

Serie: Alternative Proteinquellen für Tierfutter

Ölsaaten als alternative Proteinquellen zu importierten Eiweissträgern

Annelies Bracher

Agroscope, 1740 Posieux, Schweiz

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



Raps- und Sonnenblumenkuchen – Nebenprodukte der Ölpresung – sind wichtige einheimische Proteinträger, die im Mischfutter für Nutztiere eingesetzt werden. (Foto: Déborah Perriard, Agroscope)

Einleitung

Die Importabhängigkeit der Schweizer Landwirtschaft ist beim Kraftfutterverbrauch sukzessive gestiegen und liegt aktuell bei 65,7 % (Agristat 2018). Auch wenn die Hauptproteinquelle für den schweizerischen Nutztierbestand mit einem Anteil von 67 % aus dem inländischen Raufutter stammt (Bracher 2019), liegt der Importanteil bei den Proteinträgern für Mischfutter bei 85 %. Will man die Importabhängigkeit substanziell verringern, sind Alternativen für die rund 200000t importiertes Rohprotein der eiweissreichen Rohkomponenten – mit teilweise problematischer Herkunft – zu finden.

Als Fortsetzung der Artikelserie *Alternative Proteinquellen für Tierfutter* ist dieser Beitrag den Ölsaaten gewidmet. Aus der Verarbeitung der Ölsaaten zu Öl fallen je nach Herstellungsprozess proteinreiche Extraktionschrote oder Presskuchen mit höherem Restfettgehalt als Nebenprodukte an, die nicht als Lebensmittel geeignet sind. In der Tierfütterung gehören diese Rohkomponenten zu den bedeutendsten Proteinträgern, die auf

dem Weltmarkt gehandelt werden. Sojabohnen werden aufgrund ihres Fettgehaltes auch zu den Ölsaaten gerechnet. Durch die dominierende Rolle der Sojanebenprodukte als hochwertige Proteinquelle ergeben sich weltweit entsprechend grosse Handelsströme (OECD/FAO 2018; USDA 2019). Im schweizerischen Kontext musste der Rückgang an tierischen Eiweissträgern (Tiermehle, Fischmehl) durch einen vermehrten Import von Ölschroten/-Kuchen wettgemacht werden. Aktuell machen Kuchen und Schrote der Ölsaaten den Hauptanteil unter den proteinreichen Importfuttermitteln (>75 %) aus (Bracher 2019). Wieweit sich die Importabhängigkeit bei den Proteinträgern durch den vermehrten Anbau einheimischer Ölsaaten oder dem Ausweichen auf europäische Provenienz reduzieren lässt, wird anhand von quantitativen wie qualitativen Aspekten im Folgenden diskutiert.

Material und Methoden

Die Ableitung eines idealen Anforderungsprofils zur Bewertung der Proteinfuttermittel wurde bereits bei Bracher (2019) beschrieben und ist in Tabelle 1 als Referenz enthalten. Kurz zusammengefasst 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. Das Nährstoffprofil der Sojaprodukte, welche vielseitig einsetzbar sind, diente als Richtlinie. Ausgehend von den Nährstoffprofilen und allenfalls vorhandenen antinutritiven Inhaltsstoffen ergeben sich die tierartsspezifischen Einsatzgrenzen. Die geforderte Proteinqualität hängt von der Zieltierart ab. Als bewusst strenger Massstab wurden die Anforderungen von anspruchsvollen Ferkeln zugrunde gelegt. Die gewählte Bezugsgrösse ist *g verdauliche Aminosäure/MJ verdaulichen Energie Schwein* (VES). Je weiter eine Proteinquelle von der Idealanforderung abweicht, desto

mehr Kompromisse sind in der Fütterung einzugehen. Neben der Futterqualität sind Kriterien wie Flächenanspruch, Umwelteffekte und Konkurrenz zu Lebensmitteln zu berücksichtigen.

Resultate und Diskussion

Bedeutung der Ölsaaten

Die Ölsaaten umfassen verschiedene Pflanzenfamilien mit ganz unterschiedlichen Klimaansprüchen. Zu den sieben wichtigsten gehören Soja, Raps, Sonnenblume, Erdnuss, Baumwolle, Öl- und Kokospalme. Von untergeordneter Bedeutung sind Oliven, Lein und Sesam, die aber regional vorherrschen können. Die Vormachtstellung von Soja zeigt sich bei der Erntemenge wie beim Anfall der Ölschrote und Ölkuchen, bei denen 70 % durch Soja abgedeckt werden (Abb. 1). Hinter Soja, wenn auch auf wesentlich tieferem Niveau, hat sich Rapsschrot/-kuchen als zweitwichtigster Proteinträger etabliert.

Nicht die ganze Ölproduktion wird für Speisezwecke verwendet. So fließen 12 % der Weltölproduktion in die Herstellung von Biodiesel (OECD/FAO 2018). Als Folge von Förderprogrammen kann auf Länderebene der Anteil weit höher liegen. In der EU 28 werden 40 % des Ölverbrauchs als Biodieselrohstoff verwendet. Dabei sind Rapsöl mit 44 % und Palmöl mit 29 % die beiden wichtigsten Rohstoffe (UFOP 2019). Der Transport von Palmöl als Biodieselrohstoff aus Südostasien nach Europa kann schon kritisch hinterfragt werden. Weit nachhaltiger wäre die volle Integration der Biodieselproduktion in die Kreislaufwirtschaft. Zum Beispiel können organische Abfälle durch Insekten aufgewertet werden. Die Entfettung der fettreichen Insektenmehle liefert eine zusätzliche Fettquelle als Treibstoffsubstrat und gleichzeitig ein alternatives, proteinreiches Futtermittel. Mehr dazu in einem späteren Beitrag.

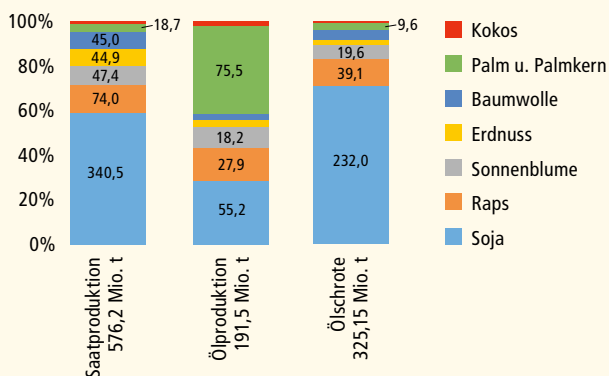


Abb. 1 | Globales Produktionsvolumen der 7 wichtigsten Ölsaaten (Mio. t) Stand 2017/18 (USDA 2019).

Zusammenfassung

Die eiweissreichen Extraktionsschrote und Presskuchen der Ölsaaten gehören weltweit zu den bedeutendsten Proteinträgern, die im Mischfutter eingesetzt werden. In der Schweiz beträgt deren Importanteil 85 %. Raps und Sonnenblumen sind die wichtigsten einheimischen Ölsaaten. Die Inlandproduktion ist an vertragliche Uebernahmemengen gebunden und hat somit ein begrenztes Ausbaupotenzial. Vor allem Sonnenblumennebenprodukte weichen, abhängig vom Schalenanteil, im Rohprotein-, Faser- und Energiegehalt weit vom Idealprofil ab. Hingegen ist Protein von Raps und Sonnenblume eine gute Quelle für S-haltige Aminosäuren und darin dem Sojaprotein überlegen. Sonnenblumenprodukte enthalten für anspruchsvolle Tiere zu wenig Lysin und die teilgeschälten und nicht geschälten Handelsqualitäten sind für Monogastrier zu energiearm. Die ölsäurereichen HO-Sorten verursachen im Schweinefutter unerwünscht hohe HUI-Indexe. Unter den Nischenprodukten sticht der Presskuchen des Ölkürbis mit einem Rohproteingehalt von über 550 g/kg TS bei hoher Nährstoffverdaulichkeit heraus, was ihn zu einem vielseitig einsetzbaren Proteinträger macht, wobei die Proteinqualität nicht ganz an Soja herankommt. Der hohe Restfettgehalt begrenzt den Einsatz bei Mastschweinen, was grundsätzlich für alle Presskuchen gilt. Als anspruchslose Kulturen eignen sich Lein und Leindotter für den extensiven Anbau. Das Nährstoffprofil und antinutritive Inhaltsstoffe in den Nebenprodukten limitieren den Einsatz im Futter von Monogastriern, was durch eine thermische Behandlung verbessert werden kann. Der Ölsaatenanbau müsste schon massiv erhöht werden, um die inländische Proteinversorgung namhaft zu verbessern, was wegen der tiefen Proteinerträgen zu viel Ackerland auf Kosten anderer Kulturen beanspruchen würde.

Raps und Sonnenblume, die wichtigsten einheimischen Ölsaaten

Raps und Sonnenblumen sind die wichtigsten einheimischen Ölsaaten. Aus der Ölerzeugung fallen 41 182 bis 52 091 t Rapskuchen und 5 316 bis 92 888 t Sonnenblumenkuchen an (swiss granum, 2017). Dazu werden bis 60 000 t Rapsschrot/kuchen und bis 18 000 t Sonnenblumenschrot/kuchen aus dem nahen Ausland importiert. Das anfänglich schlechte Image des Rapsöles und der

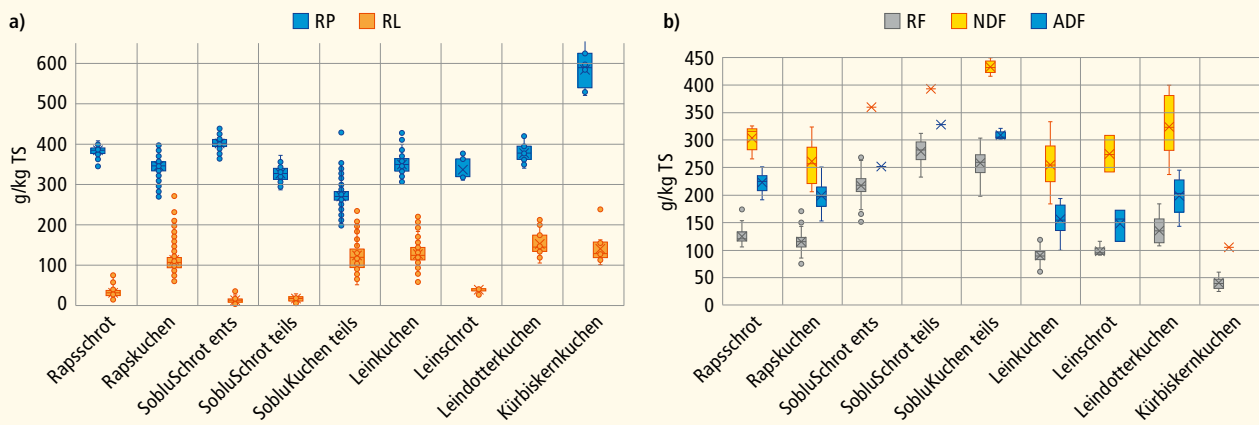


Abb. 2 | Rohnährstoffe a) und Fasergehalte b) (RP = Rohprotein; RL = Rohlipide; RF = Rohfaser; NDF = Neutral Detergent Fibre; ADF = Acid Detergent Fibre) von einheimischen Ölschroten und Ölkuchen (Soblu = Sonnenblumen; ents = entschält; teils = teilweise entschält).

Nebenprodukte wurde züchterisch durch erucasäure- und glucosinolatarme 00-Sorten korrigiert. Seit 2008 sind die sogenannten HOLL-Sorten verfügbar, aus welchen ein fritierfähiges Öl hergestellt werden kann und dadurch zu einem Ausbau der Rapsanbaufläche in der Schweiz beigetragen hat. Eine weitere Ausdehnung der Inlandproduktion ist nicht beliebig umsetzbar. Die Ölsaatenproduktion ist an Rahmenverträge gebunden und somit abhängig vom inländischen Ölabsatz. Bei Sonnenblumen wird nur 70 % des Rahmenvertrages erfüllt, da besteht noch Ausbaupotenzial von 5000t (Agrarbericht BLW 2017). Die Verwertung von Raps zu Biodiesel beansprucht in der Schweiz weniger als 150 ha (Agrarbericht BLW 2018). Der Rohproteinерtrag pro Hektar ist bei Raps und Sonnenblumen mit 640kg beziehungsweise 350kg bescheiden. Eine begrenzt mögliche Flächenausdehnung würde das inländische Proteinangebot nicht wesentlich erhöhen.

Raps und Sonnenblumen sind faserreicher als Soja

Die im Vergleich zu Soja höheren Schalenanteile der Rapssamen und Sonnenblumenkerne führen zu entsprechend höheren und Lignin-haltigen Fasergehalten in den Schroten und Kuchen, die über dem Idealbereich liegen und die Nährstoffverdaulichkeit und Energiewerte verringern (Tab. 1). Bei den Sonnenblumennebenprodukten wird zwischen entschälten, teilgeschälten und nicht entschälten Qualitäten unterschieden. Davon erreicht nur entschältes Sonnenblumenschrot ein ausreichendes Proteinniveau von 400g RP/kg TS, während teilentschälter Sonnenblumenkuchen auf 270g RP/kg TS abfällt (Abb.2).

Teilgeschälte Sonnenblumennebenprodukte eignen sich nur noch bedingt für die Verwendung in Proteinkonzentraten. Mit im Mittel 382g RP/kg TS kommt Rapschrot sehr nahe an die Marke von 400g RP/kg TS heran, während Rapskuchen rund 40g weniger Protein enthält. Sowohl Rapskuchen wie Sonnenblumenkuchen weisen eine grosse Varianz in den Rohprotein- wie Fettgehalten auf. In Einzelfällen treten Fettgehalte von über 200g/kg

TS auf (Abb. 2). Der PUI-Index (Fettqualitätsparameter abgeleitet aus Fettgehalt und Fettsäurenprofil) schränkt den Einsatz in Schweinerationen ein, insbesondere im Fall der HO- und HOLL-Sorten (Tab. 1), die einen höheren Oelsäureanteil aufweisen. Bei *high-oleic* Sonnenblumenprodukten verdoppelt sich der PUI-Index nahezu. Die abgeleiteten Energiegehalte variieren mit den Faser- und Fettgehalten und kommen vor allem bei Sonnenblumennebenprodukten mit NEL-Gehalten unter 7 MJ und VES-Gehalten unter 13 MJ nicht an die Höhe der Sojanebenprodukte heran. Teilgeschälte und nicht entschälte Sonnenblumennebenprodukte sind für Monogastrier eine zu energiearme Proteinquelle. Neu auf dem Markt erhältliche Sonnenblumenproteinkonzentrate mit RP-Gehalten von 500 bis 800g/kg TS und sehr tiefen Fasergehalten eröffnen für Monogastrier ganz neue Möglichkeiten.

Ein Blick auf die Proteinqualität (Abb. 3) zeigt, dass die Gehalte an den schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystin sowohl in Raps- wie Sonnenblumennebenprodukten jene von Sojaprotein übersteigen. Diese Besonderheit macht aus Rapsnebenprodukten einen idealen Mischungspartner zu Körnerleguminosen. Das

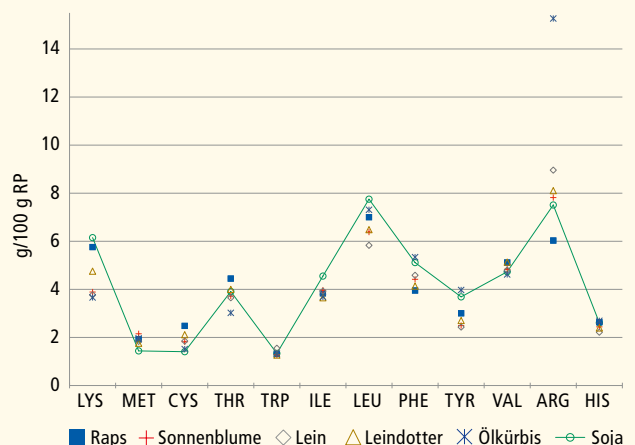


Abb. 3 | Profil der essentiellen Aminosäuren in Schroten und Kuchen von Raps, Sonnenblume, Lein, Leindotter, Ölkürbis und Soja.

Tab. 1 | Nährstoffprofil von Raps- und Sonnenblumennebenprodukten

Kriterien	Ideale Anforderung	Rapsschrot	Rapskuchen	Sonnenblumen		
				Schrot entschält	Schrot teilges.	Kuchen teilges.
RP g/kg TS	>400	382 (n=201)	345 (n=1013)	402 (n=569)	327 (n=71)	272 (n=509)
RL g/kg TS	<150	31,6	108 (streut)	19,5	23,0	124 (streut)
RF g/kg TS	<100	125	116	217	279	258
ADF g/kg TS	<140	223	199	259	326	318
NDF g/kg TS	<200	303	268	373	474	427
Lys g/100 g RP	>6,0	5,38	5,85	3,63	3,85	3,88
Met g/100 g RP	>1,4	1,88	1,92	2,27	1,71	2,2
Cys g/100 g RP	>1,4	2,34	2,60	1,76	1,89	1,81
Thr g/100 g RP	>3,7	4,44	4,48	3,75	3,65	3,74
Trp g/100 g RP	>1,2	1,28	1,31	1,24	1,38	1,29
g ViLys/MJ VES	>0,8	1,20	0,98	0,97	0,87	0,64
g Vi(Met+vCys)/MJ VES	>0,6	0,92	0,74	1,08	0,85	0,70
g ViThr/MJ VES	>0,6	0,92	0,70	0,98	0,81	0,60
g ViTrp/MJ VES	>0,2	0,27	0,20	0,33	0,33	0,22
PUI g/kg TS1)	<15	9,26	35,26 (HOLL 45,9)	2,96 (HO 8,3)	4,33 (HO 9,1)	28,7 (HO 45,9)
vOS % Rind	>80	75	75–78	79	64	65
vOS % Schwein	>80	67–71	68,4–76	71	60	63
vAMIS % Schwein	>80	73,3	73,1	81,6	79,6	79,1
NEL MJ/kg	>7,0	6,1–7,6	7,1–9,3	6,05–6,8	4,7–5,2	6,3–7,7
VES MJ/kg	>14,0	11,6–14,0	13,7–16,9	11,0–12,9	10,2–11,8	12,0–12,7
UEG MJ/kg	>8,0	7,8–9,3	9,1–13,2	6,6–7,7	5,9–6,9	8,1–9,8
ANF	keine	Glucosinolate in 00-Sorten <25 mMol/kg				
Futterbehandlung	falls nötig			entschälen		
Besonderes	Neben- und Abfall- produkte	Nebenprodukt der Ölherstellung aus Extraktion oder Pressung				
Mögliche Zieltierart	alle Nutztiere	Schweine, Geflügel, Wiederkäuer	Schweine bedingt, Geflügel, Wiederkäuer	Schweine, Geflügel, Wiederkäuer	Schweine und Geflügel bedingt, Wiederkäuer	HO Sorten Schweine und Geflügel bedingt, Wiederkäuer
Flächenanspruch*	>1000 kg RP/ha oder kein Ackerland	Rapssaar 3,349 t/ha; ~640 kg RP/ha		Sonnenblumenkerne 2,228 t/ha; ~350 kg RP/ha		
Inlandproduktion*	>20000 t	Rapssaar 76900–93945 t; Kuchen 41182–52091 t		Sonnenblumenkerne 8641–13007 t Kuchen 5316–9288 t		
Importherkunft	Europa	Europa				
Umwelteffekte	tiefer Fussabdruck	Bienenweide, Pestizideinsatz, kurze Transportwege			kurze Transportwege	
Konkurrenz zum Mensch	keine	keine				

*Mittel 2010–2017 (swiss granum, Agrisat SBV) 1) PUI g/kg = $-0,3 \cdot \text{SFA} + 0,457 \cdot \text{MUFA} + 0,119 \cdot \text{PUFA}$ (Fettindex)

Rapsprotein weist eine insgesamt gute Proteinqualität auf und erfüllt die Anforderungen von anspruchsvollen Tieren, wobei die Gehalte der essentiellen Aminosäuren pro 100g Protein in Rapsschrot geringfügig niedriger sind als in Rapskuchen (Tab.1). Die Aminosäuren werden allerdings im Mittel um zehn Einheiten schlechter verdaut als in Sojaprodukten. In einer Metaanalyse konnten Messad *et al.* (2016) belegen, dass mit steigenden NDF-Gehalten (Zellwandfasern) die ileale Verdaulichkeit von Aminosäuren absinkt. Bei Raps- und Sonnenblumennebenprodukten ist aufgrund der variierenden Faserfraktionen mit variablen Verdaulichkeiten der Aminosäuren zu rechnen.

Mit 3,6 bis 3,9 g Lysin/100g RP bewegen sich die Sonnenblumennebenprodukte in einem suboptimalen Bereich der Proteinqualität. Energiebezogen bleibt dieser Mangel in teilgeschältem Sonnenblumenkuchen erhalten, während im entschälten Sonnenblumenschrot genügend verdauliches Lysin vorhanden ist. (Tab. 1). Die

unterstellten Verdaulichkeitskoeffizienten der Aminosäuren müssten aber überprüft und aktualisiert werden, um den Einfluss der Faserfraktionen zu quantifizieren. In den modernen 00-Rapssorten sind die Glucosinolate kein begrenzender Faktor mehr. Die Importherkunft aus Europa sorgt für relativ kurze Transportwege. Als Nebenprodukt der Ölherstellung sind die Raps- und Sonnenblumenschrote/-kuchen keine direkte Konkurrenz zum Menschen.

Die Nischenprodukte: Lein, Leindotter, Ölkürbis

Leinsamen, Leindotter und Ölkürbis sind Vertreter von Ölsaaten, die in einem gemässigten Klima angebaut werden können. Die Anbaufläche dieser Nischenprodukte liegt in der Schweiz bei bescheidenen 172 bis 237 ha mit einer Produktion von 333 bis 563 t Saat/Jahr (swiss granum, 2018). Leinkuchen/-schrot wird in einer Menge von rund 1200 t eingeführt (Swiss-Impex, 2018). Die Inlandproduktion hat demnach noch Ausbaupotenzial.

Gleiches gilt für Ölkürbis, der aktuell in einzelnen Pionierbetrieben der Ostschweiz auf 61 ha angebaut und das Öl in Eigenregie gepresst wird. Kürbiskerne des Typs Oelkürbis (*Cucurbita pepo var styriaca*) sind als Spezialität der Steiermark bekannt geworden.

Der anspruchslose sowie trockenheits- und kältetolerante Leindotter (*Camelina sativa*, Brassicaceae) eignet sich für den Anbau auf Magerstandorten. In Nordamerika wird Leindotter vermehrt für die Biodieselproduktion angebaut (Murphy 2011), während in Nord- und Osteuropa sowie Russland die Verwendung des Öles zu Speisezwecken sowie für Kosmetik, Pharmazie und Industrie im Vordergrund steht und dies seit der Bronzezeit (Dharavath et al. 2016). Die Saat wie die Nebenprodukte von Lein und Leindotter haben aufgrund des hohen Linolensäureanteils (C18:3n-3) das Interesse in der Fütterung auf die gezielte Anreicherung von tierischen Produkten mit n-3 Fettsäuren und der Verminderung von Methanemissionen (Münger et al. 2019) gelenkt.

Die steirischen Ölkürbiskerne sind genetisch schalenfrei und eignen sich dadurch besonders gut für die Ölpresung. Der Kuchenrückstand zeichnet sich bei guter Verdaulichkeit durch einen sehr hohen Rohproteingehalt von über 550 g/kg TS und tiefem Fasergehalt und damit hohen Energiewerten aus (Abb. 2, Tab. 2). Dieses Nährstoffprofil macht den Kürbiskernkuchen nicht nur für alle Nutztiere, sondern auch für den direkten Verzehr als Lebensmittel interessant. In Verdauungsversuchen an Ratten wurde eine Proteinverdaulichkeit von 83,1 % gemessen (Zdunczyk et al. 1999). Dies müsste mit aktuellen Verdauungsversuchen an Nutztieren weiter untermauert werden. Das Aminosäurenprofil ist in Bezug auf Lysin und Threonin suboptimal, während Methionin und Cystin im Vergleich zu Sojaprotein höhere Profilwerte aufweisen (Abb. 3). Auffallend ist der sehr hohe Arginingehalt in Kürbiskernkuchen. Energiebezogen sind die nach bisherigem Erkenntnisstand gut verdaulichen, erstlimitierenden Aminosäuren für alle Schweinekategorien bedarfsdeckend (Tab. 2). Der Fettgehalt variiert beträchtlich und liegt im Mittel bei 140 g/kg TS. Der resultierende PUI-Index wirkt sich einschränkend auf die Mischungsanteile im Mastschweinefutter aus. Das Nährstoffprofil macht den Ölkürbiskernkuchen zu einer wertvollen Proteinquelle, die aus Österreich in bedeutenden Mengen importiert werden könnte.

Leindotterkuchen (engl. Camelina) kommt im Mittel nahe an die Vorgabe von 400 g RP/kg TS heran (Abb. 2) verbunden mit einem dem Rapsprotein ähnlichen Aminosäurenprofil (Abb. 3), bei dem nur Lysin mit 4,76 g/100 g RP suboptimal vorliegt. Die vergleichsweise tiefe Verdaulichkeit der Aminosäuren von unter 70 %

ist mit vorhandenen Trypsininhibitoren zu erklären (Almeida et al. 2013; Kahindi et al. 2014), die bei kalt gepressten Kuchen nicht inaktiviert werden. Die pro MJ VES verfügbaren verdaulichen Aminosäuren genügen den Ansprüchen von Ferkeln nicht. Eine thermische Behandlung verbessert die Proteinverwertung. Allerdings erwähnt Böhme und Flachowsky (2005) eine hohe Hitzestabilität der Protease-Inhibitoren in Leindotter. Die Faserfraktionen sind Lignin haltig, was sie grundsätzlich schwerer verdaulich macht. Insbesondere für Geflügel führt dies zu tiefen Energiewerten (Tab. 2). Aufgrund von reduziertem Verzehr, Leistung und Verdaulichkeit sollte der Mischungsanteil im Geflügelfutter 10 % nicht übersteigen (Thacker und Widyaratne, 2012).

Probleme mit der Futterakzeptanz und reduziertem Wachstum konnte auch bei Mastschweinen beobachtet werden (Böhme und Flachowsky 2005; Smit und Beltranena 2017). Dafür verantwortlich sind unter anderem die bitter schmeckenden Glucosinolate, in *Brassica*-Pflanzen typisch vorkommende Pflanzeninhaltsstoffe mit antithyreoidaler Wirkung, welche in Leindotterkuchen in Konzentrationen von 25 bis 45 mMol/kg vorkommen (Woyengo et al. 2017). Dies ist mehr als bei 00-Rapsnebenprodukten. Im Versuch von Smit und Beltranena (2017) wurden mit zunehmenden Mischungsanteilen von 6 bis 18 % die Lebergewichte linear erhöht, was eine Stoffwechselbelastung anzeigt. Die *European Food Safety Authority* (EFSA 2008) empfiehlt, in Rationen für Monogastrier den Gehalt an Gesamtglucosinolaten (Rapstyp) von 1 bis 1,5 mMol/kg nicht zu übersteigen. Hier öffnet sich ein Tätigkeitsfeld für züchterische Massnahmen.

Bedingt durch den hohen Linolensäureanteil im Fett von Leindotter von rund 30 % stiegen mit 15 bis 18 % Leindotterkuchen in der Ration die Jodzahlen im Fett von Mastschweinen auf über 75 (Smit und Beltranena 2017). Unter schweizerischen Produktionsbedingungen liegt dies ausserhalb der geforderten Fettqualität von Schweineschlachtkörpern. Zudem enthält Leindotterfett 2 bis 4 % Erucasäure, welche die Schmackhaftigkeit beeinträchtigen. Der hohe Fettgehalt und der abgeleitete PUI-Index von Leindotterkuchen limitieren somit den Einsatz in der Mastschweinefütterung auf geschätzte 10 %.

Leinschrot und Leinkuchen sind in den Protein-, Fett- und Fasergehalten sowie den abgeleiteten Energiewerten vergleichbar mit den Rapsnebenprodukten (Abb. 2, Tab. 2). Die Proteingehalte variieren zwischen 310 und 410 g/kg TS. Mit durchschnittlich 3,65 g Lysin/100 g RP erreicht das Leinprotein die Idealanforderungen nicht. Wie beim Rapsschrot/kuchen liegt das Aminosäurenprofil von Leinschrot im Vergleich zu Leinkuchen auf etwas

Tab. 2 | Nährstoffprofil von Extraktionsschroten und Kuchen von Lein, Leindotter und Ölkürbis

Kriterien	Leinschrot	Leinkuchen	Leindotterkuchen	Kürbiskernkuchen
RP g/kg TS	334 (n=14)	350 (n=130)	378 (n=19)	581 (n=10)
RL g/kg TS	38,5	127 (streut)	153 (streut)	143 (streut)
RF g/kg TS	98	90	134	41,3
ADF g/kg TS	135	159	198	?
NDF g/kg TS	250	240	316	110
Lys g/100 g RP	3,57	3,82	4,76	3,66
Met g/100 g RP	1,49	1,86	1,76	1,96
Cys g/100 g RP	1,79	1,90	2,11	1,52
Thr g/100 g RP	3,57	3,66	4,00	3,02
Trp g/100 g RP	1,59	1,53	1,27	1,33
g ViLys/MJ VES	0,82	0,81	0,73	0,93 ?
g Vi(Met+vCys)/MJ VES	0,83	0,82	0,62	0,88 ?
g ViThr/MJ VES	0,74	0,73	0,51	0,76 ?
g ViTrp/MJ VES	0,34	0,33	0,18	0,34 ?
PUI g/kg TS1)	6,2	15–26	22–37	16–40
vOS % Rind	75–78	79	77,5 (?)	88,6 ?
vOS % Schwein	74	73	75	83 ?
vAMIS % Schwein	75,4	75,8	63,7	80 ?
NEL MJ/kg	6,4–6,9	7,3–9,5	8,6	8,3–9,7
VES MJ/kg	11,4–13,0	12,6–14,4	14,5–17,5	17,7–19,8
UEG MJ/kg	8,2–8,9	11,5–14,1	7,5	?
ANF	cyanogene Glycoside (Blausäurevorstufe), Mucine (Schleimstoffe)		Glucosinolate 20–45 mMol/kg, Trypsinhibitoren Erucasäure	Tannin, Trypsinhibitoren
Futterbehandlung	thermische Behandlung verhindert Blausäurefreisetzung		thermische Behandlung	Kerne getrocknet, vor Pressung geröstet
Besonderes	Nebenprodukt der Ölherstellung aus Extraktion oder Pressung			
Mögliche Zieltierart	hoher Anteil Linolensäure C18:3n-3, oxidationsanfällig, trockenheitsresistent, kältetolerant, anspruchslos			Schweine, Geflügel, Wiederkäuer
Flächenanspruch*	Leinsaat ~2,3 t/ha; ~500 kg RP/ha		Saat 1,5–3 t/ha; 250–700 kg RP/ha	Kerne 700–1300 kg/ha; ~260–300 kg RP/ha
Inlandproduktion*	<290 t Leinsamen (<146 ha 2017); <170 t Leinkuchen		<150 t Saat	42–72 t Kerne (61 ha 2017) ~10 t Kuchen
Importherkunft	Europa		aktuell kein Import	
Umwelteffekte	für extensiven Anbau geeignet			in Bioqualität
Konkurrenz zum Mensch	nein		nein	ja

*Mittel 2010–2016 (swiss granum, Agristat SBV, FAOSTAT, BAES 2018)

tieferem Niveau (Tab. 2). Der PUI-Index von Leinkuchen limitiert den Einsatz im Mischfutter von Schweinen. Einsatzgrenzen ergeben sich zusätzlich aus den in Leinsamen vorhandenen cyanogenen Glucosiden, einer Blausäurevorstufe, die in die Nebenprodukte übergehen. Die enzymatisch freigesetzte Blausäure schmeckt bitter und hat bei allen Nutztieren oberhalb des Toleranzbereiches toxische Effekte (Richter *et al.* 1998; Leterme *et al.* 2007; Petit, 2010; Woyengo *et al.* 2017). Die EFSA (2007) setzt die Limite für Blausäure in Alleinfutter für Schweine auf 50 mg/kg und bei Geflügel auf 10 mg/kg. In Leinkuchen sollte der Maximalwert von 350 mg Blausäure nicht überschritten werden. Durch Hitzebehandlung der Leinsamen vor der Ölextraktion oder -pressung können die für die Blausäurefreisetzung nötigen Enzyme weitgehend inaktiviert werden. Vorsicht ist bei also bei Kaltpressung geboten. Des weiteren enthalten Leinsamen und somit auch die Nebenprodukte Schleimstoffe (Mucine), die eine laxative Wirkung haben und die intestinale Viskosität erhöhen und dadurch die Ver-

dauungsvorgänge hemmen. Bei Geflügel führt dies zu klebrigen Exkrementen. Die empfohlenen Mischungsanteile liegen bei Broilern unter 5 % und Legehennen unter 10 % (Feedipedia 2018). Insgesamt begrenzen das Nährstoffprofil und die antinutritiven Inhaltsstoffe der Leinnebenprodukte die Verfütterung an Monogastrier auf maximal 10 % der Ration.

Schlussfolgerungen

- Raps und Sonnenblumen sind die wichtigsten einheimischen Ölsaaten. Die Menge der anfallenden eiweissreichen Ölkuchen ist für den Schweizerischen Tierbestand nicht bedarfsdeckend. Die Inlandproduktion ist an den Ölabsatz gebunden und kann nicht beliebig ausgedehnt werden. Beim Import sind europäische Herkünfte zu bevorzugen.
- Raps- und Sonnenblumenprotein sind reich an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Cystin). Die im Vergleich zu Sojaschrot höheren Fasergehalte be-

wirken bei Raps- und Sonnenblumennebenprodukten tiefere Energiegehalte. Insbesondere teilgeschälte und nicht geschälte Sonnenblumenprodukte sind für Monogastrier schlecht geeignet. Zudem drängt sich eine Überprüfung der Aminosäurenverdaulichkeit auf.

- Grundsätzlich begrenzen die hohen und variablen Restfettgehalte in allen Ölkuchen den Einsatz im Schweinefutter aus Gründen der zu erwartenden Fettqualität im Schlachtkörper. Das Nebeneinander verschiedener Fettqualitäten durch Neuzüchtungen bei Raps (HOLL) und Sonnenblumen (HO) erfordert eine genaue Futterdeklaration.
- Unter den Nischenprodukten sticht der Ölkuchen des Ölkürbis hervor, der sich über einen Proteingehalt von über 550 g/kg TS, tiefem Fasergehalt und hoher Ver-

daulichkeit auszeichnet. Die Lysin- und Threonin-gehalte pro 100 g Protein sind tiefer als im Sojaprotein. Die Datenbasis müsste mit Verdauungsversuchen breiter abgestützt werden.

- Als anspruchslose Kulturen eignen sich Lein und Leindotter für den extensiven Anbau. Antinutritive Inhaltsstoffe in den Nebenprodukten limitieren den Einsatz bei Monogastriern. Eine thermische Behandlung inaktiviert einen Teil der schädlichen Verbindungen.
- Die Nischenprodukte können einen Beitrag an die inländische Proteinversorgung leisten. Aber für eine substanzielle Verbesserung würde wegen der tiefen Proteinerträge viel Ackerland auf Kosten anderer Kulturen beansprucht. ■

Literatur

- Agrarbericht, 2017/18. 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].
- Almeida F.N., Htoo J.K., Thomson J., & Stein H.H., 2013. Amino acid digestibility in camelina products fed to growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* **93**, 335–343.
- BAES, Bundesamt für Ernährungssicherheit Österreich, 2018. Zugang: <https://www.baes.gv.at>.
- Böhme H. & Flachowsky G., 2005. Zur Eignung von Leindotterpresskuchen als Futtermittel für Schweine, Wiederkäuer und Geflügel. *Landbauforschung Völkenrode* **55**, 157–162.
- Bracher A., 2019. Körnerleguminosen als alternative Proteinquellen zu importierten Eiweisssträgern. *Agrarforschung* **10** (5), 180–189.
- Dharavath R.N., Singh S., Chaturvedi S. & Luqman S., 2016. Camelina sativa (L.) Crantz. A mercantile crop with speckled pharmacological activities. *Annals of Phytomedicine* **5** (2), 6–26.
- EFSA 2007. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on request from the commission related to cyanogenic compounds as undesirable substances in animal feed. *The EFSA Journal* **4**34, 1–67.
- EFSA Scientific Committee, 2008. Glucosinolates as undesirable substances in animal feed. Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain. *The EFSA Journal* **5**90, 1–76.
- Feedipedia, 2018. Animal feed resources information system. Zugang: <https://www.feedipedia.org/>.
- Kahindi R.K., Woyegob T.A., Thacker P.A., & Nyachoti C.M., 2014. Energy and amino acid digestibility of camelina cake fed to growing pigs. *Anim. Feed. Sci. Techn.* **193**, 93–101
- Leterme P., Eastwood L., & Patience J., 2007. Flaxseed and Flaxseed Meal in Swine nutrition. *Proceedings of the Western Nutrition Conference*, Saskatoon, Canada, 241–252.
- Messad F., Létourneau-Montminy M-P., Charbonneau E., Sauvant D. & Guay F., 2016. Meta-analysis of the amino acid digestibility of oilseed meal in growing pigs. *Animal* **10**, 1635–1644.
- Murphy E.J., 2011. Versatile camelina: the future of biofuel and much more. *Inform* **22**, 601–608.
- Münger A., Eggerschwiler L., Silacci P. & Dohme-Meier F., 2019. Methanemissionen von Milchkühen: Einfluss von Ölsaaten im Futter. *Agrarforschung Schweiz* **10** (2), 74–79.
- OECD/FAO, 2018. OECD-FAO Agricultural outlook 2018-2027. Chapter 4. Oilseeds and oilseed products, 127–138.
- Petit H.V., 2010. Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxseed. *Can. J. Anim. Sci.* **90**, 115–127.
- Richter G., Ochrimenko W.I., Rudolph B., Bargholz J. & Leiterer M., 1998. Untersuchungen zum Einsatz von Leinkuchen bei Kühen und Junghennen. *Arch. Geflügelk.* **62** (2), 89–95.
- Smit M., & Beltranena E., 2017. Increasing dietary inclusions of camelina cake fed to pigs from weaning to slaughter: Safety, growth performance, carcass traits, and n-3 enrichment of pork. *J. Anim. Sci.* **95**, 2952–2967.
- Swiss granum, 2017. Jahresberichte. Zugang: www.swissgranum.ch.
- Swiss-Impex, 2018. Datenbank der Aussenhandelsstatistik, Eidgenössische Zollverwaltung. Zugang: <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/index.xhtml>.
- Thacker P., & Widyaratne G., 2012. Effects of expeller pressed camelina meal and/or canola meal on digestibility, performance and fatty acid composition of broiler chickens fed wheat–soybean meal-based diets. *Archives of Animal Nutrition* **6**, 402–415.
- UFOP, Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V., Berlin, 2019. Zugang: <https://www.ufop.de/biodiesel-und-co/biodiesel/grafik-der-woche/> [25.3.2019].
- USDA, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 2019. Oilseeds: World Markets and Trade. Zugang: <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade> [26.3.2019].
- VSF, 2017. Jahresbericht. Zugang: https://www.vsf-mills.ch/file/jahresberichte_pdf/18-04-17_JB17_d_v1.pdf [22.1.2019].
- Woyengoa T.A., Beltranena E. & Zijlstra R.T., 2017. Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. *Animal Feed Science and Technology* **233**, 76–86.
- Zdunczyk Z., Minakowski D., Frejnagel S. & Flis M., 1999. Comparative study of the chemical composition and nutritional value of pumpkin seed cake, soybean meal and casein. *Nahrung* **43** (6), 392–395.

Riassunto**Semi oleosi quale fonte di proteine alternativa ai foraggi proteici importati**

L'elevato contenuto proteico dei residui solidi d'estrazione e dei pannelli di pressatura dei semi oleosi fanno sì che questi siano fra i principali alimenti proteici utilizzati a livello mondiale per la produzione di mangimi composti per animali. In Svizzera la quota importata di questi sottoprodotti ammonta all'85%. La colza e il girasole sono i più importanti semi oleosi di produzione nazionale. La produzione indigena è vincolata dalle quantità di ritiro definite con contratto e pertanto vi è un limite potenziale per il suo sviluppo. In particolare nei sottoprodotti dei semi di girasole il contenuto di proteina grezza, di fibre e di energia differisce in maniera sostanziale dal profilo ideale a seconda della proporzione delle buccette. Le proteine della colza e del girasole sono, invece, una buona fonte di aminoacidi contenenti zolfo e, sotto questo aspetto, migliori rispetto alla proteina di soia. I sottoprodotti del girasole contengono troppa poca lisina rispetto a quanto richiesto da specie animali esigenti e le tipologie in commercio parzialmente sgusciate o non sgusciate non apportano sufficiente energia per gli animali monogastrici. Inoltre, le varietà ad alto contenuto di acido oleico (HO) aumentano eccessivamente l'indice di insaturazione del mangime che, quindi, non risulta adatto per l'ingrasso dei suini quando è importante la qualità del grasso degli animali. Tra i prodotti di limitata disponibilità, spicca il pannello di pressatura dei semi per la produzione dell'olio di zucca che presenta un contenuto di proteine grezze di oltre 550 g/kg SS e un'alta digeribilità delle sostanze nutritive, il che lo rende un alimento proteico molto versatile, benché la qualità delle proteine non sia perfettamente comparabile a quella della soia. L'elevato contenuto di grasso residuo ne limita l'utilizzo per i suini da ingrasso, il che in linea di massima è valido per tutti i pannelli di pressatura. Quali colture poco impegnative si prestano alla coltivazione estensiva il lino e la dorella. Il profilo delle sostanze nutritive e le componenti antinutrizionali dei sottoprodotti ne pregiudica l'utilizzo negli alimenti destinati ad animali monogastrici, aspetto che potrebbe essere migliorato tramite il trattamento termico. Considerata la scarsa produzione di proteina per ettaro delle coltivazioni locali di semi oleosi, troppe superfici arabili dovrebbero essere sottratte alle altre colture per poter aumentare significativamente la produzione nazionale di proteine.

Summary**Oil seed by-products as alternative protein sources for imported protein-rich feed**

The protein-rich, solvent-extracted meals and press cakes of oilseeds are among the most important protein sources used in compound feed worldwide. In Switzerland, 85% of oil seed by-products have to be imported. Rapeseed and sunflowers are the most important indigenous oilseeds. Domestic production is bound to contractually negotiated quantities and has thus limited expansion potential. Crude protein, fibre and energy content of especially sunflower by-products deviate, depending on hull proportion, substantially from the ideal profile. However, protein from rapeseed and sunflower is a good source for S-containing amino acids and in this respect superior to soy protein. Sunflower by-products are deficient in lysine for demanding animals and the partially dehulled and non-dehulled commercial grades contain too little energy for monogastric animals. In addition, the high oleic acid varieties cause high PUI indices, which is undesired in diets for fattening pigs for fat quality reasons. Among the minor oilseeds, the press cake of the oil pumpkin stands out with a crude protein content of over 550 g/kg DM together with a high nutrient digestibility, which makes it a multi-purpose protein source. However, the protein quality does not quite match the ideal profile. The high residual fat content will limit its use in diets for fattening pigs, which in principle applies to all press cakes. As hardy crops, linseed and camelina are well suited for low-input production systems. The nutrient profile and antinutritive compounds in the by-products limit their use in the feed of monogastric animals, which can be improved by thermal treatment. Due to low protein yield per ha of domestic oilseeds, too much arable land would be used at the expense of other crops to substantially increase the national protein supply.

Key words: oil seeds, by-products, self-sufficiency, feed protein, nutrient profile.