



Berichte 2015

1

Neues aus Untersuchung und
angewandter Forschung

Verwertung von Rapsfuttermitteln in der Thüringer Landwirtschaft

Inhalt

1	Rapsерzeugung und Verwertung	1
2	Futterwert.....	2
2.1	Antinutritive Substanzen, Rohnährstoffe, Faserfraktionen und dem Tier verfügbare Energie	2
2.2	Proteinqualität für Schwein bzw. Geflügel und für den Wiederkäuer	4
2.3	Phosphor	5
3	Rapsfuttermittelvergleich mit Sojaextraktionsschrot in Versuchen besonders mit Schweinen und Einsatzempfehlungen für die Nutztiere	6
4	Preiswürdigkeit von Rapsextraktionsschrot als (partieller) Ersatz von Sojaextraktionsschrot am Beispiel von Milchviehrationen.....	9
5	Schlussfolgerungen für die Landwirte Thüringens	10
6	Literatur	11

Erschienen als Beiheft zur Schriftenreihe
„Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen“.

Impressum

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
Tel.: 03641 683-0, Fax: 03641 683-390
Mail: pressestelle@tll.thueringen.de

Autoren: Prof. Dr. habil. Friedrich Schöne
Silke Dunkel
Esther Gräfe
Torsten Graf
Dr. Arnd Heinze

Januar 2015

ISSN 0944 - 0348

Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt.
Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der
fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.

1 Rapsproduktion und Verwertung

In Thüringen hat sich in den beiden Dekaden nach der Wiedervereinigung die Rapsanbaufläche mehr als verdoppelt (Tab. 1). Durch den neben der Flächenausdehnung gesteigerten Ertrag - ausgehend von 23 bis 32 dt/ha in den beginnenden 1990er-Jahren auf 30 bis über 42 dt/ha ab dem Jahr 2000 - verdreifachte sich die jährlich erzeugte Rapsmenge. Ein jetziger Anbauumfang von 120 000 ha Raps repräsentiert 19 % der Thüringer Ackerfläche, womit die agronomisch gesetzte Grenze der Erzeugung erreicht sein dürfte (GRAF und Mitarbeiter, 2013).

Rapssaat (RS) aus Thüringen wird schwerpunktmäßig in den großen Ölmühlen, z. B. Riesa, Hamburg und Neuss, mit einer jeweiligen Verarbeitungskapazität zwischen 400 000 und 1 700 Tsd. t/a, zu raffiniertem Öl und Rapsextraktionsschrot (RES) verarbeitet. Nur noch 5 bis 7 % der Gesamterntemenge (25 Tsd. bis 35 Tsd. t) kommt in kleineren dezentralen Anlagen zur Pressung zu Öl und Rapskuchen, gegenüber geschätzt 40 bis 50 % von 2005 bis 2007, den „Boomjahren“ für den Bau und für die Inbetriebnahme neuer Ölpresen. Von den 2011 im Freistaat vorhandenen 13 Ölpresen sind derzeit nur noch wenige ganzjährig in Betrieb, mit einer Auslastung lediglich zwischen 25 und 50 %. Besonders die Verarbeitung von Non-Food-Raps wurde zurückgefahren, durch den Wegfall der vollständigen und dann partiellen Steuerbefreiung auf Biokraftstoffe von 2008 bis 2013 sowie die Nachhaltigkeitsverordnung 2011 mit ihren sehr hohen Vorgaben für das Treibhausgas-Minderungspotenzial (HAAS und REMMELE, 2014).

Tabelle 1: Anbaufläche, Erzeugung und Verwertung von Winterraps in Thüringen GRAF et al., 2013 und eigene Kalkulationen)

	1991	2000	2006	2013
Anbau (Tsd. ha)	49	92	115	125
Rapssaaterzeugung (Tsd. t)	150	320	430	470
Rapssaatverwertung (Tsd. t)				
• Rapsöl	60	115	150	185
• Rapsextraktionsschrot ¹⁾	85	100	125	250
• Rapskuchen ²⁾	0	100	145	20

¹⁾ Verarbeitung des Rapses in den großen Ölmühlen zu 40 % Öl und 57 % Extraktionsschrot

²⁾ Verarbeitung in dezentralen Abpressanlagen zu 30 % Öl und 68 % Presskuchen

RES und Rapskuchen (RK) sind nach Sojaextraktionsschrot (SES) die bedeutendsten Eiweißträger, wobei die Steigerungsraten für den Rapsfuttermittelverbrauch am deutschen Futtermittelmarkt deutlich höher sind als die für das SES (Abb. 1). Beide Eiweißfuttermittel haben sich besonders in den vergangenen Jahren verteuert – Ausdruck einer Verknappung am Markt für Ölsaaten, Öle und Extraktionsschrote (SCHÖNE und REINHOLD, 2005; MIELKE, 2014).

Die Etablierung des Rapsfuttermiteleinsatzes ist eng verknüpft mit dem Siegeszug der Doppel-Null-Qualität beginnend in der Mitte der 1980er- mit Abschluss in den 1990er-Jahren. Die Verbesserung des RES und des RK betraf den zweiten Qualitätssprung, nämlich die Glucosinolatreduzierung von 50 bis 150 mmol/kg¹⁾ in der glucosinolatreichen Saat auf 10 bis 20 mmol/kg in der Doppel-Null-Rapssaat [auf Basis 91 % Trockenmasse (T) für Ölsaaten]. Zuvor hatten die Pflanzenzüchter in einem ersten Qualitätssprung im Rapsöl die Erucasäure durch Ölsäure ersetzt, wodurch Speiseölqualität erlangt wurde.

¹⁾ Die Pflanzenzüchter verwenden den Bezug µmol Glucosinolate/g Saat. Für die Tierernährung ist mmol Glucosinolate/kg besser geeignet. Die Notwendigkeit der molaren Angabe resultiert daraus, dass Raps acht Glucosinolate mit Molgewichten von 411 bis 517 mol enthält. Kalkuliert man mit einem mittleren gewichteten Molgewicht von 465, so entspricht ein Bereich von 10 - 20 mmol Glucosinolen/kg etwa 4 - 9 g/kg.

Im Futter, dem Koppelprodukt des Öles, waren früher die Konzentrationen der Glucosinolate so hoch, dass die Futtermittel, die Leistung und teilweise sogar die (Schilddrüsen-) Gesundheit der Nutztiere beeinträchtigt wurden. Glucosinolatreiche RES und RK fielen damit für Schwein und Geflügel als Futtermittel aus.

Wie nachfolgend in Abschnitt 2 dargestellt, unterschreiten seit Jahren die Glucosinolatgehalte der Saat in der Regel die von der Tierernährung vorgegebenen und von den deutschen Pflanzenzüchtern zur Selbstverpflichtung erhobenen 18 mmol/kg. Andererseits darf in der EU Rapssaatgut für die Anerkennung der Doppel-Null-Qualität bis zu 25 mmol Glucosinolate/kg enthalten. In Kanada für den von vornherein glucosinolatärmeren Sommerraps ist der Qualitätsgrenzwert niedriger und beträgt 12 mmol Glucosinolate/kg Saat. Das langjährige Rapsmonitoring der TLL im Rahmen der Besonderen Erntermittlung zeigt Mittelwerte zwischen 11 und 15 mmol Glucosinolaten/kg Saat, bei einem Bereich der einzelnen Konsumraps-Chargen, sorten- und standortabhängig, von 5 bis zu 25 mmol Glucosinolaten/kg Saat (JENTSCH und Mitarbeiter, 2011).

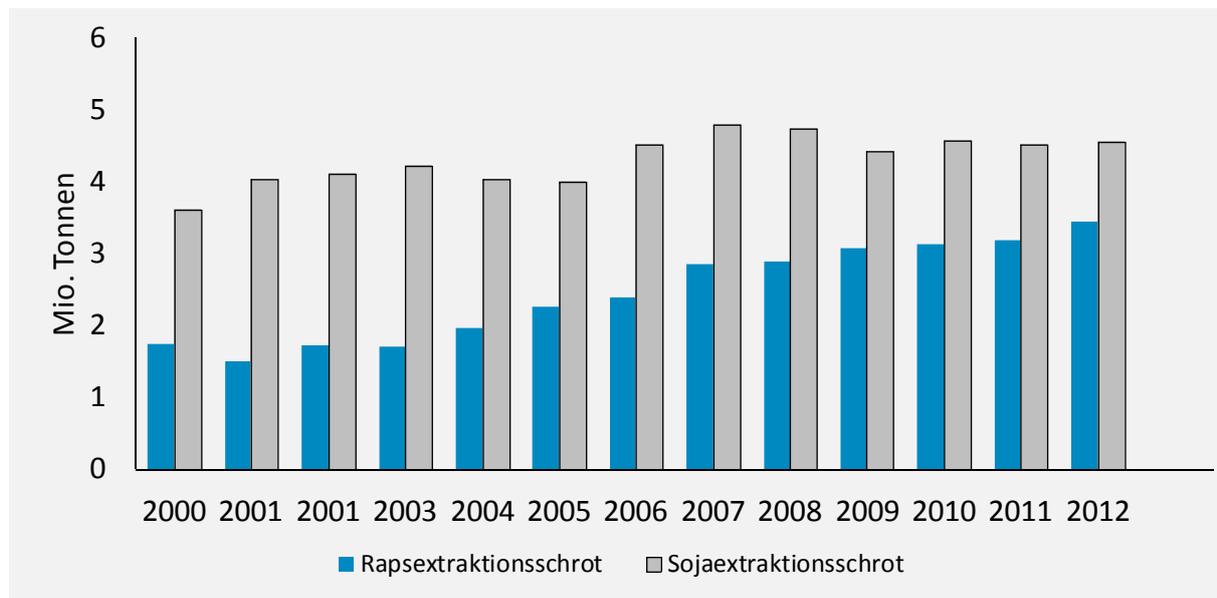


Abbildung 1:

Verbrauch von Raps- und Sojaextraktionsschrot in Deutschland (Verband der Ölsaatenverarbeitenden Industrie, OVID 2014)

2 Futterwert

2.1 Antinutritive Substanzen, Rohnährstoffe, Faserfraktionen und dem Tier verfügbare Energie

Im Raps antinutritiv, also potenziell leistungs- bzw. gesundheitsbeeinträchtigend, wirken vor allem genannte Glucosinolate. Auf das Sinapin, welches bei bestimmten Hennenlinien zu Fischgeruch und -geschmack der Eier führen kann, wurde an anderer Stelle eingegangen (siehe JEROCH und Mitarbeiter, 2008).

Nutztiere, besonders Schwein und Geflügel, tolerieren begrenzte Konzentrationen der Glucosinolate in der Ration ohne Leistungsminderung (siehe Abschnitt 3) und so sollten die Konzentrationen der Glucosinolate im RES und RK bekannt sein, um danach Einsatzgrenzen im Alleinfutter für Schwein und Geflügel festzulegen. Die RES aus dem langjährigen Monitoring der Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) zeigen mittlere Gehalte in den Jahren zwischen 7 und 10 mmol Glucosinolaten/kg T (Tab. 2). Bei einem Bereich der einzelnen Chargen, ölmühlenabhängig, von 4 bis zu 22 mmol Glucosinolaten/kg T (WEBER, 2012). Im Kuchen wurden und werden mit im Mittel 20 mmol/kg T und einem Bereich zwischen 10 und 25 mmol/kg T deutlich mehr Glucosinolate als im RES analysiert.

Ausgehend von den unter 1 genannten 11 bis zu 15 mmol Glucosinolaten/kg Saat reichern sich diese im Kuchen durch den Fettzug beim Pressen an. Der bei dem noch stärkeren Fettzug im Extraktionsschrot nicht höhere sondern niedrigere Glucosinolatgehalt resultiert aus der Behandlung mit Wasserdampf und Hitze in der Toastung zur Entfernung des Fettextraktionsmittels (Desolventisierung). Die Hitze zerstört Glucosinolate, denaturiert jedoch mehr oder weniger auch das Protein mit den unter 2.2 beschriebenen Auswirkungen auf die Eiweißqualität für das Schwein und den Wiederkäuer.

Das SES, als „Universaleiweißfutter“ dargestellt in der ersten Spalte von Tabelle 2, ist besonders eiweißreich; RES enthält dazu im Vergleich ein Viertel weniger Rohprotein. Im Fettgehalt unterscheiden sich die Extraktionsschrote kaum. Wird in der Ölmühle das bei der Ölraffination anfallende Rohlecithin dem Extraktionsschrot wieder zugesetzt, kann der Rohfettgehalt auf bis zu 5 % T ansteigen. Der Fettgehalt des RK liegt je nach Effizienz des Pressverfahrens zwischen 100 bis annähernd 200 g/kg Trockenmasse. Die Angaben im Tabellenkopf repräsentieren einen mittleren Bereich der Ware am Markt. Der gegenüber SES doppelt so hohe Rohfasergehalt des RES ist auf seinen relativ hohen Anteil an Schalen zurückzuführen. Deren Rohfaser besteht hauptsächlich aus Lignin (etwa 80 g/kg RES). Besser als die Rohfaser charakterisiert die neutrale Detergenzfaser (NDF) den Gesamtanteil Gerüstsubstanzen.

Tabelle 2: Sojaextraktionsschrot und Rapsfuttermittel im Vergleich, Werte je kg Trockenmasse, Datenquellen bei SCHÖNE (2009), im Sojaextraktionsschrot die limitierenden Aminosäuren (AS) bei EVONIK (2010), im Rapsextraktionsschrot Rohprotein (XP), nutzbares Rohprotein nXP und die limitierenden AS bei WEBER 2012, die praecaecale Verdaulichkeit (pcV) bei MESSERSCHMIDT und Mitarbeitern (2014), im Rapskuchen XP, nXP, die limitierenden AS und Phosphor bei SCHÖNE und Mitarbeitern (2012)

Fettgehalt (%)		Sojaextraktionsschrot 1,5	Rapsextraktionsschrot 1 - 5 ¹⁾	Rapskuchen 12 - 15
Glucosinolate	mmol	nicht enthalten	8	20
XP	g	500	378	347
nXP		302	237	186
Rohfaser	g	67	131	119
NDF	g	200	302	270
Lignin	g	18	90	82
Stärke	g	69	0	0
Zucker	g	108	95	80
Lysin	g	31	22	21
pcV Lysin	g	28	14	k.A.
Met + Cys	g	14	17	16
pcV Met + Cys	g	12	13	k.A.
Threonin	g	17	17	16
pcV Threonin	g	15	11	k.A.
Phosphor	g	7	12	10
verd. Phosphor ²⁾	g	2,5	4	4
NEL	MJ	8,6	7,3	8,3
ME Rind	MJ	13,8	12,0	13,5
ME Schwein	MJ	14,6	11,1	13,2

Weitere Abkürzungen: NDF = Neutrale Detergenzfaser, Met + Cys = Methionin + Cystin; k. A. = keine Angaben; pcV = praecaecale Verdaulichkeit; NEL = Nettoenergie-Laktation; MJ = Mega Joule; ME = Umsetzbare Energie (engl. metabolisable energy).

¹⁾ nach Zugabe Rohlecithin ²⁾ Schwein

Diese NDF teilt sich für den Raps auf jeweils ein Drittel Zellulose, Hemizellulose und Lignin auf, wogegen die Soja-NDF bei verschwindend geringem Ligninanteil zu jeweils der Hälfte aus Zellulose und Hemizellulose (v. a. Arabinoxylanen) besteht. Rapssamen und demzufolge auch die Rapsfuttermittel sind im Unterschied zu Getreide und Körnerleguminosen praktisch stärkefrei. Verschiedene Ein- und Mehrfachzucker wurden in RES und RK nachgewiesen, deren Gehalte jedoch nicht die des SES erreichen.

Die niedrigere umsetzbare Energie (engl. metabolisable energy, ME) des RES im Vergleich zu SES und Getreide ist Folge der geringeren Verdaulichkeit der organischen Masse - bei Schweinen von 73 % (SCHÖNE und Mitarbeiter, 1996) - mit deren hohem Anteil Faser, darunter das selbst für den Wiederkäuer unverdauliche Lignin. Der Schalen- und Ligninanteil des RK und damit die Verdaulichkeit der organischen Masse - im Verdauungsversuch mit Schweinen wurden lediglich 70 % ermittelt (SCHÖNE und Mitarbeiter, 1996) - unterscheiden sich nur wenig vom Extraktionsschrot. Jedoch steuert im Kuchen das Fett als Energieträger der Verdünnung der ME durch Faser bzw. Lignin gegen und ein RK mit 15 % Rohfett nähert sich dem energetischen Futterwert der Wintergerste. Diese Fettmenge im Kuchen ist demnach erforderlich, um den beträchtlichen Anteil *Unverdauliches (=Lignin)* und die resultierende Energieverdünnung zu kompensieren. Abweichungen der Fettkonzentration des Rapskuchens müssen sich auf dessen ME auswirken. Ein Prozent Fett/kg im Futtermittel (bei 90 % Trockenmasse) in der Gegenrechnung gegen diese Menge Nicht-Fett-Substanz entsprechen einer ME von 0,2 MJ.

2.2 Proteinqualität für Schwein bzw. Geflügel und für den Wiederkäuer

Die Eiweißqualität für Schwein und Geflügel wird durch den Gehalt der Aminosäuren (AS) Lysin, Methionin + Cystin und des Threonins bestimmt. Sie gehören zu den unentbehrlichen AS und, weil sie in bestimmten Futtermittel(gruppe)n nicht ausreichen, sind sie noch dazu limitierende AS. Für Methionin und Cystin gilt die Besonderheit, dass sie der Organismus ineinander umwandeln kann. Diese beiden schwefelhaltigen AS sind demnach im Futter gegeneinander anteilig austauschbar und werden für die Futtermittel als Summe ausgewiesen. Limitierend heißt, es kann zwischen dem Bedarf aufgrund des hohen Leistungsanspruches und dem Gehalt einzelner Futtermittel eine große Diskrepanz bestehen. In den Rationen sind daher das lysinarme und an Methionin sowie Cystin reichere Getreide mit dem lysinreichen aber an Methionin und Cystin ärmeren SES oder an dem an allen drei AS reichen RES zu kombinieren (Abb. 2). Der Brückenschlag zu den praktischen Fütterungsempfehlungen erfolgt durch ein Multiplizieren des AS Gehaltes des idealen Proteins mit 200 bis 330 g XP pro Mastschwein und Tag, wie es im Mastverlauf über ein Schweinemastalleinfutter mit 14 bis 17 % XP zugeführt wird.

In Übereinstimmung mit der Energie müssen die AS des Schweinefutters hochverdaulich sein. Dabei ist die AS Verdaulichkeit auf den Dünndarm zu beziehen, würde doch bei Bezug auf den gesamten Verdauungstrakt das im Dickdarm gebildete, im Kot vorliegende Mikrobenprotein die Verdaulichkeit der Futter AS völlig verfälschen. Die Tabellenangaben der praecaecal¹⁾ verdaulichen AS basieren auf standardisierten praecaecalen Verdaulichkeiten (pcV) in der Reihenfolge der AS in Tabelle 2 von 87, 83 und 80 % für das SES entsprechend den Angaben der GfE (2006) und für das RES nach neueren Ergebnissen der Universität Hohenheim (MESSERSCHMIDT und Mitarbeiter, 2014) von 64, 79 und 63 %. Das RES aus hiesigen Ölmühlen weist damit eine niedrigere pcV zumindest des Lysins auf als kanadisches und faserärmeres RES aus den dortigen Sommervarietäten, dessen pcV von 73, 77 und 69 % der AS (in der Reihenfolge in Tab. 2) den bisherigen Angaben der GfE (2006) zugrunde lag. Für den RK gibt es bisher keine Angaben. Die niedrigere Dünndarmverdaulichkeit des Lysins und weiterer AS des RES aus hiesigen Winterrapssorten (MESSERSCHMIDT und Mitarbeiter, 2014) im Vergleich zum SES aber auch zu kanadischen RES scheint auf dem Faseranteil zu beruhen. Dabei sieht man als Ursache heute weniger den Faser-Einschluss der AS des Futtermittels („Käfigeffekt“) als das „Mehr an Verdauungsbrei“ (Chymus) im Darm mit einer höheren Ausschleusung an AS in den Kot.

¹⁾ am Dünndarmende schließt sich das Caecum (Blinddarm) als erster Teil des Dickdarms an

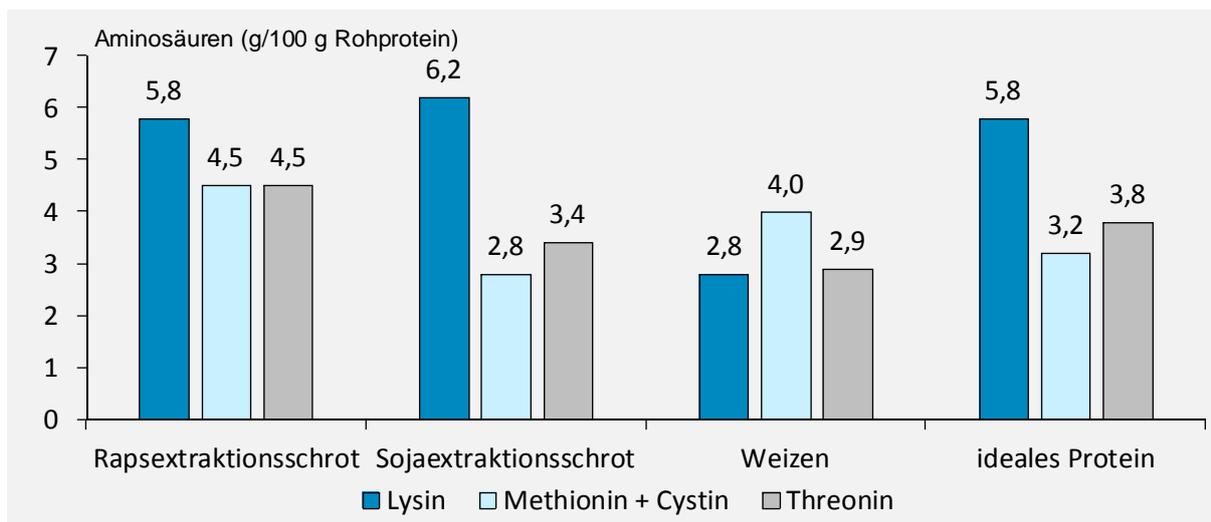


Abbildung 2:

Proteinqualitäten der Haupteisweißfuttermittel aus Ölsaaten für Schweine im Vergleich zu Weizen und zu dem für eine hohe Wachstumsintensität idealen Futterprotein. Erst der Bezug auf 100 g Rohprotein macht die im Eiweißgehalt variierenden Futtermittel vergleichbar. Im idealen Protein wie in der Schweinemastration sollen Lysin zu Methionin+Cystin und Threonin im Verhältnis von 1:0,55:0,65 stehen. Keine Berücksichtigung des Tryptophans wegen der möglichen Limitierung lediglich in maisdominierten Rationen. Die bis Dünndarmende verdaulichen Aminosäuren in g/kg Futtertrockenmasse finden sich in Tabelle 2.

Für den Wiederkäuer spielen die AS, die Schweine und Geflügel nicht zu bilden in der Lage sind (die 8 unentbehrlichen also mit der Nahrung zuzuführenden AS) nicht die Rolle. Die Pansenmikroben zerlegen selbst das hochwertigste Futterprotein bis zum Ammoniak und bilden dann mit den Kohlenstoffgerüsten der kurzkettigen Fettsäuren vor allem aus dem Kohlenhydratabbau (Essig-, Propion- und Buttersäure) die AS und das für das Wirtstier in Labmagen und Dünndarm zu verdauende hochwertige Mikrobenprotein. Der mikrobielle Abbau bzw. Umbau des Futterproteins ist aber nicht vollständig: Je nach Futtermittel passiert ein kleinerer oder größerer Teil, das „Durchflussprotein“, unabgebaut den Pansen und wird dann im Labmagen und im Dünndarm zusammen mit dem Mikrobenprotein verdaut. Diese im Dünndarm zur Verfügung stehende Proteinmenge aus dem im Pansen gebildeten Mikrobenprotein und dem dort nicht abgebauten Futterprotein („Durchflussprotein“, undegraded protein - UDP) bildet das Nutzbare Protein (nXP). Der Anteil UDP am XP des Futters beträgt für die Extraktionsschrote 35 %, für den Rapskuchen jedoch nur 15 %. Die Differenzen im ruminalen Abbau des XP resultieren aus den anfangs genannten Unterschieden der Verarbeitung, wonach die Extraktionsschrote verglichen mit den Kuchen zur Entfernung des Fettextraktionsmittels zusätzlich einem Erhitzungsschritt ausgesetzt werden müssen, und dieses Toasten vermindert die Löslichkeit des XP bzw. die mikrobielle Proteolyse.

2.3 Phosphor

Unter den Mineralstoffen ist der relativ hohe Phosphorgehalt der Rapsfuttermittel hervorzuheben. Phosphor liegt wie im Getreide oder im SES überwiegend als Phytat vor. Er ist in dieser Form dem Tier erst nach Phytatspaltung durch das Enzym Phytase zugänglich. Pflanzen enthalten neben dem Phytat auch Phytasen. Während der Verdauung werden die Enzyme wirksam – die Phytasen spalten Phytat und verbessern so die Verdaulichkeit des Pflanzen-Phosphors. Die Extraktionsschrote enthalten durch die Hitzeeinwirkung mit Proteindenaturierung in der Verarbeitung die Phytase nicht. Der Kuchen enthält für den Fall der nicht seltenen Heißlufttrocknung der Rapssaat wenig Phytase. Danach ist von einer mittleren Verdaulichkeit des Phosphors von nur einem Drittel auszugehen, das ist die Hälfte der Phosphorverdaulichkeit des Weizens. Der Forderung in Betrieben mit hoher Viehdichte die Phosphorausscheidung der Tiere bzw. die Einträge über die Gülle in den Boden zu reduzieren wird durch den Einsatz biotechnologisch produzierter Phytasen entsprochen. Durch Phytasezusatz zu einem Mastfutter auf Basis Getreide/Extraktionsschrot/Kuchen und der

dadurch besseren Ausnutzung des Phytatphosphors der Futtermittel kann der mineralische Phosphorzusatz in einer Größenordnung von einem Fünftel vermindert werden.

3 Rapsfuttermittelvergleich mit Sojaextraktionsschrot in Versuchen besonders mit Schweinen und Einsatzempfehlungen für die Nutztiere

Bei dem in Abschnitt 1 beschriebenen Übergang der Rapsrzeugung von der glucosinolatreichen Saat auf Doppel-Null-Qualität vollzog sich die annähernde Verdopplung des Rapsfuttermiteleinsatzes im vergangenen Jahrzehnt in Deutschland (Abb. 1) nicht im Selbstlauf. Entscheidenden Anteil hat die Fütterungsberatung basierend auf Fütterungsversuchen besonders an Rindern und Schweinen. Das Schwein ist die empfindlichere Tierart, und erfolgreiche Schweinemastversuche fungieren daher auch als „Türöffner“ für RES und RK in der Rinderfütterung. Im Ergebnis von Fütterungsversuchen (Tab. 3) vertragen Schweine bis 100 g RES und 75 g RK/kg Futter ohne Leistungsminderung. Gemessen an Futteraufnahme, Zunahme und Futteraufwand sollte die Glucosinolatkonzentration nicht über 1,5 bis 2 mmol/kg Futter hinausgehen (SCHÖNE und Mitarbeiter, 2002). Die Schilddrüsen- und Lebervergrößerung erreicht bei diesem Rapsfuttermittel- bzw. Glucosinolatanteil nur geringe Ausmaße. Eine optimale Jodzufuhr vorausgesetzt wird die Funktion beider Organe bzw. die Tiergesundheit nicht beeinträchtigt.

Wiederkäuer tolerieren erheblich höhere Glucosinolatanteile im Futter, dies aufgrund der „vorgesalteten“ Inaktivierung der Senföolverbindungen durch die Pansenmikroben. Mastrinder hielten auch bei Anteilen von 5 mmol Glucosinolaten/kg Futtertrockenmasse im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Rapsfuttermiteleinsatz den Futterverzehr und eine hohe Gewichtszunahme aufrecht (SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1989).

Veränderungen des Fettes des Schlachtkörpers in vorgenanntem Schweinemastversuch erreichten erst bei 150 g RK/kg Futter (= 21 g zusätzliches Rapsöl/kg Futter) Qualitätsrelevanz. Die Linol- mehr noch die alpha-Linolensäure sind in unserer Ernährung gewünscht, führten aber in dem ermittelten Anteil von 14 % im Schweinefett zu weicherer Speckkonsistenz. Für das Frischsortiment, bestehend aus Schweinefleisch und den meisten hiesigen Fleischerzeugnissen bzw. Wurstwaren, hat die Fettkonsistenz eine geringe Bedeutung. In Qualitätsprogrammen für Dauerwaren (Schinken, Salami), welche einen festeren Speck anstreben, sollte jedoch der Gehalt der mehrfach ungesättigten Fettsäuren (Linolsäure plus alpha-Linolensäure) des Futters berücksichtigt werden und 1,5 % der Alleinfuttermischung nicht überschreiten.

In der Milchviehfütterung machen über 350 bis 400 g Rapsöl/Kuh und Tag oder die entsprechenden Öläquivalente über Rapssamenschrot oder RK Milchfett und Butter ölsäurereicher und palmitinsäureärmer (JAHREIS und Mitarbeiter, 1996). Die Butter ist besser streichfähig und im Hinblick auf die Gesundheit des Konsumenten, für seinen Blutfett- bzw. Cholesterinstatus, günstig einzuschätzen. RK im Milchkuhfutter ist im Vergleich zu Rapssamenschrot oder Rapsöl wirtschaftlicher, der Ölpresenbetreiber muss aber mindestens 17 % Rohfett (Basis 90 % T) garantieren. Der Milcherzeuger wiederum sichert die Verabreichung von 2 bis 2,5 kg dieses RK/Kuh und Tag oder der äquivalenten Rapsölmenge über mikronisierte Rapssaat. Das Fettsäurenmuster in der angelieferten besonderen Rohmilch aber auch der Butter muss ständig analytisch überprüft werden. Am Ende der Qualitätskette steht das *besondere* Produkt mit der besseren Streichfähigkeit, dem zusätzlichen Gesundheitswert und dem höheren Preis (SCHÖNE und Mitarbeiter, 2000).

Tabelle 3: Ausgewählte Schweinemastversuche mit Rapsextraktionsschrot (RES) oder Rapskuchen (RK) – Futtervorlage zur freien Aufnahme (ad libitum)

Literaturquelle Anz. Schweine/ Gruppe	Geprüfter Anteil Rapsfuttermittel	Futtermittel- aufnahme	Lebendmasse- zunahme	Futtermittel- aufwand	Muskel- fleischan- teil
	%	kg/Tag	g/Tag	kg/kg Zunahme	%
Weiss u.a. (2004) n = 47	10 mmol Glucosinolate/kg RES				
	0	2,23	797	2,84	56
	10 RES	2,29	821	2,80	57
	15 RES	2,23	813	2,79	57
Schöne u.a. (2002) n = 20 (Börge)	21 mmol Glucosinolate/kg RK				
	0 RK	2,40	779	3,08	55
	7,5 RK	2,34	786	2,99	56
	15 RK	2,26	718 ¹⁾	3,17 ¹⁾	54
Weber und Schöne (2007) n = 160	20,4 mmol Glucosinolate/kg RK/10,5 mmol/kg behandelter RK				
	0 RK	2,50	893	2,83	55,5
	5/7,5 % RK ²⁾	2,42	869	2,81	55,8
	7,5/12,5 % RK ²⁾	2,30	835	2,73	55,1
	7,5/12,5 % RK ^{2), 3)}	2,32	876	2,68	55,9

¹⁾ Signifikanz im Vergleich zur Gruppe mit 7,5 % RK im Alleinfutter

²⁾ Anteil im Vormast-/Endmastfutter

³⁾ druckhydrothermisch behandelt

Tabelle 4 enthält Empfehlungen zum Einsatz von RES bzw. RK, zum einen als Höchstanteile bezogen auf die T der Gesamtration, zum anderen als Maximum der je Tag aufzunehmenden Menge. Die Empfehlungen für Kälber aber auch für Mutterschafe sind vorläufig, da bisher längerfristige Fütterungsversuche fehlen. Für Milchkuh und Mastriind kann aufgrund der guten Glucosinolatverträglichkeit das RES als alleiniger Eiweißträger fungieren. Bei Mastschweinen ist immerhin im Mittel die Hälfte des SES durch RES ersetzbar, für die übrigen Nutzungskategorien bei Schwein und Geflügel dürfte es grob gerechnet ein Drittel sein. Die höheren Glucosinolatgehalte des RK begründen die für Schwein und Geflügel im Vergleich zum RES niedrigeren Einsatzgrenzen. Maßgebend für den niedrigeren empfohlenen Einsatz des RK an Wiederkäuer ist die tolerierbare Fettmenge - diese Obergrenzen gegen Störungen der Pansenfunktion. Außer den Glucosinolaten der Rapsfuttermittel und dem Restöl des RK sind als weitere Kriterien für die Einsatzbegrenzungen der niedrige Energiegehalt des RES und, für Legehennen, das Sinapin zu nennen.

Die 350 bis 400 g Rapsöläquivalente/Milchkuh und Tag addieren sich mit etwa der gleichen Menge „natürlicher Fettgehalt“ des Grund- und Krafftutters zu 700 bis 800 g Rohfett Tagesaufnahme. Das sind 4-5 % Rohfett der Trockenmasse der Gesamtration, die die Obergrenze der Gesamtfettzufuhr darstellen, bis zu welcher die Pansenmikroben und deren „Verdauungsarbeit“ nicht beeinträchtigt werden. Entsprechend dieser Aussage sind Wiederkäuer an RK, überhaupt an fettreiche Futtermittel und Futterfette *langsam*, in der Regel über vier Wochen, zu gewöhnen.

Tabelle 4: Einsatzempfehlungen von Rapsextraktionsschrot (höchstens 15 mmol Glucosinolate/kg) und Rapskuchen (höchstens 20 mmol Glucosinolate/kg). Auch geringe Anteile Rapsfuttermittel im Futter machen die Ergänzung der Ration mit zusätzlichem Jod notwendig (SCHÖNE, 2009).

	Rapsextraktionsschrot		Rapskuchen	
	Höchstanteil*	Höchstmenge*	Höchstanteil*	Höchstmenge*
	%	g/Tag	%	g/Tag
Schwein				
Mastschwein	10	150 - 250	7	100 - 200
Zuchtsau ¹⁾	7	150 - 350	5	50 - 200
Absetzferkel	7	20 - 70	5	10 - 70
Geflügel				
Broiler ²⁾	10	< 1 - 10	7,5	< 1 - 7,5
Legehennen ^{2, 3)}	5	5 - 7	5	5 - 7
Puten	5/7,5	10 - 30	0/5	0 - 20
Wiederkäuer				
Kalb	5	50 - 100	5	50 - 100
Milchkuh	15	2 000 - 3 500	10	1 500 - 2 500
Mastrind	15	900 - 1 800	10	600 - 1 200
Mutterschaf	10	100 - 200	10	100 - 200

* der T der Ration, innerhalb des Bereiches von 0 bis 5 % Rapsfuttermittel wurde nicht differenziert

¹⁾ vorrangig in Hochträchtigkeit und Laktation (in den ersten zwei Trächtigkeitsdritteln sind nur geringe Anteile an Proteinträgern im Sauenfutter erforderlich)

²⁾ Mittel aus Angaben bei JEROCH u. Mitarb. (2008)

³⁾ Hennenlinien mit ausreichender TMA-Oxidaseaktivität zur Verhinderung von „Riecheiern“. Hennen traditioneller Herkünfte, besonders die, welche braune Eier legen, dürfen keine Rapsfuttermittel erhalten.

Die in Thüringens Nutztierbestand (ohne Geflügel) jährlich einsetzbaren insgesamt 183 Tsd. t Rapsfuttermittel (Tab. 5) sind in der Größenordnung von einem Drittel unter den aus der Rapsernte von 470 Tsd. t anfallenden 270 Tsd. t Rapsfuttermittel (Tab. 1). Der Hauptteil mit gut 110 Tsd. t könnte in der Milchkuhfütterung verwertet werden, Mastrinder, weibliche Jungrinder und Kälber würden mit gut 35 Tsd. t, Mastschweine mit 27 Tsd. t Rapsfuttermitteln folgen; die weiteren Tierkategorien sind untergeordnet (Tab. 5).

Bei 35 % Rohprotein repräsentieren die laut Tabelle 1 produzierten Rapsfuttermittel 95 Tsd. t Rohprotein, was wiederum einer Menge an SES von 220 Tsd. t bei 43 % Rohproteingehalt entspräche.

Die laut Tabelle 5 einsetzbaren 183 Tsd. t Rapsfuttermittel entsprächen 65 Tsd. t Rohprotein. Davon weicht die laut Potenzialstudie zur Eiweißversorgung des Thüringer Viehbestandes (BAUMGÄRTEL und Mitarbeiter, 2013) über Proteinträger zuzuführende Rohproteinmenge von jährlich 60 Tsd. t nur unwesentlich ab (Kalkulation ohne Geflügel, mit kämen noch 18 Tsd. t hinzu). In der Studie wurde aber der Rohproteinbedarf und dessen über Proteinträger notwendiger Anteil nach Tierarten bzw. Nutzungskategorien alters- und leistungsabhängig, aufgeschlüsselt. Das ergibt für den Rinderbestand etwa 37 Tsd. t Rohprotein aus Proteinträgern entsprechend 105 Tsd. t RES, was etwa ein Viertel unter den 135 Tsd. t RES laut Tabelle 5 ist. Für den Schweinebestand nennt die Potenzialstudie 22 Tsd. t Rohprotein, die über Proteinträger erforderlich sind. Dies wären als RES ausgedrückt annähernd 65 Tsd. t, was dem Zweifachen der laut Tabelle 5 einsetzbaren, für das Schwein begrenzten Menge, entspräche. Für Schwein und Geflügel mit der genannten Empfindlichkeit für antinutritive Substanzen ist es illusorisch den gesamten Proteinträgerbedarf über Rapsfuttermittel zu decken (Tab. 4). Es bleibt eine Größenordnung von jährlich 20 bis 25 Tsd. t XP, die über SES abzudecken sind, mit der Option von Untersuchungen zur künftigen Einbeziehung der Körnerleguminosen - als neben den Rapsfuttermitteln weiterer „heimischer Eiweißalternative“ zum Soja.

Tabelle 5: Bestand ausgewählter Nutztiere in Thüringen 2012¹⁾ und die Höchstmengen der einzusetzenden Rapsfuttermittel

Kategorie	Anzahl Tsd. Stück	Höchstmenge Rapsfuttermittel			
		der T der Ration %	je Tier		je Nutztier- kategorie Tsd. t/Jahr
			g/Tag	kg/Jahr	
Milchkühe und Zucht- färsen über 23 Monate	122	15	2 500	910	111,0
Mastbullen bis über 12 Monate (einschl. männl. Kälber und Mastfärsen)	58	15	1 000	365	21,2
Weibliche Jungrinder bis 23 Monate (einschl. weibl. Kälber)	93	15	800	145 ⁴⁾	13,5
Mastschweine	416	10 ²⁾	180	65	27,0
Absetzferkel	207	7	40	15	3,1
Zuchtsauen	90	7 ³⁾	150 ⁵⁾	27	2,5
Mutterschafe	89	10	150	27 ⁴⁾	2,4
Mastlämmer	79	10	100	36	2,0 ⁵⁾

¹⁾ aus BAUMGÄRTEL und Mitarbeiter, 2013

²⁾ bei Rapskuchen weitere Fette und fettreiche Futtermittel nicht einsetzen

³⁾ nur in Hochträchtigkeit und Laktation

⁴⁾ nicht in der Vegetationsperiode

⁵⁾ zwei Drittel des Tierbestandes mit Intensivmast

4 Preiswürdigkeit von Rapsextraktionsschrot als (partieller) Ersatz von Sojaextraktionsschrot am Beispiel von Milchviehrationen

Tabelle 6 zeigt für eine Milchkuh und 30 kg Milch/Tag Rationen mit Konzentratfuttermittelvergleichen bei partiellem und vollständigem Ersatz von SES durch RES bzw. RK, in allen Fällen unter Konstanthalten der Grobfuttermengen. Die Komponentenauswahl entspricht den Möglichkeiten des selbst mischenden Tierhalters. Mischfutterhersteller haben eine breitere Palette von Einzelkomponenten zur Verfügung und können weitere, noch kostengünstigere Rezepturen nutzen.

Die Konzentratmischungen mit RES und RK sind deutlich preiswerter im Vergleich zu dem Konzentrat mit SES als dem alleinigen Eiweißfuttermittel. Anders ausgedrückt dürfte bei kostengleichen Konzentratmischungen von SES oder RES letzteres etwa 10 €/dt mehr als derzeit üblich kosten, das ist knapp ein Drittel des Marktpreises.

Bei höherer Milchleistung als die zugrunde liegenden 30 kg Milch/Tag wäre mehr energiereicheres Getreide (Weizen) und ein Fetteinsatz notwendig, mit dem Ergebnis einer Abnahme der Vorzüglichkeit bzw. einer Verminderung des Vergleichspreises für RES (Tab. 6, Fußnote 3). Vorteilhaft wäre hier RK selbst dann noch, wenn, aufgrund der höheren verfügbaren Energie (Tab. 2), der Preis ein Zehntel bis ein Siebentel höher als der Preis des RES ist (vergleiche dazu die letzte Tabellenzeile mit Fußnote 2).

Tabelle 6: Modellrationen¹⁾ für eine Milchkuh mit Sojaextraktionsschrot (SES), Rapsextraktionsschrot (RES) und Rapskuchen (RK) mit Konzentratpreisen und -bewertung²⁾ (650 kg Lebendmasse, 30 kg Milch mit 4 % Fett und 3,4 % Eiweiß)

		SES	Ersatz Hälfte SES durch RES	Totaler Ersatz SES	
				RES	Rapskuchen ³⁾ 12 % Fett
Grassilage	kg/Tag	19	19	19	19
Maissilage	kg/Tag	19	19	19	19
Gerste	kg/Tag	6	5,8	5,5	5,5
SES	kg/Tag	1,8	0,9	-	-
RES	kg/Tag	-	1,1	2,3	-
Rapskuchen	kg/Tag	-	-	-	2,3
Aufnahme Trockenmasse (T)	kg/Tag	19,6	19,6	19,6	19,6
NEL	MJ/kg T	6,8	6,8	6,7	6,8
nXP	g/kg T	156	153	152	147
RNB	g/Tag	+1	-5	-10	-10
Konzentratpreis	€/dt ²⁾	19,15	17,66	16,30 ⁴⁾	16,89
Bei Kostengleichheit dürfte RES ⁵⁾ (€/dt) kosten		-	33,65	32,65	32,65 ⁵⁾

¹⁾ ohne Mineralfutter

²⁾ Großhandelspreise Herbst 2014, ohne MwSt., SES (43 % Rohprotein) 38 €/dt, RES 23 €/dt, Kalkulation des RK mit 25 €/dt entsprechend 10 % über dem Preis von RES, Gerste 13,50 €/dt, Rapsöl 60 €/dt.

³⁾ Preis für RK nach dem folgenden Kalkulationsvorschlag: Bilde Mittel aus Soja- (38 €/dt) und Getreidepreis (13,50 €/dt) entsprechend dem Rohproteinmittel von $(430 \text{ g/kg SES} + 100 \text{ g/kg Getreide})/2 = 315 \text{ g/kg RK!}$ Subtrahiere 3 €/dt für Energiedefizit des RK!

⁴⁾ Mit Energieausgleich über 100 g Rapsöl/Tag im Austausch gegen Gerste würde sich das Konzentrat um 0,65 € auf 16,95 €/dt verteuern und der Vergleichspreis auf 30,50 €/dt RES sinken.

⁵⁾ für die Ration in der letzten Spalte RK

Abkürzungen: RNB = ruminale N-Bilanz NEL, nXP = siehe Tab. 2

Eine höhere Leistung von 40 kg/Tag und darüber würde auch die Verschiebung der ruminalen N-Bilanz (RNB) in den positiven Bereich erfordern (bei dem ein Viertel niedrigeren Leistungsniveau in Tabelle 6 ist die leicht negative RNB unproblematisch, ebenfalls das leichte Überschreiten der Tagesmenge an Stärke und Zucker). Beispielsrationen für 40 kg Milch/Tag und mehr, bei Maximierung des Rapsfuttermiteinsatzes, liegen in der TLL und bei BONSELS und WEIß (2014) vor.

Die Preiswürdigkeit von RES ist nach Tabelle 6 und weiteren Kalkulationen um so eher gegeben, je niedriger die angestrebte verfügbare Energie der Konzentratmischungen ist. In starkem Maße wirkt hier der Fett- bzw. Ölpreis mit - derzeit 60 €/dt Rapsöl bedeuten ein relativ niedriges Preisniveau. Verglichen mit dem Wiederkäuer besteht für das Schwein das Energieproblem in weitaus stärkerem Umfang und bei Notwendigkeit den niedrigeren Energiegehalt des Rapsfuttermittels auszugleichen, müssen die Futtermittelpreise für RES und RK im Schweinefutter niedriger als im Rinderfutter sein (WEIß und SCHÖNE, 2008).

5 Schlussfolgerungen für die Landwirte Thüringens

Der hier und heute angebaute Doppel-Null-Raps besitzt nur noch ein Fünftel des Glucosinolatgehaltes der alten Rapsorten, und Vorurteile von Tierhaltern und Veterinären gegen Rapsfuttermittel, noch aus der Ära des glucosinolatreichen Rapses stammend, sind nicht mehr gerechtfertigt. RK ist eiweißreiches Konzentrat wie das RES, er übertrifft das RES jedoch als Energieträger aufgrund des Fettgehaltes - in der Regel 10 bis 15 % - deutlich. RES

kann bei Milchkühen, Mastrindern und weiblichen Jungrindern als alleiniges Eiweißfuttermittel fungieren. RK kann das ebenfalls, jedoch unter Beachtung von maximal 5 % Fett der Trockenmasse der Ration für eine ungestörte Pansenfunktion. Mit 350 g Rapsöl/Milchkuh und Tag über RK wird im Milchfett eine Verringerung der gesättigten und die Erhöhung der ungesättigten Fettsäuren erreicht. Eine aus diesem Milchfett produzierte hochpreisige „Rapsbutter“ ist besser streichfähig und im Hinblick auf die Gesundheit des Verbrauchers günstiger einzuschätzen. Die besondere Milch ist dem Landwirt mit dem höheren Preis zu vergüten.

In Alleinfuttermischungen für Mastschweine können RES und RK das SES bis zur Hälfte von dessen Anteil ohne Einbußen in der Tierleistung ersetzen, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

- 1) Ausgleich der niedrigeren ME besonders des RES über energiereiches Getreide (Weizen, Mais anstatt Gerste) oder über Futterfett, z.B. Rapsöl.
- 2) Ausgleich des geringeren Anteils an Lysin mit dessen niedrigerer pcV durch Zusatz von Lysin über Mineralfutter oder Ergänzungsfuttermittel.

Ein Glucosinolatgehalt von 1,5 mmol/kg Alleinfutter für Schwein und nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch für das Geflügel ist keinesfalls zu überschreiten. Rapsfuttermittel mit 15 mmol Glucosinolaten/kg und weniger können danach im Alleinfutter mit 10 % Mischungsanteil eingesetzt werden.

Glucosinolate erhöhen den Jodbedarf. Die Mischfutterhersteller ergänzen das Futter in der Regel mit einem Mehrfachen der erforderlichen Jodmenge, so dass auch bei rapshaltigem Futter die Jodversorgung ausreicht. Rapsfuttermittel sind phosphorreich. Nach den Rationsberechnungen bei Wiederkäuern hilft der Rapsphosphor partiell bis vollständig teures Futterphosphat einzusparen. Bei Schwein und Geflügel macht ein Zusatz des Enzyms Phytase den phytatgebundenen Phosphor besser verfügbar, resultierend in einer Futterphosphateinsparung von etwa einem Fünftel.

Rapsfuttermittel im Austausch gegen SES machen Futtermischungen kostengünstiger, bewegen sich doch die Preise von RES und RK zwischen 60 % und zwei Drittel des Preises für SES. Dem Einsatz besonders des RES sind aber Grenzen gesetzt, wenn höhere Energiekonzentrationen beispielsweise in den Futtermischungen für Mastschweine angestrebt werden. Wegen des im Vergleich zu SES etwas geringeren Proteingehaltes verdrängt RES auch Getreide aus den Mischungen und die gewünschte Energiekonzentration kann nur über den Einsatz von relativ teurem Fett realisiert werden. Dadurch sinkt der Vergleichspreis für RES, bei dem im Vergleich zu Mischungen mit SES Kostengleichheit zu erzielen ist.

6 Literatur

BAUMGÄRTEL, T.; WÖLFEL, S.; GUDDAT, Ch.; DEGNER, J.; GRÄFE, E.; MÜLLER, J.; DUNKEL, S.; HEINZE, A.; PEYKER, W.; GRAF, T. (2013): Potenzialstudie zur Erhöhung des Anteils einheimischer Eiweißpflanzen und anderer heimischer Eiweißquellen in der Tierfütterung in Thüringen. Eigenverlag TLL

BONSELS, T. und WEIß, J. (2014): Milchkuhfütterung ohne Sojaextraktionsschrot. Broschüre, UFOP Berlin

EVONIK Industries (2010): AMINODAT ® 4.0, 4th Ed. Amino acid composition of feedstuffs.

GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE – GfE (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Tabellenzusammenstellung. DLG-Verlags GmbH, Frankfurt/Main, S. 219–220

GRAF, T.; DEGNER, J.; GÖTZ, R.; ZORN, W.; ORMEROD, C. (2013): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Winterraps. 7. Auflage, Eigenverlag TLL.

HAAS, R.; REMMELE, E. (2014): Zur Situation der dezentralen Ölmühlen. Schule und Beratung, SUB, Heft 4-5, 32-35

- JAHREIS, G.; STEINHART, H.; PFALZGRAF, A.; FLACHOWSKY, G.; SCHÖNE, F. (1996): Zur Wirkung von Rapsölfütterung an Milchkühe auf das Fettsäurenspektrum des Butterfettes. Z. Ernährungswiss. 35, 185-190
- JENTSCH, U.; GÜNTHER, K.; GRAF, T.; BARGHOLZ, J.; SCHÖNE, F. (2011): Glucosinolate content of harvested rapeseed in the state variety trials of Thuringia in relation to the seed quality grading and to the trial location. Proc. 13th Int. Rapeseed Congr. 2011, Prag Tschech. Rep., p.700-702
- JEROCH, H.; JANKOWSKI, J.; SCHÖNE, F. (2008): Rapsfuttermittel in der Broiler- und Legehennenfütterung. Arch. Geflügelk. 72, 49–55
- OVID, VERBAND DER ÖLSAATENVERARBEITENDEN INDUSTRIE (2014): Informationen aus Proteinmarkt, zusammengestellt von Dr. T. Schmidt
- MESSERSCHMIDT, U.; EKLUND, M.; SAUER, N.; RIST, V.T.S.; ROSENFELDER, P.; SPINDLER, H.K.; HTOO, J.K.; SCHÖNE, F.; MOSENTHIN, R. (2014): Chemical composition and standardized ileal amino acid digestibility in rapeseed meals sourced from German oil mills for growing pigs. Animal Feed Science Technology (Elsevier) 187, 68-76
- MIELKE, T. (2013): The global market for oilseeds, meals and oils & fats and its impact on Europe. Vortrag Messe "Oil and Fats" München 19. September 2014
- SCHÖNE, F. (2009): Verwendung von Extraktionsschroten und Presskuchen. In Warenkunde Ölpflanzen/ Pflanzenöle (Hrsg. B. Matthäus und E. W. Münch) Agrimedia, 233-256
- SCHÖNE, F.; HUMMERT, K.; HARTUNG, H.; MEIXNER, B.; KIRCHHEIM, U.; KINAST, C.; GREILING, A.; BREITSCHUH, G. (2000): Qualitätskette zur Erzeugung eines ernährungsphysiologisch hochwertigen Milchfettes und der entsprechenden Butter. Züchtungskunde 75, 359-370.
- SCHÖNE, F. und REINHOLD, G. (2005): Verwendungsmöglichkeiten der Presskuchen. In: KTBL und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. Darmstadt, 85–100
- SCHÖNE, F.; TISCHENDORF, F.; KIRCHHEIM, U.; REICHARDT, W.; BARGHOLZ, J. (2002): Effects of high fat rapeseed press cake on growth, carcass, meat quality and body fat composition of leaner and fatter pig crossbreeds. Animal Science 74, 285–297
- SCHÖNE, F.; WEBER, M.; GRAF, T. (2012): Rapsmonitoring für eine bessere Positionierung von Rapsextraktionsschrot und Rapskuchen besonders in der Fütterung der Schweine. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 68, S. 585-592
- SCHWARZ, F. J.; KIRCHGEßNER, M. (1989): Verfütterung von Samen verschiedener Leguminosen (Ackerbohne, Erbse, Lupine) und Rapsextraktionsschrot aus 0- und 00-Sorten in der Bullenmast. Züchtungskunde 61, 71-82
- WEBER, M. (2014): Qualität weiter hoch - Ergebnisse des UFOP-Monitorings zur Qualität von Rapsextraktionsschrot. Bauernzeitung, 14/2014, 56 – 57, und Berichte an UFOP Fachkommission Tierernährung
- WEBER, M.; SCHÖNE, F. (2007): Einfluss der druckhydrothermischen Behandlung von Rapskuchen in der Mastschweinefütterung. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 63, S. 629-636.
- WEIß, J.; QUANZ, G.; SCHÖNE, F. (2004) : Einfluss steigender Anteile von Rapsextraktionsschrot in Futtermischungen für Mastschweine auf Mastleistung, Schlachtkörperqualität sowie Thiocyanat-, Jod- und Schilddrüsenhormonstatus. In: Rodehutschord M. (Hrsg.): Proc. 8. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Halle-Wittenberg, S. 188–190
- WEIß, J.; SCHÖNE, F. (2008): UFOP-Praxisinformation - Rapskuchen in der Schweinefütterung. Aktualisierte Auflage