

## **Einfluss steigender Anteile an Rapsextraktionsschrot in Futtermischungen für Mastschweine auf Mastleistung, Schlachtkörperqualität sowie Thiocyanat-Jod und Schilddrüsenhormonstatus**

J. Weiß, F. Schöne, G. Quanz, M. Leiterer, H. Hartung, G. Rieger, W. Schumann  
und C. Kinast

### **Einleitung**

Rapsextraktionsschrot (RES) ist eine beliebte Komponente im Mischfutter für Wiederkäuer. In Futtermischungen für Schweine wird es dagegen bisher nur in geringen Mengen eingesetzt. Dies ist auf schlechte Erfahrungen, insbesondere hinsichtlich der Futteraufnahme, bei älteren Sorten mit höheren Glucosinolatgehalten zurückzuführen. Die Glucosinolate in hohen Konzentrationen, wie sie in den alten Rapsorten vorkamen, verminderten nicht nur die Futteraufnahme und die Gewichtszunahme der Schweine (McKINNON und BOWLAND 1979), sondern sie beeinträchtigten auch die Schilddrüse. Fehlte es dazu an Jod im Futter, so wurden die thyreoidalen Speicher geleert, die Schilddrüsenhormonproduktion kam zum Erliegen und die betreffenden Schweine erkrankten an Jodmangel (LÜDKE und SCHÖNE 1988). Aber auch die früher in der Schweinemast üblichen Einfachkreuzungen (Pietrain x Landrasse) mit einer genetisch bedingt niedrigeren Futteraufnahme haben wahrscheinlich mit zu diesem Vorbehalt gegenüber weniger schmackhaften Komponenten beigetragen.

### **Fragestellung**

In einem Schweinemastversuch am Hessischen Tierzuchtzentrum in Neu-Ulrichstein sollte deshalb geprüft werden, ob mit den heutigen glucosinolatarmen Rapsorten sowie anderen Schweineherkünften höhere Anteile an RES in Futtermischungen für Mastschweine möglich sind, ohne dass die Mast- und Schlachtleistung der Tiere negativ beeinflusst wird. Zusätzlich sollten die Blutserumkonzentrationen des Jods und der Schilddrüsenhormone, die Harnjodkonzentration und die Jodmenge des Speichers Schilddrüse untersucht werden, um Aussagen hinsichtlich der Schilddrüsen- bzw. Tiergesundheit zu treffen.

### **Material und Methode**

#### *Futtermischungen*

In dem Versuch wurde ein Teil des Sojaextraktionsschrotes in den Futtermischungen durch 10 % und 15 % RES ersetzt. In der Kontrollgruppe war Sojaextraktionsschrot die alleinige Proteinkomponente. Dabei wurde RES verwendet, das praxisüblich in der Mischfutterindustrie eingesetzt wird. In den Versuchsgruppen wurde durch die Einmischung von RES der Sojaschrotanteil gegenüber der Kontrollgruppe um 33 bzw. 51 % in der Anfangsmast und 45 bzw. 67 % in der Endmast verringert. Der Versuchsaufbau geht aus der in der Tabelle 1 aufgeführten Zusammensetzung der Futtermischungen hervor.

**Tabelle 1: Zusammensetzung der Futtermischungen in den beiden Lebendmasse-Abschnitten des Versuches**

Mastabschnitt	40 - 70 kg LM			70 - 115 kg LM		
	K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
	Mischanteile in %					
RES	--	10	15	--	10	15
Weizen	50	50	50	47,8	50	50
Gerste	23,8	19,6	18	32,8	27,1	25,3
Sojaextraktionsschrot	21,7	14,5	10,7	16,5	9,1	5,4
Mineralfutter (21/7/4)	3	3	3	2	2	2
Rapsöl	1,3	2,6	3	0,7	1,7	2,2
L-Lysin-HCL (min. 78 % L-Lys.)	0,2	0,29	0,31	0,15	0,23	0,25
DL-Methionin (min. 98 %)	--	0,03	0,04	--	--	--

Formatiert: Dänisch

Die Futtermischungen wurden in einem Mischfutterwerk in pelletierter Form hergestellt. Um etwaige negative Auswirkungen des RES auf den Jod- bzw. Schilddrüsenhormonstatus auszuschließen, wurde den Futtermischungen jeweils 1,2 mg Jod/kg Futter zugesetzt. Um Qualitätsschwankungen bei den verwendeten Komponenten, insbesondere bei RES auszuschließen, wurde die gesamte benötigte Futtermenge in jeweils einer Charge hergestellt, mit 0,6 % Propionsäurezusatz konserviert und abgesackt gelagert.

#### *Tiermaterial*

Für den Versuch wurden Absetzferkel der Kreuzung Pietrain x Hybridsau aus drei Herkunftsn zu gekauft. Der Versuch wurde in drei aufeinander folgenden Durchgängen durchgeführt. Nach der Aufzuchtperiode wurden weibliche und männlich-kastrierte Tiere jeweils gleichmäßig auf Versuchs- und Kontrollgruppen aufgeteilt und paarweise in Buchten auf Einstreu nach Geschlechtern getrennt aufgestellt. Bis zum Versuchsbeginn erhielten alle Tiere das gleiche Aufzucht- und Vormastfutter. Der Versuch erstreckte sich über den Wachstumsbereich von ca. 40 bis über 115 kg Lebendmasse (LM) mit den Phasen 40 - 70 kg und 70 - 115 kg Lebendmasse.

Das Futter wurde zur freien Aufnahme über Trockenfutterautomaten angeboten. Der Futterverzehr wurde wöchentlich ermittelt. Die Tiere wurden zu Beginn und zum Ende eines Gewichtsabschnittes wöchentlich gewogen, dazwischen im Abstand von 14 Tagen.

Neben der Mastleistung wurden auch Kriterien zur Beurteilung der Schlachtkörperqualität und Fleischbeschaffenheit entsprechend den Richtlinien für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein (ZDS, 2002) erhoben.

#### *Probenahme sowie -aufbereitung und Analysemethoden*

Die Analysen der Rohnähstoffe, des Lysins und der schwefelhaltigen Aminosäuren erfolgten nach dem Methodenbuch des VDLUFA (BASSLER und BUCHHOLZ 1993). Die Glucosinolate des Rapsextraktionsschrotes wurden mittels HPLC mit Sinigrin als interner Standard (EUROPEAN COMMUNITY 1990) analysiert.

Die Bestimmung des Futtermitteljodgehaltes erfolgte nach vorheriger ammoniakalischer Extraktion durch eine Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma

(ICP-MS, ELAN 6000, Perkin Elmer) (FECHER et al. 1998). Jeweils zu 0,5 g Probe wurden 100 ml 0,5 %-ige  $\text{NH}_3$ -Lösung in verschließbare Gefäße gegeben und einige Stunden stehen gelassen. Danach wurden die Proben 2 h geschüttelt, filtriert und bis zur Messung kühl und lichtgeschützt aufbewahrt. Entsprechend den zu erwartenden Gehalten enthielten die in Reinstwasser angesetzten Kalibrationslösungen 0, 5, 10 und 20  $\mu\text{g}$  Jod/l. Als interner Standard wurde Tellur (Spex, Grasbrunn, Deutschland), 100  $\mu\text{g}$ /l, verwendet. Die Überprüfung der Richtigkeit der Messungen erfolgte mit den zertifizierten Referenzmaterialien BCR 150 und BCR 151 (Community Bureau of Reference Brussels, Belgium).

Blutproben wurden bei mindestens 10 Tieren je Gruppe - repräsentativ im Geschlechtsverhältnis und den Gewichtszunahmen - 43 Tage (1. Bluten) sowie 84 Tage (2. Bluten) nach Versuchsbeginn mittels Punktion der *vena cava cranialis* bzw. der *vena jugularis* entnommen. Die in Zentrifugenröhrchen aufgefangenen Blutproben wurden nach ca. 3 h über 15 min mit 1600 U/min. zentrifugiert. Das Serum wurde bei  $-20^\circ\text{C}$  bis zu den Analysen eingefroren.

Die Entnahme der Schilddrüse, Leber und der Nieren erfolgte nach der Schlachtung. Die Organe wurden gewogen und in Plastiktüten bei  $-20^\circ\text{C}$  eingefroren.

Für die Entnahme der Spontanharnproben standen die Arbeitskräfte über die Zeit wie in früheren Untersuchungen (SCHÖNE et al. 2001a) nicht zur Verfügung. Deshalb wurde zur Schlachtung die mehr oder weniger gefüllte Harnblase entnommen und durch vorsichtiges Ausdrücken die Harnprobe gewonnen. Die zur Verfügung stehende Harnmenge reichte bis auf zwei Fälle für die Jodbestimmung.

Der Serumthiocyanatgehalt wurde nach der von RUDOLPH (1993) mitgeteilten HPLC-Methode ermittelt. Die Jodkonzentration des Serums und des Harns wurde mittels ICP-MS bestimmt, nach direkter Verdünnung der Proben mit Reinstwasser im Verhältnis von 1:10.

Die Messung der Thyroxin ( $\text{T}_4$ )- und Trijodthyronin ( $\text{T}_3$ )-Konzentration des Serums erfolgte mittels Radioimmunoassay (RIA) mit dem RIA kit (Kodak, Amersham, UK). Zur Bestimmung des Schilddrüsenjodgehaltes wurden die lyophilisierten Schilddrüsen mit Tetramethylammoniumhydroxid, TMAH, aufgeschlossen. Nach Zugabe von 1 ml 25 %-iger TMAH-Lösung (Tmapure-AA, Tama Chemicals, Kawasaki Lab., Osaka, Japan) und 5 ml Reinstwasser zu 5-6 mg Probe in 50 ml Sarstedt-Röhrchen (Wägung mittels Laboratory scale BP 160P, Satorius, Göttingen, Deutschland, auf 0,1 mg Genauigkeit) wurden die Proben für 3 h bei  $90^\circ\text{C}$  aufgeschlossen. Nach Erreichen der Raumtemperatur erfolgte die Zugabe von 14 ml Reinstwasser und die Zentrifugation über 15 min mit 4000 U/min. Die Messung erfolgte mittels ICP-MS.

#### *Statistische Methoden*

Der Vergleich zwischen den drei Versuchsgruppen bezüglich der Mast- und Schlachtleistungsparameter wurde mittels "Multipler Varianzanalyse (Manova)" mit dem Statistikprogramm-Paket SPSS 11.5 berechnet. Als Einflussfaktoren wurden berücksichtigt: Durchgang, Geschlecht und Fütterung. Die Signifikanz der Einflüsse wurde mittels F-Test errechnet. Die Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen wurden durch Parameterschätzung ermittelt und über einen t-Test auf Signifikanz geprüft.

Bei den in den Tabellen 4 und 5 dargestellten Werten handelt es sich um LSQ-Mittelwerte. Für den Teil Organ- und Blutuntersuchungen erfolgte der Vergleich zwischen den drei unterschiedlich gefütterten Gruppen mittels Varianzanalyse und dem Student-Newman-Keuls-Test. Die Stärke des Zusammenhanges zwischen den verschiedenen Untersuchungskriterien (über die drei Gruppen) wurde mittels linearer

Regression berechnet. Für diesen Teil des Berichtes (Tabellen 6 bis 8) werden die Gruppenmittelwerte mit ihren Standardabweichungen und teils die Korrelationskoeffizienten der linearen Regressionen angegeben.

## Ergebnisse

### Inhaltsstoffe der Futtermischungen

Die wichtigsten Inhaltsstoffe der Futtermischungen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

**Tabelle 2: Inhaltsstoffgehalte der Futtermischungen**

Mastabschnitt		40 – 70 kg LM			70 – 115 kg LM		
Gruppen		K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
ME	MJ/kg	13,4	13,5	13,5	13,4	13,4	13,4
Rohprotein	%	17,1	17,1	17,1	15,5	15,6	15,6
Lysin	%	0,99	1,03	1,04	0,82	0,85	0,87
<i>verdauliches</i> *)	%	<i>0,88</i>	<i>0,89</i>	<i>0,89</i>	<i>0,72</i>	<i>0,72</i>	<i>0,72</i>
Met+Cys	%	0,61	0,68	0,71	0,54	0,59	0,62
<i>verdauliches</i> *)	%	<i>0,58</i>	<i>0,58</i>	<i>0,58</i>	<i>0,47</i>	<i>0,47</i>	<i>0,47</i>
Methionin	%	0,3	0,3	0,3	0,25	0,25	0,26
Threonin	%	0,61	0,63	0,64	0,55	0,56	0,57
<i>verdauliches</i> *)	%	<i>0,52</i>	<i>0,51</i>	<i>0,51</i>	<i>0,46</i>	<i>0,45</i>	<i>0,45</i>
Rohfaser	%	4,1	4,5	4,8	4,1	4,5	4,7

\*) nach DEGUSSA-Tabelle 1999

Die Futtermischungen waren isoenergetisch und isonitrogen konzipiert. Hinsichtlich der Aminosäureausstattung wurden die Mischungen auf der Basis der verdaulichen Aminosäuren optimiert, wobei die Werte der Degussa-Tabelle 1999 zu Grunde gelegt wurden.

Die Analysenergebnisse der Futtermischungen sind in der Tabelle 3 aufgeführt. Die berechneten Inhaltsstoffgehalte wurden bestätigt.

Das für die Versuchsmischungen verwendete RES enthielt je g Originalsubstanz (89 % TM) 9,9 µmol Glucosinolate, davon 2,4 µmol Gluconapin, 0,75 µmol Glucobrassicinapin, 5,2 µmol Progoitrin, 0,65 µmol 4-Hydroxyglucobrassicin und 0,91 µmol weitere Glucosinolate (Pronapoleiferin, Gluconasturtiin, Glucobrassicin und Neoglucobrassicin).

Die Glucosinolat (GSL)-Gehalte der Futtermischungen lagen auf einem niedrigen Niveau. In den Kontrollmischungen wurden keine Glucosinolate nachgewiesen (Nachweisbarkeitsgrenze <0,2 µmol/g). Rechnet man aufgrund dieser Daten zurück auf den Glucosinolatgehalt des verwendeten RES, so ergeben sich Werte zwischen 7,3 und 9,0 µmol/g. Diese Größenordnung kommt den durchschnittlichen Gehalten der vor Versuchsbeginn analysierten RES-Partie nahe. Möglicherweise kam es durch das Pelletieren und den Propionsäurezusatz zu einem gewissen Glucosinolatabbau.

**Tabelle 3: Analytierte Inhaltsstoffgehalte der Futtermischungen (bezogen auf 88 % Trockensubstanz)**

Mastabschnitt		40 – 70 kg LM			70 – 115 kg LM		
Gruppen		K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
ME	MJ/kg	13,4	13,4	13,3	13,4	13,2	13,2
Rohprotein	%	17,7	17,1	17,2	16,2	15,5	16,0
Lysin	%	1,03	1,08	1,04	0,86	0,86	0,86
Methionin+Cystin	%	0,61	0,60	0,68	0,55	0,57	0,59
Methionin	%	0,33	0,27	0,34	0,25	0,26	0,26
Threonin	%	0,60	0,63	0,65	0,55	0,59	0,59
Tryptophan	%	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20
Rohasche	%	5,3	5,1	5,0	4,5	4,5	4,7
Rohfett	%	4,3	4,8	5,6	3,3	3,9	4,4
Rohfaser	%	3,7	4,2	4,5	3,5	4,1	5,0
Calcium	%	0,79	0,76	0,73	0,61	0,63	0,62
Phosphor	%	0,50	0,54	0,55	0,43	0,47	0,51
Jod	mg/kg	1,24	1,11	1,04	1,18	1,25	1,15
Glucosinolate	µmol/g	n.n.	0,9	1,2	n.n.	0,8	1,1

#### *Mast- und Schlachtleistung*

In der Tabelle 4 wurden die Leistungen in den einzelnen Mastabschnitten dargestellt. Die täglichen Zunahmen lagen in der Anfangsmast zwischen 699 und 753 g und in der Endmast zwischen 877 bis 891 g. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht abzusichern. Hinsichtlich der Futteraufnahme ergaben sich zwischen den Gruppen weder in der Anfangs- noch in der Endmast größere Differenzen. Auf keinen Fall ist eine Tendenz ablesbar, dass die Futteraufnahme mit steigenden RES-Anteilen negativ beeinflusst wird. Auch hinsichtlich des Futteraufwandes je kg Zuwachs ergeben sich zwischen den Gruppen weder in der Anfangs- noch in der Endmast statistisch abzusichernde Differenzen.

**Tabelle 4: Leistungen in den einzelnen Mastabschnitten (LSQ-Mittelwerte)**

Mastabschnitt		40 - 70 kg LM			70 - 115 kg LM		
Gruppen		K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
Anfangsgewicht	kg	40,3	41,4	41,0	70,9	71,3	71,5
Endgewicht	kg	70,9	71,3	71,5	116,6	116,6	117,1
tägl. Zunahme	g	699	753	741	891	880	877
Futteraufnahme	kg/Tag	1,70	1,82	1,71	2,71	2,64	2,66
Futteraufwand kg je kg Zuwachs		2,46	2,39	2,34	3,10	3,08	3,11

Die Ergebnisse der Leistungen über den gesamten Mastabschnitt sowie der Schlachtkörperqualität sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Die täglichen Zunahmen lagen mit ca. 800 g auf einem zufriedenstellenden Niveau. Dies trifft auch für den Futterraufwand je kg Zuwachs zu. Zwischen den einzelnen Gruppen waren keine gravierenden Unterschiede feststellbar.

**Tabelle 5: Mastleistung über den gesamten Versuchszeitraum und Schlachtkörperqualität (LSQ-Mittelwerte)**

Gruppe		K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
	n =	48	47	45
<b>Mastleistung</b>				
Tägliche Zunahme	g	797	821	813
Futterraufnahme	kg/Tag	2,23	2,29	2,23
Futterraufwand je kg Zuwachs	kg	2,84	2,80	2,79
<b>Schlachtkörperqualität</b>				
Fettfläche	cm <sup>2</sup>	17,4	17,4	17,6
Fleischfläche	cm <sup>2</sup>	53,4	54,6	54,7
Fett/Fleisch-Verhältnis	1:	0,34	0,33	0,33
Rückenspeckdicke	cm	2,47	2,47	2,44
Muskelfleischanteil (FOM)	%	55,9	56,8	57,2

Dies trifft auch für die Schlachtkörperqualität zu. Hinsichtlich der Fleischfläche und des Muskelfleischanteils nach FOM fielen die Tiere der Kontrollgruppe zwar tendenziell etwas ab, was jedoch auf Grund der statistischen Auswertung nicht auf Einflüsse der Futterationsgestaltung zurückzuführen ist. Mit 56 bis 57 % Muskelfleischanteil wurde das für die verwendeten Herkünfte erwartete Niveau realisiert.

*Masse der Schilddrüse, Leber sowie Niere und Ergebnisse des Thiocyanat-, Jod- und Schilddrüsenhormonstatus*

Die Gruppenmittel des Körpergewichtes der ausgewählten Schweine waren in einem ähnlichen Bereich und repräsentierten auch die Gesamtheit der in den drei Versuchsdurchgängen geschlachteten Tiere (Tab. 6). Die Masse der Schilddrüse, Leber und Niere unterschied sich zwischen der Kontrollgruppe und den Versuchsgruppen nicht.

**Tabelle 6: Körpermasse zu Versuchsende und Masse ausgewählter Organe in den Gruppen (Mittelwert ± Standardabweichung)**

Gruppe		Rapsextraktionsschrot, g/kg Futter					
		0	100		150		
Anzahl	K	11	V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	11
Körpermasse	kg	117,2 ± 5,9	115,3 ± 5,4	117,0 ± 5,6			
Schilddrüse	g	10,5 ± 2,5	10,8 ± 1,4	10,1 ± 3,9			
Leber	g	1702 ± 295	1861 ± 434	1707 ± 212			
Niere	g	362 ± 55	357 ± 51	354 ± 34			
Relativ zur Körpermasse, KM							
Schilddrüse	mg/kgKM	91 ± 25	94 ± 12	86 ± 34			
Leber	g/kgKM	14,5 ± 2,2	16,2 ± 3,1	14,6 ± 2,0			
Niere	g/kgKM	3,10 ± 0,55	3,11 ± 0,54	3,03 ± 0,30			

Im Vergleich zu der Kontrollgruppe wurde zu beiden Blutentnahmen in den beiden Versuchsgruppen ein signifikanter Anstieg der Thiocyanat-Konzentration nachgewiesen (Tab. 7).

Zwischen den beiden geprüften RES-Anteilen waren keine signifikanten Differenzen im Hinblick auf das Serum-Thiocyanat-Niveau feststellbar. Zur zweiten Blutentnahme wurde aber in allen drei Gruppen ein signifikant höheres Thiocyanat-Niveau des Serums als zur ersten Blutentnahme nachgewiesen.

Für den Jodgehalt des Serums konnten bis auf eine zum ersten Bluten mit steigendem RES-Einsatz fallende Tendenz keine Unterschiede zwischen den Gruppen nachgewiesen werden. Zur zweiten Blutentnahme war das Serumjodniveau im Vergleich zur ersten Blutentnahme höher.

Die Serum-T<sub>4</sub>-Konzentration zeigte sich zur ersten Blutentnahme durch das Rapsfuttermittel nicht beeinflusst. Zur zweiten Blutentnahme errechnete sich die kleinste signifikante Differenz mit 10,8 nmol/l Serum, so dass Signifikanz der Serum-T<sub>4</sub>-Verminderung beider RES-Gruppen im Vergleich zur Kontrolle bestand. Die Serumkonzentration des T<sub>3</sub> zeigte zu keinem Untersuchungszeitpunkt Unterschiede zwischen den Gruppen, wurde demnach vom Rapsextraktionsschrotgehalt des Futters nicht beeinflusst. In Übereinstimmung mit den bisher aufgeführten Serumparametern erwies sich aber auch der Serum-T<sub>3</sub>-Spiegel zum zweiten Bluten höher als zum ersten Bluten 6 Wochen zuvor.

Der Anteil des Serum-Gesamt-Jods, welcher auf das Jod der Schilddrüsenhormone entfiel, unterschied sich zur ersten Blutentnahme zwischen den Gruppen nicht. Das resultiert daraus, dass die Gesamtjod- und T<sub>4</sub>-Konzentration des Serums weitgehend parallel verliefen. Zur zweiten Blutentnahme fiel mit der RES-Gabe nur die Serum T<sub>4</sub>-Konzentration ab und bei nicht beeinflusstem Serumgesamtjod musste somit ebenfalls in der Reihenfolge der Gruppen der Anteil Hormonjod an diesem abfallen.

Trotz genannter Unterschiede in den Veränderungen des Gesamtjod- und T<sub>4</sub>-Niveaus zwischen den Gruppen zu den beiden Untersuchungsterminen wird die Serumjodkonzentration maßgeblich vom T<sub>4</sub> beeinflusst. Als Beleg dafür bestanden zwischen der Jod- und Serum-T<sub>4</sub>-Konzentration signifikante Korrelationen: zum ersten Bluten  $r = 0,51$  und zum zweiten Bluten  $r = 0,42$ .

Im Jodgehalt des nach der Schlachtung aus den Harnblasen gewonnenen Harns konnten zwischen den Gruppen ohne oder mit RES im Futter keine Unterschiede nachgewiesen werden. Der Harnjodgehalt in der Reihenfolge der Gruppen betrug  $268 \pm 273 \mu\text{g/l}$ ,  $265 \pm 262 \mu\text{g/l}$  und  $196 \pm 102 \mu\text{g/l}$ .

**Tabelle 7: Konzentration des Blutserums nach 6 und 12 Versuchswochen an Thiocyanat, Jod sowie den Schilddrüsenhormonen und Anteil des Hormonjods am Gesamt-Serum-Jod (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung)**

		Rapsextraktionsschrot, g/kg Futter					
		0		100		150	
Gruppe		K		V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>	
Anzahl		11		10		11	
<u>Thiocyanat</u>							
6 Versuchswochen	mg/l	1,53 <sup>b</sup>	$\pm$ 0,47	3,01 <sup>a</sup>	$\pm$ 0,92	2,65 <sup>a</sup>	$\pm$ 0,64
12 Versuchswochen	mg/l	2,08 <sup>b</sup>	$\pm$ 0,77	5,38 <sup>a</sup>	$\pm$ 1,90	5,87 <sup>a</sup>	$\pm$ 1,32
<u>Jod</u>							
6 Versuchswochen	$\mu$ g/l	37,1	$\pm$ 4,1	39,7	$\pm$ 11,8	33,1	$\pm$ 6,3
12 Versuchswochen	$\mu$ g/l	66,2	$\pm$ 7,7	63,2	$\pm$ 9,6	64,4	$\pm$ 6,9
<u>Thyroxin</u>							
6 Versuchswochen	nmol/l	37	$\pm$ 9	39	$\pm$ 9	32	$\pm$ 10
12 Versuchswochen	nmol/l	56 <sup>a</sup>	$\pm$ 9	44 <sup>b</sup>	$\pm$ 13	42 <sup>b</sup>	$\pm$ 7
<u>Triiodthyronin</u>							
6 Versuchswochen	nmol/l	< 0,61		< 0,61		< 0,61	
12 Versuchswochen	nmol/l	0,83	$\pm$ 0,28	0,89	$\pm$ 0,35	0,70	$\pm$ 0,29
<u>Hormongebundenes Jod<sup>1)</sup></u>							
6 Versuchswochen	%	51,1	$\pm$ 13,4	50,7	$\pm$ 8,0	50,1	$\pm$ 13,7
12 Versuchswochen	%	43,3 <sup>a</sup>	$\pm$ 6,1	36,4 <sup>b</sup>	$\pm$ 9,8	34,3 <sup>b</sup>	$\pm$ 5,4

<sup>ab</sup> Mit unterschiedlichen Buchstaben versehene Mittelwerte in einer Reihe sind signifikant unterschiedlich.

<sup>1)</sup> 4 mol Jod/mol Thyroxin und 3 mol Jod/mol Triiodthyronin multipliziert mit 127, der relativen Atommasse des Jods in Prozent des Gesamt-Serum-Jod-Gehalts

RES bzw. Glucosinolate verminderten im Vergleich zu der Kontrollgruppe den Jodbestand der Schilddrüse (Tab. 8), ohne dass das Schilddrüsenjod zwischen den beiden Versuchsgruppen differierte. Die Konzentrationsunterschiede des Jods pro g Schilddrüsenewebe waren nach RES-Gabe im Vergleich zu dem glucosinolatfreien Futter signifikant. Der RES-Einfluss auf den Gesamtbestand Jod der Thyreoidea bestand als Tendenz ( P = 0,07 in der ANOVA).

**Tabelle 8: Jod in der Schilddrüse (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung)**

		Rapsextraktionsschrot, g/kg Futter					
		0		100		150	
Gruppe		K		V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>	
Anzahl		11		10		11	
Jodkonzentration	$\mu$ g/g	2826 <sup>a</sup>	$\pm$ 307	2306 <sup>b</sup>	$\pm$ 299	2229 <sup>b</sup>	$\pm$ 438
Gesamtjodbestand der Schilddrüse	mg	30,0	$\pm$ 9,3	24,8	$\pm$ 4,2	22,1	$\pm$ 8,9

<sup>ab</sup> Mittelwerte in einer Reihe mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant unterschiedlich.

## Diskussion

### *Glucosinolatgehalt im Rapsextraktionsschrot sowie im Futter - Mastleistung und Schilddrüsen-, Leber- sowie Nierenmasse*

Das verwendete RES besaß 00-Qualität. Der analysierte Glucosinolatgehalt entsprach dem einer Serie von insgesamt 29 RES, die an das Mischfutterwerk aus vier deutschen Oelmühlen geliefert werden.

Oelmühle	Probenzahl	GSL-Gehalte in µmol/g	
		Ø	Schwankungsbreite
A	14	8,0	6,6 – 10,3
B	8	11,1	10,4 – 12,2
C	5	4,0	3,5 – 4,6
D	2	-	7,5 – 12,2

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass Unterschiede einmal zwischen einzelnen Partien derselben Oelmühle, aber auch in noch größerem Umfang zwischen verschiedenen Oelmühlen festzustellen sind.

Unter den Versuchsbedingungen wurde kein negativer Effekt von RES-Anteilen bis zu 15 % in Schweinemastalleinfutter festgestellt. Dies betrifft sowohl die Futteraufnahme als auch die Mast- und Schlachtleistung sowie die Masse der Schilddrüse, Leber und Niere. Entscheidender als der absolute Anteil von RES in der Futtermischung ist jedoch der Glucosinolatgehalt des RES und damit dessen Gehalt im Alleinfutter. In der Mischung mit dem höchsten RES-Anteil wurden 1,1 bzw. 1,2 mmol GSL je kg Futter nachgewiesen. Da die Vergrößerung der Schilddrüse, teils auch der Leber und Niere ein Indikator für die Belastung des Organismus durch höhere Glucosinolatgehalte darstellt (BELL 1984), kann davon ausgegangen werden, dass die in den Versuchsmischungen enthaltenen Gehalte unbedenklich waren. Dies entspricht auch den eigenen Grenzwertangaben aus Mastversuchen (SCHÖNE et al. 2001b). Sie sind aber deutlich über den Grenzwerten von 0,5 bis 0,6 mmol Glucosinolaten/kg Alleinfutter, welche KRACHT (1996) regressiv aus den Versuchen ableitete, die von ihm zum Teil nach der Wende, teils aber noch in den Achtziger Jahren in der DDR und hier auch mit RES der *Einfach 0* Qualität durchgeführt worden waren.

### *Thiocyanat-, Jod- und Schilddrüsenhormonstatus*

Übereinstimmend mit früheren Untersuchungen erwies sich der Serumthiocyanatanstieg als Marker für RES bzw. Glucosinolate (SCHÖNE et al. 2001a und b). Einflüsse der Konzentration der Rapsfuttermittel bzw. Glucosinolate konnten in allen bisherigen Untersuchungen eingeschlossen die vorliegende nicht nachgewiesen werden. Die Entstehung von Thiocyanat bei Rapsfütterung, seine schnelle Resorption und Elimination werden in den zitierten Quellen eingehend erörtert.

Der zum zweiten Malen mit steigendem RES-Anteil erniedrigte T<sub>4</sub>-Serum-Gehalte stimmt mit einigen eigenen früheren Befunde überein (ROWAN and LAWRENCE 1986, SPIEGEL et al. 1993, SCHÖNE et al. 2001b), widerspricht jedoch anderen Befunden (SCHÖNE et al. 1990, 2001a), wonach glucosinolathaltiges Futter den T<sub>4</sub>-Serum-Gehalt nicht beeinflusste oder diesen sogar erhöhte. Für den in Tabelle 7 dokumentierten Befund bleibt festzuhalten, dass selbst der T<sub>4</sub>-Serumabfall in der Grup-

pe mit dem hohen RES-Anteil im Referenzbereich der Serumkonzentration wachsender Schweine blieb (SCHÖNE 1999). Demnach kann man die geringgradig erniedrigte Serum-T<sub>4</sub>-Konzentration als Adaptation der Schweine an die niedrige Glucosinolatdosis interpretieren.

Die geringe Bedeutung des Serum-T<sub>4</sub>-Abfalles geht auch daraus hervor, dass es nicht zu einer längeren Erhöhung der Thyreotropinausschüttung aus der Hypophyse gekommen sein dürfte, war doch die Schilddrüse nicht vergrößert (Tab.6).

Die später diskutierte Schilddrüsenjodkonzentration als mögliche Einflussgröße stellt sich trotz der Erniedrigung unter dem Rapsfuttermittel noch immer als recht hoch dar (Tab. 8): das Drei- bis Vierfache im Vergleich zum Referenzbereich von 500 bis 1500 µg Jod/g Schilddrüse (JEROCH 1999). Somit ist jegliche Limitierung der Hormonproduktion durch die Jodversorgung auszuschließen und die Erniedrigung des Serum-T<sub>4</sub>-Niveaus muss auf anderen Faktoren als dem Schilddrüsenjodvorrat beruhen.

Das Serumjod wird in der Hauptsache durch das Schilddrüsenhormonjod und das Jodid aus der intestinalen Absorption repräsentiert, daneben durch Jod der Schilddrüsenhormonbausteine (die zum Teil während der Hormonsynthese aus der Schilddrüse austreten) und der Metabolite des Schilddrüsenhormonabbaues. Die Anteile Schilddrüsenhormonjod am Gesamtjod des Serums von etwa der Hälfte zum ersten Bluten und von einem Drittel bis annähernd der Hälfte zum zweiten Bluten waren deutlich unter den Hormonjodanteilen früherer Untersuchungen (SCHÖNE et al. 2001b). Das Jodangebot bestimmt den Jodidüberschuss im Serum und dieser war in vorliegendem Versuch bei einem Futterjodzusatz mehrfach über den Empfehlungen (National Research Council 1997, Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 1987) sehr hoch, woraus sich der niedrige Hormonjodanteil erklärt.

Der Abfall des thyreoidalen Jodbestandes unter dem Einfluss bereits geringer Glucosinolatmengen von < 1 mmol/kg Futter (nachgewiesen in dieser Untersuchung, Tab. 8, aber auch in weiteren, SCHÖNE et al. 1990) hat die folgenden Ursachen: Die Schilddrüse ist Zielorgan sowohl des Jods als auch der Glucosinolatbauprodukte. Die Drüse nimmt Jodid auf und bereits der Jodideintritt kann durch Thiocyanationen und weitere Glucosinolatbauprodukte gehemmt werden. Aufgenommenes Jodid wird dann durch die Schilddrüsenperoxidase zu elementarem Jod oxidiert - dies als Voraussetzung der Jodspeicherung im Thyreoglobulin als dem eigentlichen Jodanreicherungsmechanismus der Schilddrüse. In Gegenwart der Glucosinolate wird die Wirkung der Schilddrüsenperoxidase modifiziert. Das Enzym oxidiert beim Glucosinolatabbau entstehende Verbindungen, z. B. Oxazolindithione (KÖHLER et al.1988). Die Schilddrüsenperoxidaseproduktion für die Jodidoxidation wird limitiert und zusätzlich verbraucht noch die „Glucosinolat-Entgiftung“ durch das Enzym elementares Jod; genauer, Jod wird zu Jodid reduziert. Das Jodidion entgeht der Speicherung im Thyreoglobulin - die Schilddrüsenjodkonzentration rapsgefütterter Schweine ist erniedrigt.

Bei glucosinolatmodifizierter Peroxidaseaktivität würde ein relativer Überschuss an Jodid entstehen, der in früheren Untersuchungen sowohl im Blutserum als im Harn nachgewiesen wurde (SCHÖNE et al. 2001a und b). Jedoch war in diesen Versuchen die Jodergänzung des Futters bedarfsnah. Eine im vorliegenden Versuch zum zweiten Bluten größere Differenz aus (unverändertem) Gesamtserumjod minus (vermindertem) Hormonjod (Tab. 6) nach RES-Gabe stützt die These eines glucosinolatvermittelten Serumjodanstieges. Jedoch zeigte sich die Harnjodkonzentration nicht wie erwartet in den RES-Gruppen erhöht, was auf die bereits angeführte massive Jodübersversorgung zurückzuführen ist. Diese überhöhte die Harnjodkonzentrationen und überdeckte so einen möglichen Glucosinolateinfluss.

## Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Untersuchung wurde ein handelsübliches Rapsextraktionsschrot (RES) in Anteilen von 10 und 15 % im Alleinfutter in einem Schweinemastversuch eingesetzt. Der Glucosinolatgehalt des RES lag mit 10 µmol/g auf einem niedrigen Niveau. Die Mast- und Schlachtleistungsparameter, die Masse der Schilddrüse, der Leber und der Niere zeigten selbst bei 15 % RES im Futter (1,2 mmol Glucosinolate/kg Futter) im Vergleich zu der an RES bzw. Glucosinolaten freien Futtermischung (Kontrolle) keinen Unterschied. Die geringfügige Abnahme des Serum-T<sub>4</sub>-Gehaltes und des Jodbestandes der Schilddrüse waren innerhalb der Referenzbereiche für Mastschweine und können als Adaptation der Tiere an die geringen Glucosinolatmengen gewertet werden. Der Glucosinolatgehalt scheint die Bestimmungsgröße für den RES-Einsatz bei Schweinen zu sein und er sollte als Qualitätskriterium vom Rapsanbau bis zur Verarbeitung und Distribution des Extraktionsschrotes noch stärkere Beachtung finden.

## Literatur

- Bassler, R., Buchholz, H. (1993): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Band II, VDLUFA Verlag, Darmstadt
- Bell, J. M. (1984): Nutrients and toxicants in rapeseed meal: a review. *Journal of Animal Science* **58**, 996 – 1010.
- Degussa-Hüls (1999): Standardisierte (wahre) Verdaulichkeit von Aminosäuren für Schweine
- European Community (1990): Oilseeds – determination of glucosinolates – high performance liquid chromatography. *Official Journal of European Commission*, **L 170**, 27-34
- Fecher, P.A., Goldmann, I., Nagengast, A. (1998) Determination of iodine in food samples by inductively coupled plasma mass spectrometry after alkaline extraction. *J. Analyt. Atomic Spectrom.* **13**, 977 – 982.
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (1987): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Schweine. DLG-Verlag Frankfurt (Main).
- Jeroch, H., Drochner, W., Simon, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 544 pp.
- Kohler, H., Taurog, A., Dunford, H.B. (1988) Spectral studies with lactoperoxidase and thyroid peroxidase: Interconversions between native enzyme, Compound II, and Compound III. *Arch. Biochem. Biophys.* **264**, 438-439.
- Kracht, W. (1996): Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Rapsextraktionsschrot und Rapskuchen in der Fütterung von Mastschweinen und Broilern. Vortragsband 4. Tagung Schweine- und Geflügelernährung Halle, 17 - 32
- Lüdke, H., Schöne, F. (1988): Copper and iodine in pig diets with high glucosinolate rapeseed meal. I. Performance and thyroid hormone status of growing pigs fed on a diet with rapeseed meal treated with copper sulphat solution or untreated and supplements of iodine, copper or a quinoxalin derivative. *Animal Feed Science and technology* **22**, 33 – 43.
- McKinnon, P.J., Bowland, J.P. (1979): Effects of feeding low and high glucosinolate rapeseed meals and soybean meal on thyroid function of young pigs. *Canadian Journal of Animal Science* **59**, 589 – 596.

- National Research Council (NRC) (1998) Nutrient requirement of swine. 10th edition, National Academy of Science, Washington D.C., 189 pp.
- Rudolph, B. (1993): Zur Bestimmung von Thiocyanat im Serum mittels HPLC. In: Quality and hygiene of food in production and processing. In: Proceedings of the 105th VDLUFA Congress, Zarges, H. (ed) VDLUFA Verlag, Darmstadt, Germany, p. 677-679.
- Rowan, T.G., Lawrence, T.L.J. (1986): Ileal apparent digestibilities of amino acids, growth and tissue deposition in growing pigs fed low glucosinolate rapeseed meals. *J. Agricultural Science, Cambridge* **107**, 493 – 504.
- Schöne, F. (1999): Jodunterversorgung, Jodbedarf und Jodübersversorgung des Nutztieres - Untersuchungen mit wachsenden Schweinen. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* **112** 64 - 70
- Schöne, F., Jahreis, G., Lange, R., Seffner, W., Groppe, B., Hennig, A., Lüdke, H. (1990) Effect of varying glucosinolate and iodine intake via rapeseed meal diets on serum thyroid hormone level and total iodine in the thyroid in growing pigs. *Endocrinologia Experimentalis* **24**, 415-427.
- Schöne, F., Leiterer, M., Hartung, H., Jahreis, G., Tischendorf, F. (2001a) Rapeseed glucosinolates and iodine in sows affect the milk iodine concentration and the iodine status of piglets. *Brit. J. Nutr.* **85**, 659 – 670.
- Schöne, F., Tischendorf, F., Leiterer, M., Hartung, H., Bargholz, J. (2001b): Effects of rapeseed-press cake glucosinolates and iodine on the performance, the thyroid gland and the liver vitamin A status of pigs. *Arch. Anim. Nutr.* **55** 333 – 350.
- Spiegel, C., Bestetti, G., Rossi, G., Blum, J.W. (1993): Feeding of presscake meal to pigs: effects on thyroid morphology and function and on thyroid hormone blood levels, on liver and on growth performance. *J. Vet. Med., Series A* **40**, 45 – 57.
- ZDS (2002): Richtlinien für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Ausschuss für Leistungsprüfungen und Zuchtwertfeststellung beim Schwein beim Zentralverband der Deutschen Schweineproduktion e.V.* ).