

## 4.13 Leindotter (*Camelina sativa* L.) (H. Böhme)

### 4.13.1 Vorkommen und Bedeutung

Leindotter (*Camelina sativa* L.) zählt in Europa als nachwachsender Rohstoff zu den anbauwürdigen Ölpflanzen, da für Fette mit hohem Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren von der chemischen Industrie eine große Nachfrage besteht (Friedt et al., 1994). Außerdem wird nach Möglichkeiten gesucht, das Öl als Biodiesel für Traktoren aufzubereiten (Kaiser, 2005).

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Leindotteranbaus stellt sich die Frage nach einer ökonomisch effizienten Verwertung der Nebenprodukte, die wie bei anderen Ölsaaten auch in der Verfütterung an landwirtschaftliche Nutztiere gesehen wird. Leindotter wird bisher fast ausschließlich in kleinen genossenschaftlich geführten Ölmühlen verarbeitet, bei denen Presskuchen mit einem Restfettgehalt über 15 % anfallen. Extraktionsschrote sind bisher nur im Labormaßstab hergestellt und an Labortiere verfüttert worden.

Über Chargen von Leindotterpresskuchen, die für die Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere vorgesehen sind, liegen die in Tabelle 4.13. zusammengestellten Angaben zum Rohnährstoffgehalt vor (Böhme et al., 1995; Böhme und Flachowsky, 2005).

Tabelle 4.13. Trockensubstanz (%) und Rohnährstoffgehalt (in % der T) von Leindotterpresskuchen

Trockensubstanz	91,0 – 91,6
Rohasche	5,7 – 6,7
Rohprotein	36,3 – 38,9
Rohfett	15,7 – 20,4
Rohfaser	13,4 – 18,0
NFE	20,5 – 26,8

Im Leindotterpreßkuchen sind somit erhebliche Proteinmengen enthalten, die im Bereich anderer Nebenprodukte aus der Ölgewinnung liegen. Das gleiche trifft für die Proteinqualität zu. Das Leindotter-Eiweiß enthält mit 4,2 g Methionin + Cystin und 4 g Threonin je 100 Gramm etwa gleiche Mengen wie das Raps- bzw. Sojaeiweiß, jedoch liegt der Lysingehalt mit 4,7 g/100 g Protein deutlich niedriger (EU-Projekt, 1999).

Aufgrund des sehr hohen Restfettgehaltes ist auch das Fettsäuremuster für die Verfütterung von Leindotterpreßkuchen von Bedeutung (Tab. 4.14.), welches dem des Leinöls weitgehend ähnelt (EU-Projekt, 1999).

Tabelle 4.14. Fettsäurenmuster von Leindotteröl (Fettsäuren in % der Gesamtfettsäuren)

		$\bar{x}$	Spanne
Palmitinsäure	C <sub>16:0</sub>	5,3	5,0 – 5,8
Stearinsäure	C <sub>18:0</sub>	2,4	2,2 – 2,8
Ölsäure	C <sub>18:1</sub>	12,9	10,0 – 17,3
Linolsäure	C <sub>18:2</sub>	13,2	4,4 – 19,3
Linolensäure	C <sub>18:3</sub>	40,1	31,4 – 42,2
Eicosensäure	C <sub>20:1</sub>	15,6	14,0 – 16,8
Erucasäure	C <sub>22:1</sub>	2,7	2,3 – 3,6

Mit einem Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren über 50 % und einen Anteil an einfach-ungesättigten über 30 % ist die oxidative Stabilität des Fettes niedrig, und es ist bei höheren Anteilen an Leindotterkuchen im Futter darauf zu achten, dass es durch Antioxidantien ausreichend stabilisiert ist.

Zur Zusammensetzung der Kohlenhydratfraktion liegen nur lückenhafte Angaben vor (Acomovic et al., 1999; Budin et al., 1995, Tab. 4.15.).

Tabelle 4.15. Zusammensetzung der Kohlenhydratfraktion (in % der Trockensubstanz) von Leindotterpresskuchen

Rohfaser <sup>2)</sup>	17,5
NfE <sup>2)</sup>	20,1
Stärke <sup>2)</sup>	6,0
Zucker <sup>2)</sup>	1,5
NDF <sup>1)</sup>	2,2
β-Glucane <sup>3)</sup>	0,3

Quellen: <sup>1)</sup> Acomovic et al., 1999;

<sup>2)</sup> Böhme et al., 1997;

<sup>3)</sup> Budin et al., 1995

Nach der Rohnährstoffanalyse liegt der Gehalt an Rohfaser und N-freien Extraktstoffen über 35 %, wobei Stärke und Zucker lediglich Gehalte von 6 % bzw. 1,5 % aufweisen. Über die Zusammensetzung der Nichtstärkepolysaccharide (NSP) gibt es nur einen Hinweis zum Gehalt an β-Glucanen, der etwa 0,3 % betragen soll. Somit ist davon auszugehen, dass im Leindotterpresskuchen Pentosane in hohen Anteilen enthalten sind, die bisher analytisch im Einzelnen nicht bestimmt worden sind. Diese müssen zum überwiegenden Teil wasserlöslich sein, da Futter mit einem höheren Anteil an Leindotterpreßkuchen nach Zugabe von Wasser eine gallertartige Konsistenz annimmt. Dieser die Viskosität des Futterbreies steigernde Effekt wirkt sich bei Schweinen und vor allem beim Geflügel negativ auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe aus.

#### 4.13.2 Identifizierte antinutritive Substanzen

Nachteilig ist der Gehalt an unerwünschten Inhaltsstoffen, insbesondere der an Glucosinolaten sowie an Nichtstärkekohlenhydraten, die sich negativ auf die Futteraufnahme und auf die

Leistung der Tiere auswirken können (Acomovic et al., 1999). In eigenen Versuchen (Böhme et al., 1995; Böhme und Flachowsky, 2005) zeigte sich zudem, dass im Leindotter und dessen Nebenprodukten Geschmacks- und Schleimstoffe vorhanden sind, die dem Futter einen kresse- und lauchähnlichen Geschmack verleihen und nach Verrühren mit Wasser eine gallertartige Konsistenz ergeben. Weiterhin wurden bei einigen Personen im Umgang mit Leindotter Anschwellen der Augenlider, Reizung der Schleimhäute und Juckreiz am Körper beobachtet, so dass davon auszugehen ist, dass im Leindotter auch allergene Substanzen vorhanden sind (Böhme et al., 1995).

Der Glucosinolatgehalt (GSL) liegt in der lufttrockenen Leindottersaat zwischen 21 – 30 µmol/g (Lang et al., 1986). Im Wesentlichen handelt es sich um 3 GSLe Verbindungen des Sulphonyltyps (s. Tab. 4.16.).

Tabelle 4.16. Gesamtglucosinolatgehalt im Leindotter und der relative Anteil an GSL-Verbindungen

Gesamtglucosinolate µmol/g		21 – 30
10 - Methylsulphonyldecyl - Glucosinolat	%	60
9 - Methylsulphonylnonyl - Glucosinolat	%	20
11 - Methylsulphonylundecyl - Glucosinolat	%	15

Zur Toxikologie der Leindotter GSLe liegen keine Untersuchungen vor. Aus dem Gesamt-GSL-Gehalt sowie aus den einzelnen identifizierten GSL-Verbindungen lässt sich jedoch schlussfolgern, dass ihre Wirkung im Vergleich zu Rapsglucosinolaten geringer sein muß. Es ist davon auszugehen, dass bei der Hydrolyse der Leindotter-GSLe ausschließlich nichtflüchtige und damit annähernd geruchlose Isothiocyanate gebildet werden. Im Vergleich zum Raps enthält Leindotter kein Progoitrin, welches nach Hydrolyse das als besonders toxisch eingestufte Goitrin bildet (Schumann und Stölken, 1996).

Für den Brassicaceen-spezifischen Inhaltsstoff Sinapin, der bei bestimmten Hennenlinien für den fischartigen Eigeruch ursächlich ist, wurden für Leindotterkuchen Konzentrationen zwischen 1,7 und 4,2 mg/g ermittelt. Diese Gehalte liegen etwa um die Hälfte niedriger als bei Rapskuchen, so dass negative Effekte von Sinapin in Zusammenhang mit der Verfütterung von Leindotter, einschließlich der Nebenprodukte, nicht zu erwarten sind. Das gleiche trifft für den Gehalt an Tanninen zu, der mit 1,0 bis 2,4 mg/g nur etwa halb so hoch wie in Rapskuchen liegt, für den ein mittlerer Gehalt von 3,84 mg/g gefunden wurde (Matthäus, 1997).

Untersuchungen auf Protease-Inhibitoren im Leindotterkuchen haben gezeigt, dass die Hemmfähigkeit der Inhibitoren im Vergleich zu denen in der Sojabohne und im Hühnerei hoch ist und dass die Inhibitoren ausgesprochen hitzestabil sind (Böhme et al., 1995). Die Trypsininhibitoraktivität liegt dagegen für Leindotter deutlich niedriger als für Sojabohnen (Matthäus, 1997).

Am Institut für Pharmazie und Lebensmittelchemie der Universität Würzburg wurden Rohextrakte von Leindotterpresskuchen hinsichtlich ihrer agglutinierenden Faktoren untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass sie ebenfalls weitgehend hitzestabil sind. Aus den Ergebnissen wird geschlussfolgert, dass die agglutinierende Aktivität nicht auf das

Vorhandensein klassischer Lectine zurückzuführen ist, sondern dass es sich um Faktoren handeln muss, deren chemische Identität bislang ungeklärt ist (Böhme et al., 1995).

#### **4.13.3 Effekte beim Tier**

Ergebnisse von Wachstumsversuchen, die mit Leindotter bei verschiedenen Tierarten/-kategorien durchgeführt worden sind, spiegeln weitgehend die analytischen Befunde wider.

Bei Mäusen ergab die Verfütterung von extrahiertem Leindottermehl bei Anteilen ab 5 % im Futter eine geringere Futterraufnahme und ab 10 % verminderte tägliche Zunahmen (Korsrud und Bell, 1967). Gleiche Befunde wurden beobachtet, wenn das Extraktionsschrot zusätzlich autoklaviert und als Proteinquelle in semi-synthetischen Rationen bei Mäusen eingesetzt wurde (Korsrud et al., 1978).

Der Einsatz von Leindotter und -kuchen mit Anteilen von 10 % bzw. 8 % im Futter führte auch bei Broilern im Vergleich zu einer Kontrollgruppe nach 42-tägiger Mast zu signifikanten Minderleistungen in der Lebendmassezunahme um 14 % und im Futteraufwand für den Zuwachs um 10 % (Jaskiewicz und Matyka, 2003). Über widersprüchliche Befunde beim Einsatz von Leindotterpresskuchen in der ökologischen Broilermast berichten Weißmann et al. (2006). Schilddrüse und Leber waren bei Einsatz von 5 % thermisch behandeltem Material vergrößert.

Zum Einsatz von Leindotter in der Legehennenfütterung wurden in Dänemark 2 Versuche durchgeführt, in denen sich zeigte, dass ein Anteil von 15 % Leindotter im Futter am Ende der einjährigen Versuchsdauer zu niedrigeren Endgewichten der Tiere, zu niedrigerem Abdominalfettgehalt und zu kleineren Schilddrüsen führte, was als erhöhte Stoffwechselbelastung durch Leindotterfütterung bewertet worden ist. Dabei zeigten sich bei einem Anteil über 15 % im Futter, dass die Eier im Geschmack abwichen (Zubr, 1993; 1997).

Vergleichbare Befunde wurden auch bei Mastschweinen beobachtet, bei denen selbst ein Anteil von 5 % Presskuchen im Futter zu einer schlechteren Wachstumsleistung führte. Die Lebergewichte von Mastschweinen stiegen bei 0, 5 bzw. 10 % Leindotterpresskuchen im Mischfutter von 1586 über 1766 auf 1846 g an (Böhme und Flachowsky, 2005). Im Rückenspeck erhöhte sich der Polyensäurenanteil von 12,0 über 13,9 auf 15,7 %.

Außerdem waren beim Fleisch deutliche Abweichungen im Geschmack und Aroma festgestellt worden (Böhme et al., 1997).

Beim Wiederkäuer wirkte sich der Fettgehalt von Leindotter bzw. Leindotterkuchen mit hohen Anteilen an Polyenfettsäuren negativ auf die pansenphysiologischen Vorgänge aus, was bei Milchkühen zu einem Rückgang des Milchfettgehaltes und zu reduzierten Milcheiweißgehalten führte (Lebzien et al., 1997). Bei Mastrindern ist der Einsatz von Leindottersaat und -kuchen ebenfalls durch deren Fettgehalt begrenzt (Moloney et al., 1998).

#### **4.13.4 Detoxifikation**

Aufgrund der Tatsache, dass im Leindotter die antinutritiven Substanzen unzureichend identifiziert sind, liegen für die Detoxifikation keine gezielten Verfahren vor. Ebenso sind die Geschmacksstoffe, die nachweislich bei Verfütterung höherer Mengen ins Fleisch bzw. ins Ei übergehen, im Einzelnen nicht beschrieben, und der Übergang dieser Substanzen in den

tierischen Organismus ist unzureichend bekannt. Als Hinweise für Detoxifikationsmöglichkeiten sind jedoch Ergebnisse über Verfahren zum Aufschluss der Nährstoffe im Leindotter zu werten. Dabei zeigte sich, dass durch Extrudieren von Leindottersaat bei Broilern die Wachstumsleistung signifikant verbessert wurde.

Ein Anteil im Futter von 10 % extrudierter Saat gegenüber 10 % unbehandelter erhöhte die Lebendmasse der Tiere nach 42 Tagen um etwa 5 % (2,23 kg gegenüber 2,13 kg), und der Futteraufwand für den Zuwachs war um 7 % verbessert (1,83 g gegenüber 1,96 kg Futter) (Jaskiewicz und Matyka, 2003).

In einem weiteren Versuch mit Mäusen wurde Leindotterextraktionsschrot hitzebehandelt - (12 Std. bei 135°C), autoklaviert (15 min. bei 1,2 kg/cm<sup>2</sup> Druck) und dampferhitzt (2 Std. auf 110°C) gegenüber unbehandeltem bei einem Anteil von 20 % im Futter geprüft. Dabei wurden die besten Ergebnisse bei der Futteraufnahme und Lebendmassezunahme gefunden, wenn dampferhitztes Extraktionsschrot verfüttert wurde. Behandlungen mit trockener Hitze und Autoklavieren zeigten hingegen nur geringe Effekte (Korsrud und Bell, 1967).

#### **4.13.5 Schlussfolgerungen/Empfehlungen**

Als Voraussetzungen dafür, dass Leindotter einschließlich der Nebenprodukte effektiv in der Fütterung von Tieren eingesetzt werden kann, sind somit zunächst Untersuchungen zur Eliminierung bzw. zur Wirkungshemmung der antinutritiven Substanzen notwendig. Dabei gilt es zu prüfen, ob diese Inhaltsstoffe durch züchterische Maßnahmen - ähnlich den Glucosinolaten beim Raps - zu reduzieren sind, bzw. durch physikalische oder chemische Maßnahmen inaktiviert werden können.

In diesem Zusammenhang erscheinen die im Leindotter vorhandenen Lectine von Bedeutung zu sein. Bisher ist lediglich ihr Vorhandensein in der Leindottersaat getestet; über die Isolierung, ihre chemische Struktur und ihre Biochemie ist im Einzelnen nichts bekannt. Dies wäre jedoch Voraussetzung, um ihre toxische Wirkung für Tiere zu ermitteln und gegebenenfalls entsprechende inaktivierende Maßnahmen zu erarbeiten. Analog wäre mit den vorhandenen kresseartigen Geschmacksstoffen und den Schleimstoffen zu verfahren. Von humanmedizinischer Seite wären darüberhinaus die allergenen Wirkungen und Möglichkeiten zu ihrer Inaktivierung zu untersuchen. Durch züchterische Maßnahmen könnte ebenfalls eine Reduzierung der antinutritiven Substanzen angegangen werden.

#### **4.13.6 Literatur**

- Acomovic T, Gilbert C, Lamb K, Walker KC (1999) Nutritive value of *Camelina sativa* meal for poultry. *Brit Poultr Sc* 40:27
- Böhme H, Aulrich K, Schumann W, Fischer K (1997) Untersuchungen über die Eignung von Leindotterpresskuchen als Futtermittel. 1. Mitt.: Futterwert und Einsatzgrenzen bei der Fütterung von Schweinen. *Fett/Lipid* 99: 254-259
- Böhme H, Daenicke R, Lebzien P (1995) Futterwert und Akzeptanz von Leindotterkuchen bei Schweinen und Wiederkäuern. Abschlußbericht über das Forschungsprojekt 92-PVO27, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe

- Böhme H, Flachowsky G (2005) Zur Eignung von Leindotterpresskuchen als Futtermittel für Schweine, Wiederkäuer und Geflügel. *Landbauforschung Völkenrode* 55: 157-162
- EU-Projekt (1999) Alternative oilseed crop *Camelina sativa*. AIR-CT 94-2178 (Executive Summary)
- Friedt W, Büchschütz-Nothdurft A, Bickert C, Schuster A (1994) Züchterische und Produktionstechnische Bearbeitung von Lein und Leindotter im Hinblick auf eine Verwendung als nachwachsender Rohstoff. *Pflanzenzüchtung* 30:158-172
- Jaskiewicz T, Matyka S (2003) Application of *Camelina sativa*, its seeds extrudate and oil cake in diets for broiler chickens and the effect on rearing indices and carcass quality. *Ann. Anim Sci Suppl* 2:181-184
- Kaiser T (2005) Möglichkeiten der energetischen Nutzung der Erzeugnisse des Mischfruchtanbaus. Workshop zur Verwendung des Mischfruchtanbaus mit Ölpflanzen zur Produktion von pflanzlichen Ölen für die energetische Verwendung. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig, 2005
- Korsrud GO, Bell, JH (1967) The feeding value of solvent-extracted *Camelina* meal. Effects of levels fed, heat treatments and flavor supplements. *Can J Anim Sci* 47:109-113
- Korsrud GO, Keith MO, Bell JM (1978) A comparison of the nutritional value of crambe and camelina seed meals with egg and casein. *J Anim Sc.* 58:493-499
- Lange R, Schumann, W, Petrzika M, Busch H, Marquardt R (1995) Glucosinolates in linseed dodder. *Fett Wissenschaft Technologie* 97:146-152
- Lebzien P, Daenicke R, Aulrich K, Böhme H, Einhoff K (1997) Untersuchungen über die Eignung von Leindotterpresskuchen als Futtermittel. 2. Mitt.: Futterwert und Einsatzgrenzen bei der Fütterung von Wiederkäuern. *Fett/Lipid* 99:405-409
- Matthäus, B. (1997) Antinutritive compounds in different oil seeds. *Fett/Lipid* 99: 170-174
- Moloney, A.P., Woods, V.B., Crowley, J.G. (1998) A note on the nutritive value of camelina meal for beef cattle. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 37:243-247
- Schumann, W., Stölken, B. (1996) Glucosinolate content and type of *Camelina sativa* seed. *VDLUFA Schriftenreihe (Kongressband Trier)* 44:233-236
- Weißmann F, Paulsen FM, Fischer K, Matthäus B, Bauer M, Pscheidl M, Vogt-Kante W (2006) Einfluss der Fütterung von Leindotterpresskuchen auf die Fleisch- und Fettqualität von Broilern aus ökologischer Mast. *Kurzfassungen* 41. *Kulmbacher Woche*, 09.-10.05.2006, Kulmbach, pp 16-17
- Zubr, J. (1993) New source of protein for laying hens. *Food Compounder* (4):23-25
- Zubr, J. (1997) Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial Crops and Products* 6:13-119