einzelne Aminosäuren suboptimale Aminosäurenprofil (Methionin, Cystin, Threonin, Tryptophan) erfordert bei anspruchsvollen Tierkategorien (Ferkel, Geflügel) eine entsprechende Zulage oder eine Kombination mit gezielt ausgewählten Proteinträgern.
- Die Proteingehalte von Proteinerbsen und Ackerbohnen sind nicht hoch genug, um in Proteinkonzentraten in hohen Anteilen verwendet zu werden, leisten aber im übrigen Kraftfutter einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Futterautonomie.
- Der Proteingehalt der weissen und gelben Lupine von über 350g/kg TS liegt in einem vorteilhaften Bereich mit allerdings für Monogastrier suboptimalem Aminosäurenprofil. ■

Literatur

- Agrarbericht, 2018. Flächennutzung, Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern. Zugang: www.agrarbericht.ch.
- Agristat, 2018. Statistische Erhebungen und Schätzungen, Produktionsmittel und Umwelt. Schweizer Bauernverband. Zugang: <https://www.sbv-usp.ch/de/statistik/statistiken/produktionsmittel-umwelt/>. [15.11.2018].
- AGROFUTURA, 2011. Sojaimporte Schweiz: Möglichkeiten und Grenzen der Reduktion/Vermeidung von Sojaimporten in die Schweiz - Eine Untersuchung im Auftrag von Greenpeace.
- Bracher A. & Spring P., 2010. Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen bei Schweinen. Studie zuhänden Bundesamt für Landwirtschaft, Bern. SHL Zollikofen und Agroscope Posieux.
- Charles R., Bovet V., Bouttet D., Poivet K., Casta P. & Bengochea A., 2008. Welche Körnerleguminosen für die Schweiz? *Agrarforschung* 15 (7), 320-325.
- Chaubert C., 1994. Les sous-produit de l'agro-alimentaire. ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung Band 12, 13-36.
- Engelhard T., Meyer A., Steingass H., Richard W. & Bulang M., 2017. Einsatz von blauen Lupinen als Eiweissfuttermittel in der Milchviehfütterung zur anteiligen Substitution von Rapsextraktionsschrot. *Forum angewandte Forschung*, Fulda, 21/22.3.2017, 108-111.
- Heinze A. & Dunkel S., 2017. Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen und Mykotoxinen in heimischen Körnerleguminosen. *Forum angewandte Forschung*, Fulda, 21/22.3.2017, 146-149.
- Jansen G., Jürgens H-U., Beyer H. & Seddig S., 2014. Alkaloidgehalt von blauen, gelben und weissen Lupinen. Vortrag DGQ in Kiel. www.jki.bund.de.
- Jezierny, D., Mosenthin, R. & Bauer, E., 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 157, 11-128.
- Jezierny, D., Mosenthin, R., Sauer, N., Roth S., Piepho H.-P., Rademacher M. & Eklund M., 2011. Chemical composition and standardised ileal digestibilities of crude protein and amino acids in grain legumes for growing pigs. *Livestock Science*, 138, 229-243.
- Kim J.C., Pluske J.R. & Mullan B.P., 2007. Lupins as a protein source in pigs diets. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2007 2, N° 003.
- Mariscal-Landin G., Lebreton Y. & Sève B., 2002. Apparent and standardised true ileal digestibility of protein and amino acids from faba bean, lupin and pea as whole seeds, dehulled or extruded in pig diets. *Animal Feed Science and Technology*, 97, 183-198.
- Nalle C.L., Ravindran G. and Ravindran V., 2010. Influence of dehulling on the apparent metabolisable energy and ileal amino acid digestibility of grain legumes for broilers. *J.Sci.Food Agric*, 90, 1227-1231.
- Nemecek T., Hayer F., Bonnin E., Carrouée B., Schneider A. & Vivier C., 2015. Designing eco-efficient crop rotations using life cycle assessment of crop combinations. *European Journal of Agronomy*, 65, 40-51.
- OECD/FAO, 2018. OECD-FAO Agricultural outlook 2018-2027. Chapter 4. Oilseeds and oilseed products, 127-138.
- Raaflaub M., Bänninger A. & Künzler R., 2015. Importierte Eiweissträger: Die Alternativen zum Sojaschrot und ihre Nachhaltigkeit. Hrsg. AGRIDEA 2015.
- SBV, Schweizerischer Bauernverband, 2011. Stärkung der Versorgung mit Schweizer Kraftfutter. Bericht der Arbeitsgruppe Futtermittel. Brugg.
- Schuhmacher H., Paulsen H.M., Gau A.E., Link W., Jürgens H.U., Sass O. & Dieterich R., 2011. Seed protein amino acid composition of local grain legumes *Lupinus angustifolius L*, *Lupinus luteus L*, *Pisum sativum L* and *Vicia faba L*. *Plant Breeding* 130, 156-164.
- Sojanetzwerk Schweiz, 2018. Faktenblätter Soja. Zugang: www.sojanetzwerk.ch [6.6.2018].
- Swiss granum, 2013 - 2018. Jahresberichte. Zugang: www.swissgranum.ch.
- Swiss-Impex, 2018. Datenbank der Aussenhandelsstatistik, Eidgenössische Zollverwaltung. Zugang: <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/index.xhtml>.
- VSF, 2017. Jahresbericht. Zugang: https://www.vsf-mills.ch/file/Jahresberichte_pdf/18-04-17_JB17_d_v1.pdf [22.1.2019].
- Watson C.A., Reckling M., Preissel S., Bachinger J., Bergkvist G., Kuhlman T., Lindström K., Nemecek T., Topp C.F.E., Vanhatalo A., Zander P., Murphy-Bokern D. & Stoddard F., 2017. Grain Legume Production and Use in European Agricultural Systems. *Advances in Agronomy* 144, 235-303.
- WWF 2014. The Growth of Soy: Impacts and Solutions. WWF International, Gland, Switzerland. Zugang: <http://wwf.panda.org/?214091/The-Growth-of-Soy-Impacts-and-Solutions>, [24.1.2019].

Riassunto**Leguminose da granella come fonte alternativa di proteine rispetto alle proteine importate**

L'elevata dipendenza dalle importazioni di proteine e la loro provenienza a volte problematica ha spinto il mondo politico ad accelerare la ricerca di fonti alternative di proteine. La fonte principale di proteine per il bestiame in Svizzera è il foraggio domestico (67 %). Il 25 % delle proteine foraggere è importato. Tra gli alimenti importati ricchi in proteine, la soia copre il 63 % del fabbisogno in proteine. Per sostituire le circa 200 000 t di proteine provenienti dalle proteine importate, occorrerebbe coltivare circa tre quarti delle terre aperte. Un eventuale aumento della coltivazione di leguminose da granella fino al 10 % della superficie aperta genererebbe una produzione di 20 000 tonnellate di proteine. Le leguminose, in quanto piante che fissano l'azoto, hanno effetti benefici sull'ambiente. La coltivazione della soia in Svizzera è limitata per motivi topografici e climatici, ma i piselli proteici, le fave e i lupini si adattano meglio al clima svizzero. I profili nutrizionali delle leguminose da granella variano notevolmente. Solo il lupino giallo ha lo stesso contenuto proteico della soia. I piselli proteici e le fave hanno livelli di lisina/100 g proteine pari o superiori a quelli della soia. Tutte le leguminose da granella forniscono quantità insufficienti di aminoacidi solforati (Met, Cys) e in parte tenori insufficienti di treonina e triptofano per animali monogastrici esigenti, come i suinetti. I componenti antinutrienti (ANF) contenuti nelle leguminose richiedono un trattamento termico per inattivarli. Nel complesso, tuttavia, le leguminose da granella contribuiscono in modo significativo al miglioramento dell'autosufficienza foraggera. Ma le importazioni di soia possono essere sostituite solo in misura limitata da altre specie di leguminose.

Summary**Grain legumes as alternative protein sources for imported protein-rich feed**

The low self-sufficiency rate for protein-rich feed and their partly problematic provenance has put the search for alternative protein sources on the political agenda. The main protein source for Swiss livestock is domestic roughage, which accounts for 67 % of the required amount. 25 % of the protein supply is imported. Among the protein-rich, imported feeds, soy covers 63 % of the protein supply. Substituting the roughly 200 000 t of protein originating from imported high-protein feed would take up close to 75 % of the Swiss arable surface. There still is potential to increase domestic grain legume production. As N-fixing plants, legumes have beneficial environmental effects. Growing pulses on up to 10 % of the arable area would generate approx. 20 000 t of protein. The suitability for soy farming is however limited. Peas, field beans and lupines are better adapted to the Swiss climate. The nutrient profiles of pulses differ from each other. Only yellow lupines attain a protein content comparable to that of soybeans. Peas and field beans are equal and even superior to soy protein with respect to g lysine/100 g CP. All grain legumes, on the other hand, are deficient in S-containing amino acids (met, cys) and partly threonine and tryptophan when fed to demanding monogastric animals. The antinutritive factors (ANF) present in legumes require thermal treatment for their inactivation. Overall, grain legumes make a valuable contribution to increasing feed autonomy but soy imports will be substituted only to a limited extent.

Key words: feed protein, sources, self-sufficiency, grain legumes, nutrient profile.