

Jungebermast in Forschung und Praxis

Literaturstudie und Standortbestimmung

Annelies Bracher-Jakob

Dipl. Ing. Agr. ETHZ



Arbeit im Auftrag der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztiere

1725 Posieux

unter der Leitung von Peter Stoll

November 2000

INHALTSVERZEICHNIS

1	PROBLEMATIK FERKELKASTRATION	3
2	PHYSIOLOGIE DES EBERGERUCHS	5
2.1	ANDROSTENON	5
2.2	BEEINFLUSSUNG DES ANDROSTENONS	13
2.3	SKATOL	20
2.4	SKATOL – ANDROSTENON: EINE KONTROVERSE	33
3	JUNGEBERMAST IN FORSCHUNG UND PRAXIS	38
3.1	MAST- UND SCHLACHTLEISTUNG VON JUNGEBERN	39
3.2	FLEISCH - UND FETTQUALITÄT VON JUNGEBERN	44
3.3	JUNGEBERMAST IN DER EU	46
3.4	EU-STUDIE	54
3.5	IMMUNOKASTRATION IN FORSCHUNG UND PRAXIS	62
4	JUNGEBERMAST UNTER SCHWEIZERISCHEN PRODUKTIONSBEDINGUNGEN	66
4.1	BISHERIGE ERFAHRUNGEN	66
4.2	PROBLEMKREISE, FORSCHUNGSBEDARF	69
5	LITERATUR	71

1 Problematik Ferkelkastration

Die seit Jahrhunderten praktizierte Kastration landwirtschaftlicher Nutztiere wird je nach Tierart unterschiedlich begründet. Während bei Rind, Schaf, und Ziegen die aggressiven Verhaltensmuster und Sexualverhalten gekoppelt mit Unruhe, Verletzungsgefahr sowie unerwünschten Trächtigkeiten im Vordergrund stehen, ist beim Schwein die Kastration der für die Mast vorgesehenen männlichen Ferkel im Allgemeinen die sicherste Methode, um den unangenehmen Ebergeruch im Fleisch zu vermeiden.

Im Anschluss an Mediendarstellungen ist die üblicherweise ohne Schmerzausschaltung und vielfach von Nicht-Tierärzten durchgeführte Ferkelkastration zu einem öffentlichen Thema geworden mit Reaktionen bis auf Stufe Parlament (Interpellation N° 99.3543 Keller Christine) und Bundesbehörden. Wohl schreibt das Tierschutzgesetz eine Betäubungspflicht vor,

Art. 11 TSchG: *Unter Vorbehalt der Bestimmungen über die Tierversuche dürfen schmerzverursachende Eingriffe nur von einem Tierarzt und unter allgemeiner oder örtlicher Betäubung vorgenommen werden. ...*

aber in der Tierschutzverordnung werden Ausnahmen geregelt:

Art. 65 TSchV: *Eine Betäubung ist nicht erforderlich für geringfügige Eingriffe wie das Markieren von Tieren oder wenn sie nach tierärztlichem Urteil aus medizinischen Gründen unzweckmässig oder nicht durchführbar erscheint. Fachkundige Personen dürfen folgende Eingriffe ohne Schmerzausschaltung vornehmen:*

c) das Kastrieren von männlichen Kälbern, Schafen, Ziegen, Schweinen oder Kaninchen, die weniger als zwei Monate alt sind: elastische Ringe dürfen nur bis zum 14. Lebenstag angesetzt werden;

...

Der Schweizer Tierschutz fordert ein Verbot der Ferkelkastration ohne Betäubung und Streichung des Art. 65 TSchV. Für Labelorganisationen, die sich für tierfreundliche Haltungsformen einsetzen, ergibt sich Handlungsbedarf – entweder die Einführung des Betäubungsgebotes oder der gänzliche Verzicht auf die Kastration. Es entspricht im Übrigen auch einem Anliegen der breiten Praxis, nach vertretbaren Alternativen zu suchen, gehört doch das Kastrieren zu den unangenehmen Arbeiten, die man noch so gerne verbessern oder aufgeben würde.

Unter der Federführung des Bundesamtes für Veterinärwesen wird an praxistauglichen Methoden der Schmerzausschaltung am Tierspital Bern gearbeitet. Dabei ist zu bedenken, dass wirksame Betäubungs-, Beruhigungs-, und Schmerzmittel streng geregelt sind und nicht an Nicht-Tierärzte abgegeben werden dürfen. Zudem darf die Schmerzausschaltung für das Ferkel nicht eine grössere Belastung verursachen als ohne. Zum Beispiel führt die Vollnarkose mit Injektion dazu, dass Ferkel über Stunden nicht

saugen, unterkühlen und vermehrt erdrückt werden. Dies ist sicher nicht im Sinne des Tierschutzes. Die Vollnarkose mit Halothaninhalation belastet zwar das Ferkel weniger, löst aber beim Bedienungspersonal Kopfweh aus und wird in Verbindung mit Leberkrebs gebracht. Auch der materielle Aufwand ist gross. Die Lokalanästhesie mit einem Kältespray ist in der Wirkung zu unsicher und nicht erprobt und die Lokalanästhesie mittels Injektion darf momentan nicht von medizinischen Laien durchgeführt werden. Vom medizinischen Standpunkt gibt es zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine praxistaugliche Methode zur schmerzfreien Kastration und es wird der Frühkastration mit oder ohne Schmerzausschaltung oberste Priorität eingeräumt (Zimmermann, 2000).

Die tierfreundlichste Art, Schmerzen zu vermeiden, ist der gänzliche Verzicht auf die Kastration, wie das in einigen Ländern Europas und Australien/Neuseeland praktiziert wird. Allerdings stand in diesen Ländern bei der Umstellung nicht der Tierschutzgedanke im Vordergrund, sondern handfeste wirtschaftliche Interessen: mit der Jungebermast wird das ganze anabole Potenzial ausgeschöpft, das bei Kastraten eingeschränkt ist. Die Machbarkeit der Jungebermast unter schweizerischen Produktionsbedingungen bedarf gründlicher Abklärungen. Erste Erfahrungen wurden in den Jahren 1979-1985 an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztiere in Posieux gesammelt (Jost, 1982; Stoll, 1982; Schnegg *et al.*, 1985). Aus der folgenden Literaturstudie zu Forschung und Praxis der Jungebermast werden ausländische Erfahrungen, Rahmenbedingungen und Problemkreise dargestellt und Forschungsbedarf aufgezeigt.

2 Physiologie des Ebergeruchs

Ziel der Schweinehaltung ist die Produktion von qualitativ einwandfreiem Fleisch. Obwohl die Jungebermast von der Mast- und Schlachtleistung sowie vom tierschützerischen (Kastration) und umweltschützerischen (N-Verwertung) Standpunkt zu bevorzugen wäre, hält die Ebergeruchsproblematik die meisten Länder davon ab, sie zu praktizieren. Einzig in England, Irland, Spanien, Portugal, Dänemark, Australien und Neuseeland wurde die Kastration teilweise oder ganz abgeschafft (Kap. 3).

2.1 Androstenon

Dass Eberschlachtkörper einen unangenehmen, urinartigen Geschlechtsgeruch aufweisen können, der bei der Speck- und Fleischzubereitung und dann beim Verzehr wahrgenommen wird, ist seit langem bekannt. Diese Tatsache beschäftigt die Forschung schon seit über 50 Jahren. Da sensorische Methoden naturgegeben subjektiv sind, wurde nach objektiven Messverfahren gesucht. Die Identifizierung der verantwortlichen Leitsubstanz, von der man wusste, dass die Bildung mit den Hoden in Verbindung steht und im Fett eingelagert wird, gelang Patterson 1968. Es handelt sich um das Steroid **5 α -Androst-16-en-3-on**, bekannt als Androstenon, das chemisch grosse Ähnlichkeit zu den Androgenen aufweist, aber keine Hormonwirkung hat (Abb. 1; Brooks und Pearson, 1986)

Androstenon hat die biologische Funktion eines Pheromons, das bei der Paarung vor allem von den Speicheldrüsen und auch Schweissdrüsen freigesetzt wird und auf dem Luftweg zur Sau gelangt. Diese besitzt Androstenon- und α -Androstenol-Rezeptoren, welche die Hirnfunktion derart beeinflussen, dass die Duldungsstarre und Oxytocinfreisetzung ausgelöst wird. Die zentrale Rolle des Androstenons im Fortpflanzungsgeschehen erklärt die enge Kopplung seiner Bildung an die Hodenfunktion und anabolen Hodenhormone (Claus, 1993). Beide werden in den Leydig-Zellen des Hodens mit beginnender Pubertät aus den gemeinsamen Vorstufen Pregnenolon und Progesteron gebildet, deren Synthese ihrerseits durch die übergeordneten Hormone GnRH und LH gesteuert werden. Eine Besonderheit des Ebers liegt in der ebenfalls testikulären Bildung von Oestrogenen (Abb. 1), was ihn von anderen Tierarten unterscheidet (Claus und Weiler, 1987). Aus dem über weite Strecken gemeinsamen Syntheseweg leitet sich ein wichtiger Grundsatz ab:

Die biologische Korrelation der anabolen Steroide mit dem Geruchsstoff Androstenon begründet die gleichsinnige Abhängigkeit zur Geschlechtsreife, dem Wachstumspotenzial und aller Faktoren, die deren Zeitpunkt und Ausmass beeinflussen (Claus, 1993).

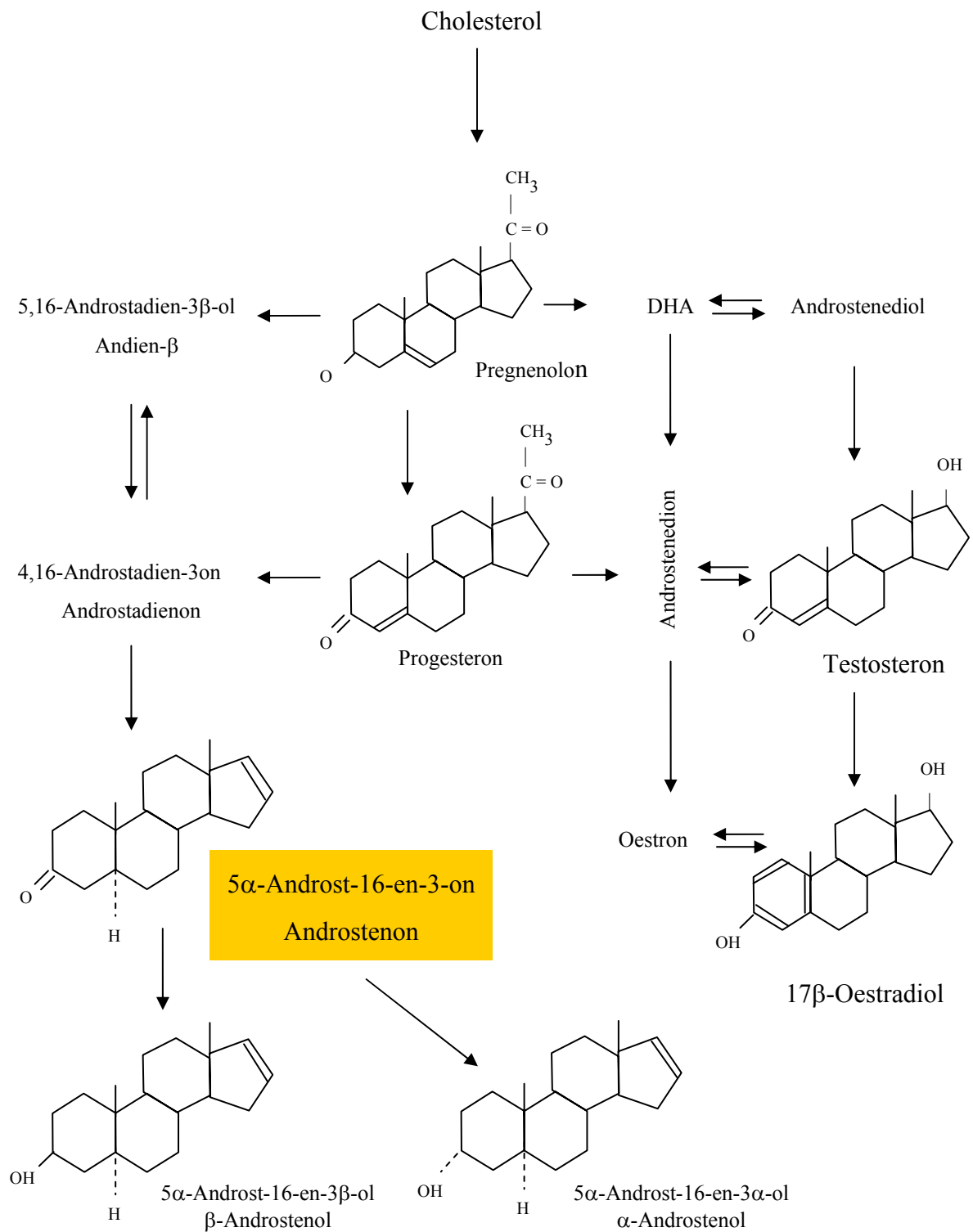


Abb. 1: Biosynthese des Androstenons und anaboler Steroide in den Hoden

Androstenon gelangt von den Hoden in die Blutbahn und Speicheldrüsen, die über das Bindungsprotein Pheromaxein für eine wirksame Aufnahme sorgen. In den Speicheldrüsen erfolgt eine teilweise Umwandlung in α -Androstenol und β -Androstenol, die beide auch über Geruchsaktivitäten verfügen, und schliesslich die Freisetzung über den Speichel (Babol *et al.*, 1996). Aufgrund des sehr lipophilen Charakters wird Androstenon im Körperfett gespeichert, das eine Pufferfunktion innehat (Claus, 1993). Die Fetteinlagerung ist demnach reversibel. Dieser Umstand wird bei der Spätkastration ausgenutzt. Bei einer Halbwertszeit von einigen Tagen (Bonneau, 1982) müssen 3 – 6 Wochen zugewartet werden, bis der Fettspeicher ‘geleert’ ist. Zwischen den einzelnen Körperkompartimenten ergeben sich erhebliche Konzentrationsunterschiede und Verschiebungen in den Anteilen Androstenon zu Androstenol, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind. Dies hat Konsequenzen für analytische wie sensorische Fragestellungen. Die Ähnlichkeit der chemischen Strukturen beeinflusst die Möglichkeiten analytischer Nachweisverfahren. Andererseits entscheiden die Geruchsintensität und die Konzentration in den essbaren Geweben über den relativen Beitrag am wahrnehmbaren Geruch.

Aufgrund der raschen und gezielten Aufnahme in die Speichergewebe unterscheiden sich die peripheren Blutkonzentrationen davon um einen Faktor 100 – 1000 (Tab. 1). Hohe Androstenonkonzentrationen bis 11 $\mu\text{g/g}$ wurden im Fettgewebe wie in den Speicheldrüsen gemessen, während insbesondere α -Androstenol in der Speicheldrüse die vorherrschende Verbindung darstellt. Androstenole können auch im Fettgewebe nachgewiesen werden, aber auf wesentlich tieferem Niveau und z. T. unter der Nachweisgrenze. Diese werden im Fettgewebe als zweitrangig eingestuft. Zwischen Einzeltieren wurde in dieser Beziehung jedoch eine grosse Variabilität beobachtet (Garcia-Regueiro und Diaz, 1989) und die Arbeiten von Mågård *et al.* (1995) und Brennan *et al.* (1986) lassen darauf schliessen, dass der Beitrag der Androstenole zum Geruch nicht ganz vernachlässigbar ist. Aus der Zusammenstellung in Tabelle 1 geht eine generell hohe Streuung der Einzelwerte hervor. Erwartungsgemäss weisen die Jungeber entsprechend ihrer pubertären Entwicklung niedrigere Androstenonwerte und kleinere Streuungen auf als Alteber. Da auch die Nebennieren geringe Mengen an Androstenon bilden können, sind die Werte für Sauen und Kastraten zwar tief, aber nicht null. Dagegen bei Zwittern und Kryptorchiden kommen relativ hohe Androstenonkonzentrationen im Fett vor (Schilt *et al.*, 1989; Tab. 1). Bei Kryptorchiden wird die Biosynthese durch die im Körperinneren höhere Temperatur als im Hodensack begünstigt, was die hohe Beanstandungsrate von 80 % anlässlich der Schlachthofbeurteilung erklärt (König, 1992). Hinter den Literaturangaben stehen unterschiedliche analytische Methoden, die untereinander zu vergleichbaren Ergebnissen führen (Hansen-Møller und Andersen, 1994).

Tab. 1: Konzentrationsbereiche von Androstenon und Androstenol in verschiedenen Körperkompartimenten (nach Bonneau*, 1982 ergänzt)

	Kompartiment	Androstenon	α -Androstenol	β -Androstenol	Referenz
Syn.	Hoden $\mu\text{g/g}$	0.1 – 0.31 0.024 – 0.653	0.28 – 0.89 1.29 – 3.0	1.35 – 4.41 1.12 – 14.0	Claus, 1970* Booth, 1975*
Transport	peripheres Blut ng/ml	6 – 22 63 - 89 total 19 – 21 frei 20.9 – 210 Plasma 26 – 266 Serum 1.5 – 126.3 Median: 16.4 15.4 – 237.3 Median: 76.9	11 – 40 63 – 133 kg LG (n = 15) Alteber (6) Jungeber (85) 108 kg LG Alteber (69)	1 – 3	Claus, 1970* Booth <i>et al.</i> , 1986 Abouzied <i>et al.</i> , 1990 Tuomola <i>et al.</i> , 1997
Speicherung	Fettgewebe $\mu\text{g/g}$	1.03 – 7.5 ND – 4.7 Mittel: 1.29 0.43 1.04	0 – 0.29 ND – 0.64 0.16 (n = 15) 0.21 0.56	0 – 0.15 ND – 1.8 0.42 100 kg LG (15) 130 kg LG (15)	Claus, 1970* Garcia-Regueiro und Diaz, 1989 Brennan <i>et al.</i> , 1986
		0.05 – 6.5 (n = 128) 0.08 – 1.4 Mittel: 0.6 0.36 – 5.9 Mittel: 2.2	0.05 – 0.81 Jungeber (40) 86 kg LG Alteber (42) 170 kg LG	in 38 Proben nachweisen	Mågård <i>et al.</i> , 1995
		0.13 – 3.78 Median: 0.67 0.55 – 11.6 Median: 3.65	Jungeber (69) 108 kg LG Alteber (37)		Tuomola <i>et al.</i> , 1997
		<0.05 <0.05 – 4.87 0.11 – 1.26 0.06 – 1.56 0.53 – 5.1	Sauen, Kastraten Kryptorchiden Zwitter Jungeber Alteber	≤ 150 Tage (40) ≤ 150 Tage (22) ≤ 150 Tage (18) ≤ 150 Tage (22) 2 Jahre (10)	Schilt <i>et al.</i> , 1989
	Speicheldrüse $\mu\text{g/g}$	0.17 – 11.43 0.59 0.59 1.09	29.9 – 82.0 2.43 5.24 11.2	0 – 5.7 65 kg LG (5) 92 kg LG (5) 125 kg LG (5)	Claus, 1979* Booth <i>et al.</i> , 1986
		16-Androstene	0.12 – 114.1	117 kg LG (35)	Babol <i>et al.</i> , 1996a
	Schweissdrüsen $\mu\text{g/g}$	0.77	9.38		Stinson und Patterson, 1972*
Ausscheidung	Speichel ng/ml	340	2930		Booth und Baldwin, 1980* Grinwich, 1988
	Harn	Umwandlung in der Leber, Metabolite nicht identifiziert Ausscheidung in Form von β -Androstenol			Babol <i>et al.</i> , 1999 Bonneau, 1982

* zitiert bei Bonneau, 1982

Von ganz entscheidender Bedeutung für die Beurteilung der Jungebermast ist die Frage, bei welcher Konzentration Androstenon wahrgenommen wird, wo der Toleranzwert für genusstaugliche Schlachtkörper liegt, mit welcher Häufigkeitsverteilung zu rechnen und wie diese zu beeinflussen ist. Diese Fragen haben zu einigen Kontroversen innerhalb der EU geführt. Das hat biologische Gründe mit politisch-wirtschaftlichen Dimensionen und enger Verflechtung mit einem zweiten Geruchsstoff, dem Skatol (Kap. 2.3).

Einige sensorische Gegebenheiten tragen entscheidend zur Komplexität des Themas bei. Massstab der Akzeptanz von Fleisch und Fleischprodukten bleibt die Empfindung der Endverbraucher. Genau da liegt das Problem, denn ein Teil der Bevölkerung besitzt – genetisch bedingt – bei sonst normalem Geruchssinn kein Wahrnehmungsvermögen für Androstenon. Diese Anosmie ist ein weltweites Phänomen (Gilbert und Wysocki, 1987). 20 – 30 % der untersuchten Personen können Androstenon überhaupt nicht riechen (Tab. 2). Neben regionalen Unterschieden fällt auf, dass Frauen generell in den hohen Wahrnehmungsklassen stärker vertreten sind als Männer, also geruchsempfindlicher sind. Auch der Anteil Anosmie liegt bei Frauen tiefer. 30 % der Personen sind ebenfalls für α -Androstenol anosmisch, das von der Geruchsintensität insgesamt schwächer einzustufen ist. Nur 1.7 % nehmen den Geruch stark wahr (Weiler *et al.*, 1997). Das Wahrnehmungsvermögen entscheidet darüber, wie angenehm oder unangenehm ein Geruch empfunden wird. Bei Überschreitung der Geruchsschwelle werden die für Androstenon mittel bis stark sensiblen Personen Eberfleisch wegen unangenehmen Geruchs zu 96 % ablehnen, während schwach Sensitive noch zu einem mehrheitlich geruchsneutralen Ergebnis kommen (Abb. 2).

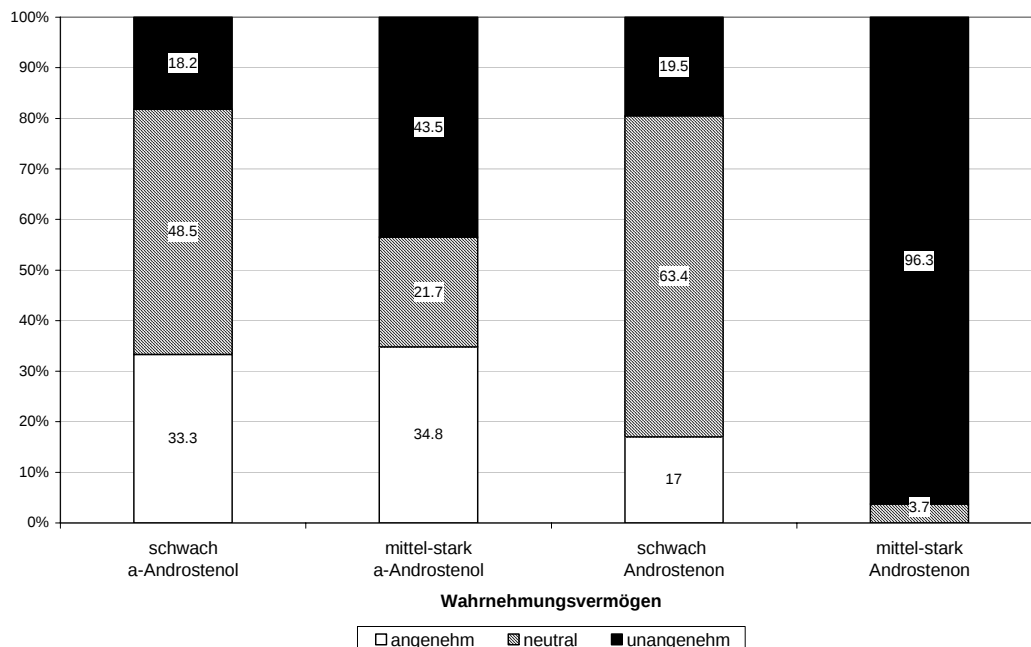


Abb. 2: Einfluss der Wahrnehmungsstärke von Androstenon und α -Androstenol auf die Geruchsklassierung (Weiler *et al.*, 1997)

Tab. 2: Wahrnehmungsvermögen für Androstenon und α -Androstenol

%		stark	mittel	schwach	keine. (Anosmie)	Referenz
		Wahrnehmung				
Androstenon						Gilbert und Wysocki, 1987
Kontinentaleuropa, } Asien, Australien } USA	Männer				24.1 – 25.5	
	Frauen				15.8 – 17.9	
	Männer				37.5	
	Frauen				29.5	
Grossbritannien	Männer				30	
	Frauen				20.9	
Androstenon		24.6	27.0	22.0	22.2	Claus, 1993
α-Androstenol (n = 124)		1.7	16.7	52.5	29.1	Weiler <i>et al.</i> , 2000
Männer		18.6		48.8	32.6	
Frauen		20.3		52.4	27.3	
Androstenon (n = 124)		21.5	21.5	33.9	23.1	
Männer		37.2		32.6	30.2	
Frauen		46.9		33.9	19.2	
Deutsche Konsumenten (n = 472)		Androstenon				Weiler <i>et al.</i> , 2000
Männer		15.6	14.7	69.7		
Frauen		19.3	14.7	65.9		
Spanische Konsumenten (n = 480)						
Männer		23.7	16.6	59.7		
Frauen		37.3	14.6	48.1		

Vor diesem Hintergrund erscheinen viele Konsumententests und sensorische Untersuchungen als fragwürdig, wenn die Ergebnisse nicht nach Sensitivität ausgewertet oder diese gar nicht erfasst wurden. Das führte zu tiefen bis nicht signifikanten Korrelationen zwischen sensorischen Prüfurteilen und Androstenongehalten (siehe Tab. 8) mit einer Unterschätzung des Beitrages des Androstenons am Geschlechtsgeruch. Auf dieser Grundlage wurde zum Beispiel in Dänemark entschieden, Androstenon im Schlachthof-Screening zu vernachlässigen (Vahlun, 1993) – ein eigentliches Fehlurteil (Claus, 1993).

Die unterschiedlichen Sensitivitäten erschweren die Festlegung eines Toleranzwertes. Androstenon wird als Reinsubstanz in erwärmtem Öl ab 0.1 $\mu\text{g/g}$ wahrgenommen und von Nullproben unterschieden (Tab. 3). Im Mittel von zwei Panels beträgt die Geruchsschwelle 0.43 bzw. 0.6 $\mu\text{g/g}$. Diese Grössenordnung gilt auch für Fleischproben. Anlässlich der Kontrollen illegaler Eberfleischimporte nach Deutschland

(1987/88) liegen Erfahrungswerte für deutsche Konsumenten vor. Die retrospektive Messung des Androstenongehaltes in Beschwerdeproben hat ein Raster zur Eingrenzung des Toleranzwertes ergeben (Tab. 3; Claus, 1993). Spätestens ab $0.5 \mu\text{g}$ Androstenon/g Fett sind deutliche Verbraucherreaktionen zu erwarten. Ab $1 \mu\text{g/g}$ Fett empfinden auch wenig sensible Konsumenten den Geruch als penetrant. Dieses Raster ist unter Versuchsbedingungen bestätigt worden. Die sensorischen Prüfurteile des deutschen Gemeinschaftsversuches (Fischer und Weiler, 1995) haben ergeben, dass erhitztes Fettgewebe zwischen $0.2 - 0.5 \mu\text{g/g}$ Androstenon zu 26.9 % als sehr unangenehm beurteilt wurde. Der Anteil sehr unangenehmer Urteile stieg im Androstenonbereich $0.5 > 1.0 \mu\text{g/g}$ auf 59.1 % und bei > 1.0 auf 79.4 %. Die Beurteilung von Muskelfleisch zeigte ebenfalls eine klare Androstenonabhängigkeit. Selbst ein Toleranzwert von $0.5 \mu\text{g/g}$ liegt für sehr sensible Personen eher noch zu hoch. Androstenole haben höhere Geruchsschwellen, werden weniger unangenehm eingestuft (Abb. 2) und dürften wegen niedrigeren Gehalten im Fett von untergeordneter Bedeutung sein. Die Androstenonvorstufen Andien- β und Androstadien sind ausserhalb des Hodengewebes kaum nachweisbar.

Tab. 3: Geruchsschwellen von Androstenon, Androstenonvorstufen und Androstenolen sowie Verbraucherreaktionen

Verbindung	Geruchsprofil	Fettkonzentration	Geruchsschwelle		Referenz
			Mittel $\mu\text{g/g}$	Bereich	
Andien- β	?	?	8.9	2.6 – 13.8	Reinsubstanzen in Öl Brooks and Pearson, 1989
Androstadien	?	?	7.8	4.8 – 14.1	
α -Androstenol	Moschus***	* (Tab. 1)	0.9	0.5 – 1.7	
β -Androstenol	Moschus*	* (Tab. 1)	1.2	0.7 – 1.5	
Androstenon	Urin***	*** (Tab. 1)	0.6	0.1 – 1.4	
	Schweiss		0.43	0.17 – 1.0	Reinsubstanzen in Öl 10 Jurymitglieder Annor-Frempong <i>et al.</i> , 1997
	* schwach	*** stark			
Androstenon $\mu\text{g/g}$ Fett	≤ 0.1 $0.11 - 0.30$ $0.31 - 0.50$ $0.51 - 1.0$ > 1.0	erwartete Reaktion: kommt auch bei Sauen und Kastraten vor Ablehnung selten zunehmende Ablehnung starker Geruch, Ablehnung penetranter Geschlechtsgeruch			Claus, 1993 Konsumentenbeurteilung von Beschwerdeproben

Eine naheliegende Strategie, um innerhalb des Toleranzwertes für Androstenon zu bleiben, wäre die Schlachtung der Eber vor der Geschlechtsreife. So einfach sind die Verhältnisse nicht. Der zeitliche Verlauf der Pubertätsentwicklung erfolgt in zwei Wellen (Abb. 3): Bereits im Alter von 6 Wochen ist eine gesteigerte Steroidbildung nachweisbar und als ‘Trainingslauf’ zu beurteilen. Nach einer Ruhephase bis etwa zu einem Alter von 16 Wochen folgt eine rasch ansteigende Steroidsynthese und Hodenfunktion mit der Entwicklung der Keimzellen, Spermatogenese und Ausbildung der sekundären Geschlechtsorgane. Die funktionelle Spermatogenese wird mit rund 180 Tagen erreicht (Andersson *et al.*, 1998). So korrelieren Gewicht oder Grösse von Hoden, Nebenhoden, Samenblase, Bulbourethraldrüse und Speicheldrüse (Unterkiefer) mehr oder weniger eng mit den Androstenongehalten im Fett (Tab. 4). Die höchsten Korrelationen bestehen zwischen Androstenon und Bulbourethraldrüse unabhängig von der Geschlechtsreife. Aufgrund dieser Beziehung wird die Bulbourethraldrüse (Länge) als indirekte Messgrösse für die Schätzung des Androstenongehaltes vorgeschlagen (Bonneau und Russeil, 1985; Babol *et al.*, 1996a). Die üblichen Schlachtgewichte liegen mitten im dynamischen Bereich des Pubertätsschubes. Kleinste Verschiebungen in der Frühreife oder Pubertätsverlauf haben grosse Auswirkungen auf die Androstenonwerte (Claus *et al.*, 1994). Eine Folge davon ist die grundsätzlich hohe Variabilität der Einzelwerte.

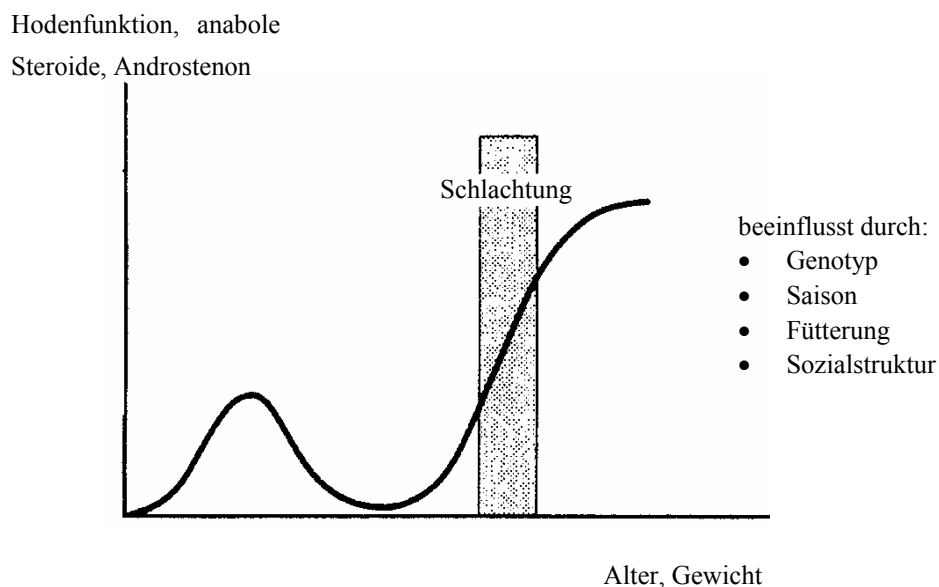


Abb. 3: Verlauf der Pubertätsentwicklung beim Eber (Claus *et al.*, 1994)

Tab. 4: Korrelationen zwischen Geschlechtsmerkmalen und Androstengehalt im Fett

Referenz	Rasse	Alter Tage	Gewicht kg	Hoden Gewicht	Neben- hoden Gewicht	Speichel- drüse	Samen- blase Gewicht	Bulbourethral- drüse Gewicht	Länge
Bonneau, 1987	LW	184	126	0.19 ns	0.13 ns		0.44**	0.71***	0.63***
	n=50	ad lib.	mature						
	LW	184	90	0.50***	0.50***		0.53***	0.72***	0.66***
Andersson <i>et al.</i> , 1997, 1999	LRxY								
	xHS	170-188	108	0.43***	0.27**			0.55***	
	n=107	rat.		Geschlechtsmerkmale signifikant mit Alter korreliert					
Bonneau und Russeil, 1985	LW	170	101	0.28–0.47			0.49	0.63	0.59
	n=120								
	LW	183	112				0.47	0.46	0.46
	n=183								
	LW, LR, HS, Pi	171	~ 105				0.43	0.51	0.56
	n=148								
Bonneau <i>et al.</i> , 1992	LWxLRx							0.46***	0.57**
	LWxPi	190	~ 105	Partialkorrelation				0.28*	0.35**
	P, HS	n=73		(bei gegebenem Skatolgehalt)					
Babol <i>et al.</i> , 1996a	Y		117	16-Androstene:		0.34*			0.34*
	n=35		(84-157)	Geschlechtsmerkmale signifikant mit Gewicht korreliert					
Booth <i>et al.</i> , 1986	LW	141	65,4	0.25 ns	-	0.46*	0.63***		
	n=15	203	92						
		268	125						

2.2 Beeinflussung des Androstenons

Über neuroendokrine Mechanismen (GnRH, LH) wirken verschiedene Faktoren regulierend auf die altersabhängige Funktion der Gonaden und somit auf die Androstenonbildung. Dazu gehören: Photoperiode, Sozialstruktur/Rangordnung, Haltung, Fütterung, Genotyp/Züchtung und aktive Immunisierung. Auf einer tieferen Ebene greift die chirurgische Kastration ein: durch die Entfernung der Hoden wird das Syntheseorgan ausgeschaltet.

Alter, Fütterung, Haltung

In einer Reihe von Arbeiten mit Edelschweinen haben Bonneau und Mitarbeiter über Fütterungs- und Haltungsmassnahmen den Androstengehalt im Fett gezielt beeinflusst. Durch die Anwendung der Biopsietechnik ergaben die wiederholten

Messungen am gleichen Tier echte und individuelle Zeitverläufe, die in Abb. 4 versuchsübergreifend dargestellt sind.

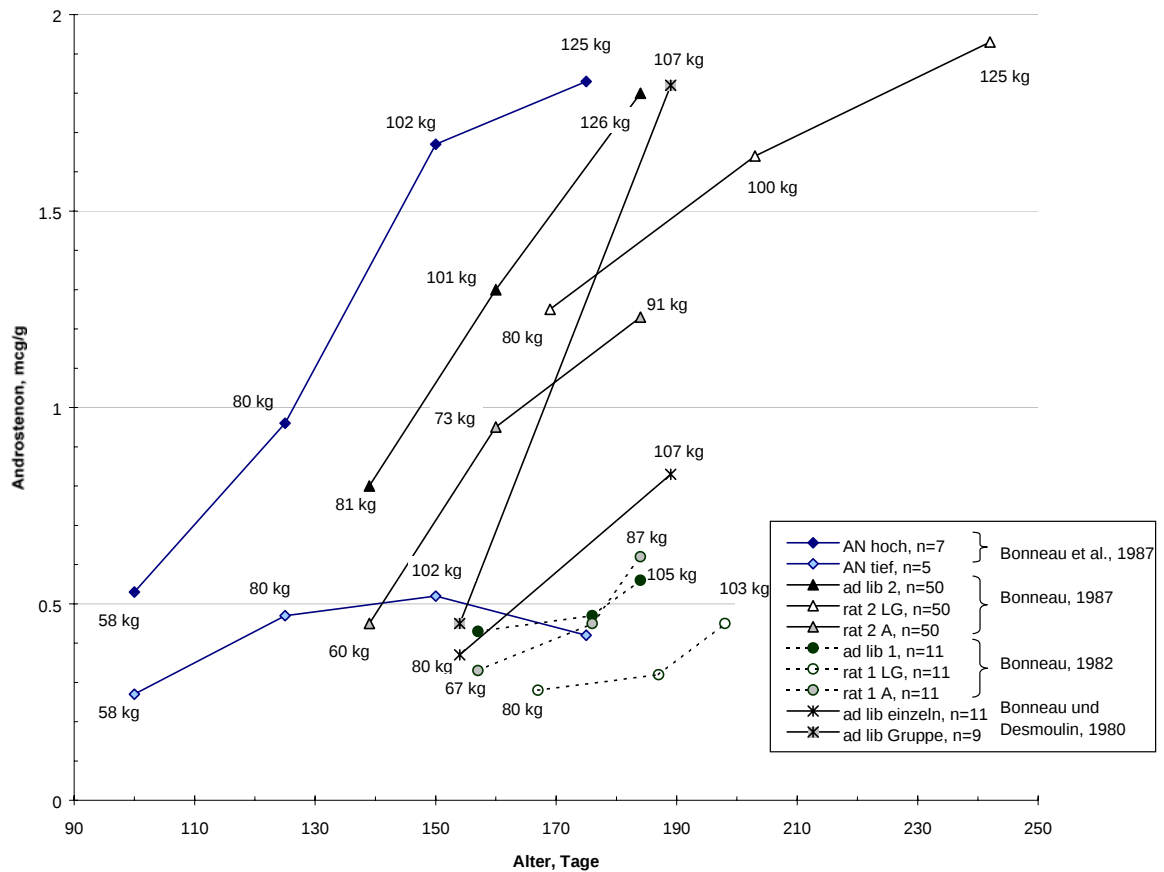


Abb. 4: Altersabhängiger Androstenongehalt im Rückenfett von Edelschweinebern

In einer ersten Versuchsreihe (Bonneau und Desmoulin, 1980) wurde der Einfluss von Einzel – und Gruppenhaltung mit oder ohne Jungsaunen untersucht. Zwischen 80 und 107 kg LG (189 Tage) scheren die Androstenongehalte von Jungebern in Gruppenhaltung ($1.82 \mu\text{g/g}$) von einzeln gehaltenen Jungebern ($0.83 \mu\text{g/g}$) auseinander. Bei tieferem Mastendgewicht von 95 kg beeinflusste die Haltung den Androstenonverlauf nicht. Über beide Versuchsdurchgänge gesehen, erhöhte sich der Androstenongehalt bei rund 30 % der Eber im Altersbereich 147 – 189 Tage nicht, d.h. er stabilisierte sich auf tiefem Niveau. Bei den restlichen Tieren verlief die Geschwindigkeit des Anstieges individuell sehr verschieden. Ihr Anteil wurde durch Sauenkontakt erhöht. Bereits bei einem Lebendgewicht von 80 kg im Alter von 150 Tagen streuten die Werte zwischen $0.11 - 0.93 \mu\text{g/g}$.

In nachfolgenden Versuchen wurde über eine Futterrestriktion eine Trennung des Gewichts- und Alterseffektes angestrebt (Bonneau 1982, 1987). Der Androstenongehalt wurde im Vergleich zu $\pm$ *ad lib.* gefütterten Tieren entweder bei gleichem Gewicht (rat. LG) oder gleichem Alter (rat. A) erhoben. Im ersten Versuch mit langsam wachsenden Tieren und einem Mastendgewicht von 105 kg (Bonneau 1982) liegen die Androstenonkonzentrationen vergleichsweise tief (Abb. 4). Zwischen den rationiert und *ad lib.* gefütterten Ebern sind die Unterschiede zu keinem Zeitpunkt signifikant. Hingegen mit schneller wachsenden Tieren und höherem Mastendgewicht des zweiten Versuches (Bonneau 1987) treten deutliche Alters- und Gewichtseffekte auf (Abb. 4). Bei gleichem Gewicht aber höherem Alter weisen die rationierten Eber höhere Androstenongehalte auf als die *ad lib.* Eber. Der Altersunterschied beträgt bei 100 kg LG 43 Tage! und die entsprechenden Androstenonwerte belaufen sich auf 1.64 $\mu\text{g/g}$ gegenüber 1.3 $\mu\text{g/g}$. Bei gleichem Alter aber tieferem Gewicht (Gruppe rat A) verläuft die Androstenonkurve unterhalb der *ad lib.* Eber. Diese Tiere haben im Gegensatz zu der *ad lib.* Gruppe bei der Schlachtung mit 91 kg LG und 183 Tagen die Geschlechtsreife noch nicht erreicht. Mit der über eine Ad-libitum-Fütterung oder hoher Nährstoffkonzentration erzielten Vorverlegung des Schlachalters wird keine Absenkung des Androstenongehaltes erreicht, wenn dadurch die Geschlechtsreife beschleunigt wird! Der steigende Effekt der *ad lib.* Fütterung auf den Androstenongehalt bestätigte Cameron *et al.* (2000) in einem neueren Versuch mit englischen *Large White* Jungebern. Es ist klar, dass bei gleicher Fütterung und fixem Mastendgewicht, die rascher wachsenden Tiere jünger geschlachtet werden. Ist die Altersdifferenz gross genug, treten auch Unterschiede in der Geschlechtsreife auf. In der Arbeit von Andersson *et al.* (1999) sind die Hoden und Bulbourethraldrüsen bei einem Mastendgewicht von 105 kg unter rationierter Fütterung bei den 18 Tage jüngeren Tieren um mehr als 30 % leichter.

Selbst bei gleicher Gewichtsentwicklung ergeben sich sehr unterschiedliche Muster von Androstenonverläufen (Bonneau *et al.*, 1987; Abb. 4). Im Alter von 100 Tagen weisen Einzeltiere bereits Werte von $> 1.0 \mu\text{g}$ Androstenon/g Fett auf. Am anderen Ende der Skala liegen Jungeber, die nie über 0.5 $\mu\text{g/g}$ hinauskommen (Gruppe AN tief). Dazwischen befinden sich die Tiere, die – klassisch – im Altersbereich 125 – 175 Tage einen starken Anstieg während des Pubertätsschubes verzeichnen (Gruppe AN hoch). In diesem Versuch waren alle Eber im Alter von 175 Tagen geschlechtsreif. Weder die Grösse der Geschlechtsorgane noch die Hormonprofile (LH, Testosteron) konnten die abweichenden Androstenonmuster erklären, aber ein Wurfefekt wurde beobachtet. Einzig der Durchmesser und Anzahl der Leydig-Zellen in den Hoden fiel in der Gruppe AN tief kleiner aus (Bonneau *et al.*, 1987b).

Aufgrund der ausgesprochen individuellen Androstenonverläufe sowohl in Bezug auf Zeitpunkt wie Ausmass der Fetteinlagerung ist die Festlegung einer Alters- und/oder Gewichtslimite noch kein Garant für tiefe Androstenongehalte.

Photoperiode

Die Photoperiode steuert bei Wildtieren das saisonale Fortpflanzungsgeschehen. Dabei induziert die abnehmende Tageslichtlänge beim Wildschwein die optimale Funktion der Keimdrüsen im Spätherbst (Kurztag), so dass es zu Frühjahrsgeburten kommt. Eine gewisse Saisonalität in der Fruchtbarkeit ist beim Hausschwein erhalten geblieben, sowohl beim adulten Eber wie bei präbuberalen Jungebern (Claus und Weiler, 1987; Weiler et al., 1992). So hat die natürlich abnehmende tägliche Lichtdauer in der Wintermastgruppe den Zeitpunkt des Pubertätseintrittes gegenüber der Sommermastgruppe vorverschoben mit deutlich höheren Testosteronblutwerten und Androstenongehalten im Fett (Abb. 5), gekoppelt mit höheren Zuwachsraten.

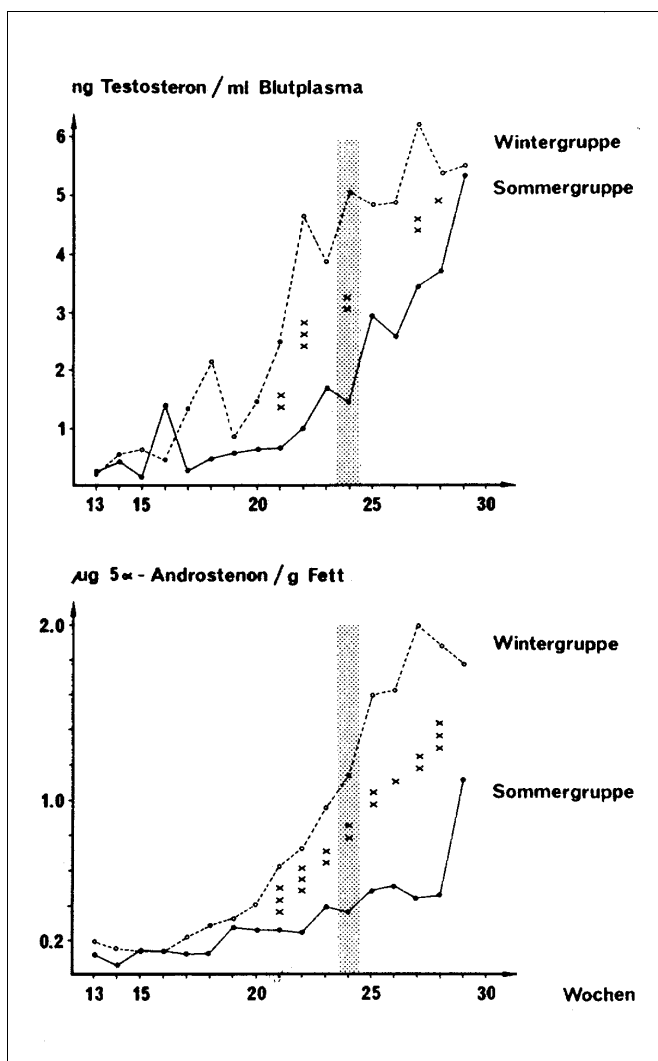


Abb. 5: Verlauf der Testosteronkonzentrationen im Blutplasma und Androstenongehalte im Fett von Jungebern (Claus und Weiler, 1987)

Haltung mit zunehmender (Sommergruppe: 10.3 – 30.6) bzw. abnehmender (Wintergruppe: 1.9 – 22.12) Lichtdauer.

Der schraffierte Balken entspricht einem Lebendgewicht von 100 kg.

Wie in Abb. 5 dargestellt, übersteigt die Wintergruppe bei einem Lebendgewicht von 100 kg (168 Tage) einen Androstenongehalt von 1 µg/g, während die Sommergruppe noch unter 0.5 µg/g liegt. Unter künstlichen Lichtprogrammen sind die Effekte weniger eindeutig (Neupert *et al.*, 1995; Andersson *et al.*, 1998a). Dabei spielt eine Rolle, wie abrupt der Lichtwechsel von der Säugephase in die Mastphase und

eigentlich Versuchsphase vorgenommen wird. Eine bereits frühe Prägung der Photoperiode ist nicht auszuschliessen (Andersson *et al.*, 1998a). Mit moderatem Wechsel auf zunehmende bzw. abnehmende Beleuchtungsdauer konnte der Anteil geschlechtsreifer Jungeber in der simulierten Herbst/Wintergruppe deutlich erhöht

werden. Die gleichen Tiere wiesen auch die höchsten Ebergeruchsnoten auf (Andersson *et al.*, 1998b). Die entsprechenden Androstenongehalte waren mit $0.95 \mu\text{g/g}$ über den $0.70 \mu\text{g/g}$ der Frühlings/Sommergruppe, aber tiefer als in der Kontrollgruppe ohne Lichtprogramm (Mast Winter-Frühling). Die Autoren vermuten einen überlagernden Effekt der Rangordnung. Es könnte sich allenfalls lohnen, Mastgruppen, die im Spätherbst/Winter geschlachtet werden, unter ein Langtag-Lichtprogramm zu stellen.

Rangordnung, Aggressionsverhalten

Androgene und Oestrogene lösen die männlichen Verhaltensmuster aus und sind für das Aggressionspotenzial bei Ebern verantwortlich. Die Etablierung der Rangordnung kann zu blutigen Kämpfen führen, die, verglichen mit der Frühkastration, ebenso tierschutzrelevant sind (Claus, 1993). Die Beobachtung, dass bei in Zweiergruppen gehaltenen Jungebern der jeweils dominante Partner zwei bis fünfmal höhere Androstenongehalte im Fett aufwies, deutet auf eine "psychische" Kastration: der Gewinner steigert die Hodenfunktion, während der Verlierer "gehemmt" wird (Claus 1993; Claus *et al.*, 1994). In einem Mastversuch mit gemischtgeschlechtlichen 10-er Gruppen und wiederholter Umgruppierung ging eine hohe Rangordnungsklasse mit hohen Androstenon- und Testosteronblutwerten einher. Bei der Schlachtung wurden auch schwerere Bulbourethraldrüsen gemessen (Giersing *et al.*, 2000; Abb. 6).

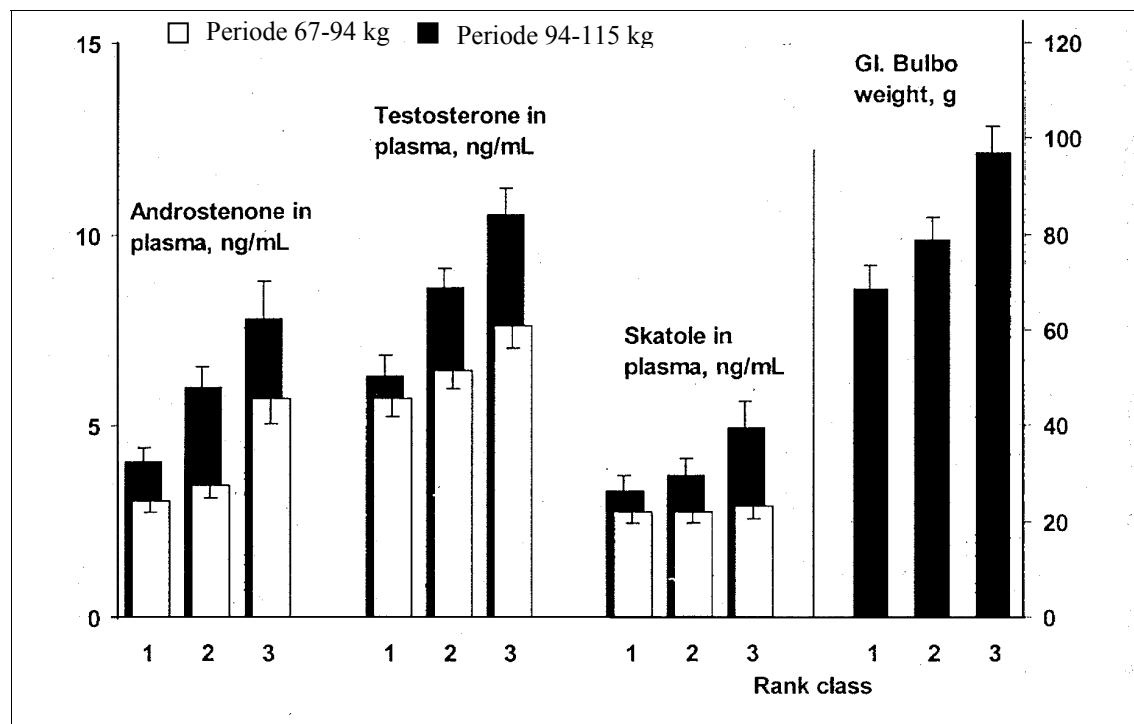


Abb. 6: Einfluss der Rangordnung auf Plasmakonzentrationen von Androstenon, Testosteron und Gewicht der Bulbourethraldrüse (LSM $\pm$ SE; Giersing *et al.*, 2000)

Die Autoren relativieren die Hypothese der psychischen Kastration in dem Sinn, als in Buchten mit hohen Androstenonmaximalwerten die restlichen Buchtentiere ebenfalls über dem Durchschnitt liegende Werte zeigen, also eher von einer gegenseitigen Stimulation ausgegangen werden muss. Allerdings liegt in einer 10-er Gruppe und insbesondere in Gegenwart von weiblichen Tieren eine komplexere Sozialstruktur vor als in Zweiergruppen und Blut- und Fettwerte haben nicht die gleiche Aussagekraft.

Unabhängig von der Beeinflussung des Androstenongehaltes ist dem Aggressionspotenzial von Jungebern gebührend Bedeutung beizumessen. Das labile Gleichgewicht kann beim Zusammenführen mit fremden Tieren (Transport, Schlachthof) zu problematischen Rankämpfen führen.

Genotyp, Züchtung

Die hohe Variabilität des Androstenongehaltes ist auf zwei Mechanismen zurückzuführen: der eine steuert den Zeitpunkt der Geschlechtsreife und der andere das Ausmass der Androstenonbildung und beide unterliegen genetischer Kontrolle. Es kann von einer hohen Heritabilität ausgegangen werden. Aussagen über Rassenunterschiede sind schon schwieriger, denn eigentliche Rassenvergleichsversuche liegen nur beschränkt vor. Zudem stellt sich die Frage, welcher Zeitpunkt die beste Aussage erlaubt und welche Tierzahl als repräsentativ angesehen werden kann. Allein schon innerhalb der gleichen Rasse sind zwischen Versuchsdurchgängen erhebliche Unterschiede im Androstenonniveau aufgetreten (Abb. 4). Aus der Zusammenstellung in Tab. 5 geht immerhin ein Trend hervor: die frühreifen Piétrain und Kreuzungen davon übersteigen Landrassen und Edelschweine. Gleiches scheint auch für Duroc und Hampshire zu gelten. In einem neueren Selektionsversuch konnte für Androstenon eine Heritabilität von 0.49 - 0.55 abgeleitet werden (Sellier *et al.*, 2000; Tab. 5). Diese Grössenordnung liegt im Bereich früherer Schätzungen von 0.25 – 0.87 (Willeke 1993). Die Züchtung auf tiefe Androstenongehalte ist biologisch möglich, aber die phänotypischen (Tab. 4) wie genetischen Korrelationen (Tab. 5) zwischen Androstenon und Geschlechtsorganen verunmöglichen eine Entkopplung von der Fruchtbarkeitsleistung auf männlicher wie weiblicher Seite. Es läuft auf eine Verzögerung der Pubertät hinaus (Willeke *et al.*, 1987). Auch eine Indexselektion auf tiefen Androstenongehalt bei gleichbleibender Bulbourethraldrüse hat nicht den erwarteten Erfolg gebracht (Sellier *et al.*, 2000). Die Arbeit von Fouilloux *et al.* (1997) stützt die Existenz eines Hauptgenes (zwei Allele) für Androstenon, das möglicherweise auf Chromosom 7 lokalisiert ist (Bidanel *et al.*, 1997). Sollte sich dies bestätigen, könnte eine markergestützte Selektion entwickelt werden, die auf einer tiefen Enzymstufe ansetzen würde, ohne die anabolen Steroide zu beeinflussen. Davis und Squires (1999) haben positive Korrelationen zwischen einer niedermolekularen Isoform des Cytochrom b5 – eine Komponente des Andien- β -synthase-Systems – und der 16-Androstenbildung wie auch dem 16-Androstengehalt im Fett nachweisen können.

Immunisierung

Die Immunisierung gegen körpereigene Hormone stellt eine weitere Form der Unterdrückung der Androstenonbildung dar. Darauf wird detaillierter in Kap. 3 eingegangen.

Tab. 5: Rassenunterschiede, Heritabilität und genetische Korrelationen für Androstenon

Rasse	Gewicht	Alter	Anzahl	Androstenon µg/g Fett		Referenz		
	kg	Tage		Mittel	sx			
Piétrain (Pi)	100			1.75		Bonneau <i>et al.</i> , 1979 ; zitiert bei Willeke, 1993		
Belg. Landrasse (LR)	100			0.61				
franz. Edelschwein (LW) } LWx LRx Hx Pi	101	170	120	0.6	0.6	Bonneau und Russeil, 1985		
	112	182	183	0.6	0.5			
	105	171	148	2.4	1.7			
deutsche LR		170		0.28	0.22	*Willeke <i>et al.</i> , 1987		
		190		0.44	0.67			
		210		0.54	0.76			
dänische LR	90			0.71		Jonsson und Joergensen, 1989; zitiert bei Willeke, 1993		
schwedische LR (Selektionslinien)	90			0.89		Malmfors, 1978, zitiert bei Ender <i>et al.</i> , 1987		
	110		41	1.0				
	130			1.69				
Schwed. Yorkshire	110	201	143	1.26	0.94	Lundström <i>et al.</i> , 1988		
Hybride	95		32	0.54	0.39	Weiler <i>et al.</i> , 1995		
	115		30	0.67	0.47			
	95		32	0.73	1.64			
deutsche LWxLR	115		29	0.73	0.58			
	95		28	0.63	0.50			
deutsche LRxPi	115		30	1.13	2.09			
USA/CANADA	16-Androstene				Bulb. Drüse		Xue <i>et al.</i> , 1996	
				Fett	Speicheldrüse	cm		g
Duroc (D)	101	173	72	1.5	45.5	11.0		95.0
Hampshire (H)	105	182	8	1.77	46	13.2		159.3
Landrace (LR)	98	169	74	0.65	18	10.6		110.0
Yorkshire (Y)	102	170	74	1.0	28	12.6		148.5

Referenz	LWxLR	h ²	genetische Korrelationen		
			Androstenon ₁	Androstenon ₂	Sauen Pubertätsstatus
Sellier <i>et al.</i> , 2000					
Androstenon ₁	99 kg	0.49			
Androstenon ₂	118 kg	0.55			
Bulbourethraldrüse					
Dicke	99 kg	0.63	0.65	0.66	0.41
Länge	118 kg	0.33	0.35	0.54	0.12
Gewicht	118 kg	0.55	0.58	0.68	0.34
Hodengewicht	118 kg	0.61	0.47	0.41	0.45
Sauen Pubertät		0.53	0.22	-0.08	

2.3 Skatol

Zusätzlich zur Qualitätsminderung durch den urinartigen Geschlechtsgeruch werden im Zusammenhang mit der Ebermast seit den frühen 80-iger Jahren auch fäkalartige Geruchs- und Geschmacksabweichungen diskutiert. Als verantwortliche Substanzen wurden Skatol (3-methyl-Indol) und Indol eruiert, die bei sensorischen Untersuchungen mit dem Ebergeruch korrelierten (Lundström *et al.*, 1980, 1988). Mit der Verfügbarkeit der automatisierten photometrischen Nachweismethode (Mortensen und Sørensen, 1984) wurde Skatol systematisch in sensorischen Untersuchungen miterfasst. Aufgrund der höheren Korrelationen für Skatol verglichen mit Androstenon, unter anderem bedingt durch eine fehlende Anosmie für Skatol (Weiler *et al.*, 1997), wurde insbesondere in Dänemark der Schluss gezogen, dass Skatol hauptverantwortlich für den Ebergeruch sei (Vahlun, 1993). Dies entspricht nicht den physiologischen Gegebenheiten (Claus, 1993). Skatol ist eine zusätzliche Komponente von Geruchs- und Geschmacksfehlern von Eberfleisch und kann nicht als Ebergeruch schlechthin eingestuft werden. Einerseits ist die Bildung weder geschlechtsspezifisch noch speziesspezifisch und andererseits weicht Skatol chemisch und physiologisch völlig von Androstenon ab.

Skatol und Indol werden im Verdauungstrakt von Wiederkäuern (Pansen) und Monogastriern (Dickdarm) mikrobiell aus Tryptophan unabhängig des Geschlechtes des Wirtstieres gebildet, wenn Energiequellen für den Einbau in Bakterienprotein fehlen (Claus *et al.*, 1994). Bei den einzelnen Reaktionsschritten sind unterschiedliche Mikroorganismen beteiligt (Abb. 7). Skatol wird nur von spezialisierten Stämmen gebildet.

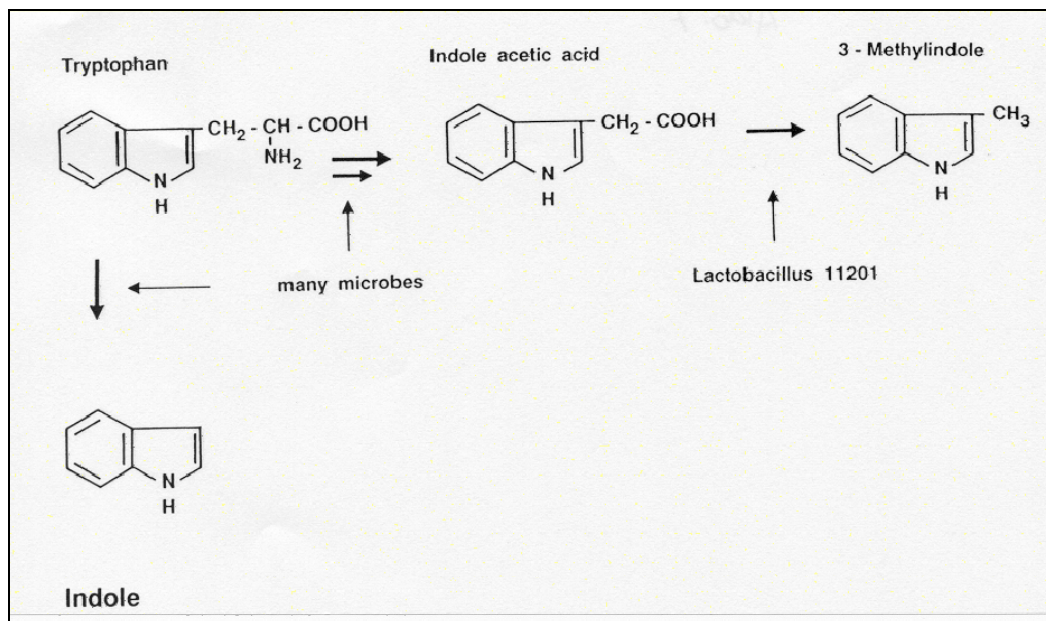


Abb. 7: Mikrobieller Abbau des Tryptophans in Skatol und Indol im Verdauungstrakt (Claus *et al.*, 1994)

Im peripheren Blut von Auen, Ziegen, Kühen und Sauen konnte Skatol und Indol nachgewiesen werden (Tab. 6). Während die Pansenabsorption rasch erfolgt und nur geringe Mengen im Kot erscheinen, findet beim Schwein die Skatol- und Indolbildung hauptsächlich im Dickdarm statt mit entsprechend höheren Kotkonzentrationen. Die Indole tragen so zum schweinetypischen Kotgeruch bei. Da ein proportionaler Anteil aus dem Dickdarm resorbiert wird, gelangen die Indole über die Pfortader in die Leber, wo sie metabolisiert werden. Die nicht abgebauten Indole erscheinen im peripheren Blut und lagern sich infolge ihrer lipophilen Eigenschaften im Fettgewebe (z.T. auch Muskeln) ab, wo sie den fäkalartigen Geruch verursachen können. Wie aus Tab. 6 und Abb. 9 hervorgeht, ist der Skatolstoffwechsel komplexer Natur mit erheblichen Konzentrationsunterschieden in den Körperkompartimenten und Blutgefässen. Sie liegen im mg bis µg-Bereich im Kot und im ng-Bereich im Blut und Fett mit wechselnden Skatol:Indol-Verhältnissen. Obwohl in den Kotkonzentrationen kein grosser Geschlechtseinfluss festgestellt werden kann, fallen die durchschnittlichen Skatolkonzentrationen im peripheren Blut und Rückenfett von Ebern höher aus als bei Kastraten und Sauen (Tab. 6), was auf einen unterschiedliche Leberclearancerate (Jensen und Jensen, 1998; Babol *et al.*, 1999) und einer Beziehung zum anabolen Potenzial (Claus *et al.*, 1994, 1996) zurückgeführt wird. Bei grosser Tierzahl zeigen die Skatolgehalte im Fett eine ausgesprochen linksschiefe Verteilung (Abb. 8).

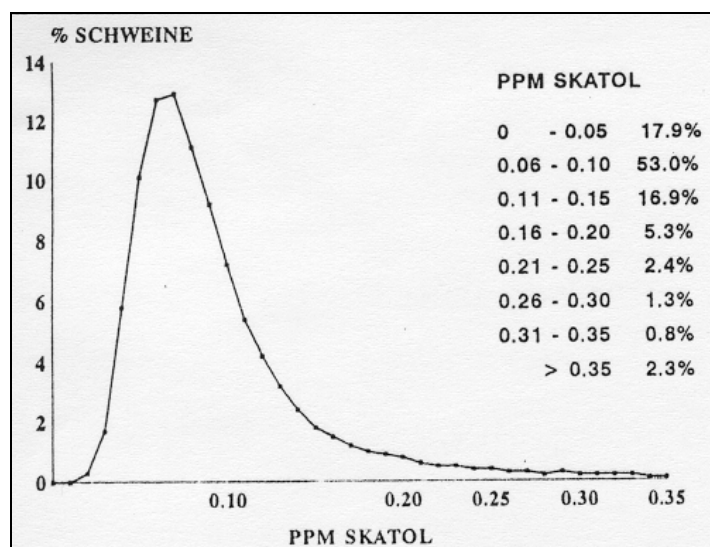


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Skatolgehalte im Rückenfett von 100'000 dänischen Jungebern

(Vahlun, 1993)

Spektrophotometrische Analyse

→ Skatoläquivalente

Weiler und Mitarbeiter (1995) haben die Skatolkonzentrationen im Fett verschiedener Entnahmestellen verglichen. Dabei konnten im Schinkenspeck (96 ng/g) und Bauchhöhlenfett (95 ng/g) höhere Gehalte gemessen werden als im Rückenfett (80 – 88 ng/g) und Bauchspeck (83 ng/g). Die Korrelationen zwischen den Entnahmestellen sind hochsignifikant und sehr eng ($r = 0.94 - 0.99$), so dass man sich auf eine Entnahmestelle beschränken kann. Für Indol sind die Beziehungen generell weniger eng.

Tab. 6: Skatol – und Indolkonzentrationen in verschiedenen Körpergeweben

Kompartiment		Spezies, Sex	Skatol	Indol	Methode	Referenz
Kot	µg/g frisch	Sauen 5 262 Proben	2.32 ± 2.97 (n.d. - 12.45)	9.96 ± 6.58 (0.4- 42.73)	HPLC ovarektomiert (5)	Claus <i>et al.</i> , 1993
		Jungeber + - sauen (288)	16.3-19.9	6.1-7.5	HPLC, Sommer/Winter	Hansen <i>et al.</i> , 1994
	µg/g Kot-TS	Wildschwein Hausschwein	14.4 ± 13.9 15.8 ± 14.8 27.0 ± 25.2 44.6 ± 38.7 45.0 ± 24.3 119.7	Bache Keiler Kastrat Sau adulter Eber präbuberaler Jungeber	HPLC	Claus <i>et al.</i> , 1993
		Jungsauen Jungeber	93.5 109.3	33.9 37.2	HPLC < 90 kg LG	Hawe <i>et al.</i> , 1992
Blut ng/ml	peripher	Aue (11) Ziege (7) Kuh (9)	0.68 ± 0.35 0.52 ± 0.29 0.07 ± 0.15	0.51 ± 0.34 0.49 ± 0.26 0.18 ± 0.12	HPLC	Claus <i>et al.</i> , 1993
		Drosselvene (v. jugularis) Pfortader	Sauen (5) (334 Proben) Jungsau (17)	0.32 ± 0.36 (n.d. - 2.05) 67	19.97 ± 63.71 (034 - 390.8) 119.6	Katheter ovarektomierte Katheter 1 Tier
	peripher Plasma	Jungeber (88) Kastrat (83)	1.63 ± 1.71 0.76 ± 0.38		HPLC	Weiler <i>et al.</i> , 1995
	Peripher Serum	Jungeber (91) Kastrat (96) Jungsau (85)	1.9 (0.7-58.3) 1.4 (0.3-3.3) 1.1 (0.1-2.5)	2.3 (0.9-14.8) 1.7 (0.6-6.7) 1.4 (0.2-3.3)	HPLC (Schlachtblut!)	Tuomola <i>et al.</i> , 1996
	Gekrösearterie Pfortader Lebervene (heparic vein) Drosselvene	Jungeber (9)	17 ± 19 (n.d. - 46) 61 ± 56 (0.97 - 184) 33 ± 48 (n.d. - 126) 11 ± 19 (0.54 - 64)		HPLC Multi-Katheter	Agergaard und Laue, 1998
Fett ng/g	Lendenfett	Jungeber (181) Kastrat (179)	81.9 ± 89.6 (0 - 604) 47.2 ± 32.4 (0 - 246)	30.1±34.0 33.7±36.9	HPLC	Weiler <i>et al.</i> , 1995
	Nackenfett	Jungeber (91) Kastrat (96) Jungsau (85)	39 (6-1269) 24 (3-88) 17 (6-54)	21 (7-242) 16 (5-68) 13 (6-43)	HPLC	Tuomola <i>et al.</i> , 1996
	Rückenfett	Jungeber (83) Kastrat (15) Jungsau (11)	70 ± 120 20 ± 40 10 ± 30	40 ± 10 60 ± 40 40 ± 10	GLC	Lundström <i>et al.</i> , 1980

Ebenfalls hohe Korrelationskoeffizienten von 0.90 – 0.98 bestehen zwischen peripheren Blutwerten und den Fettkonzentrationen (Weiler *et al.*, 1995; Tuomola *et al.*, 1996; Agergaard und Laue, 1998). Dies ermöglicht Rückschlüsse aus den Blutanalysen auf die Fetteinlagerung. Allerdings ist die Schätzgenauigkeit wegen einer kurzen Halbwertszeit im Fettgewebe von rund 12 h zeitlich beschränkt (Agergaard und Laue, 1998).

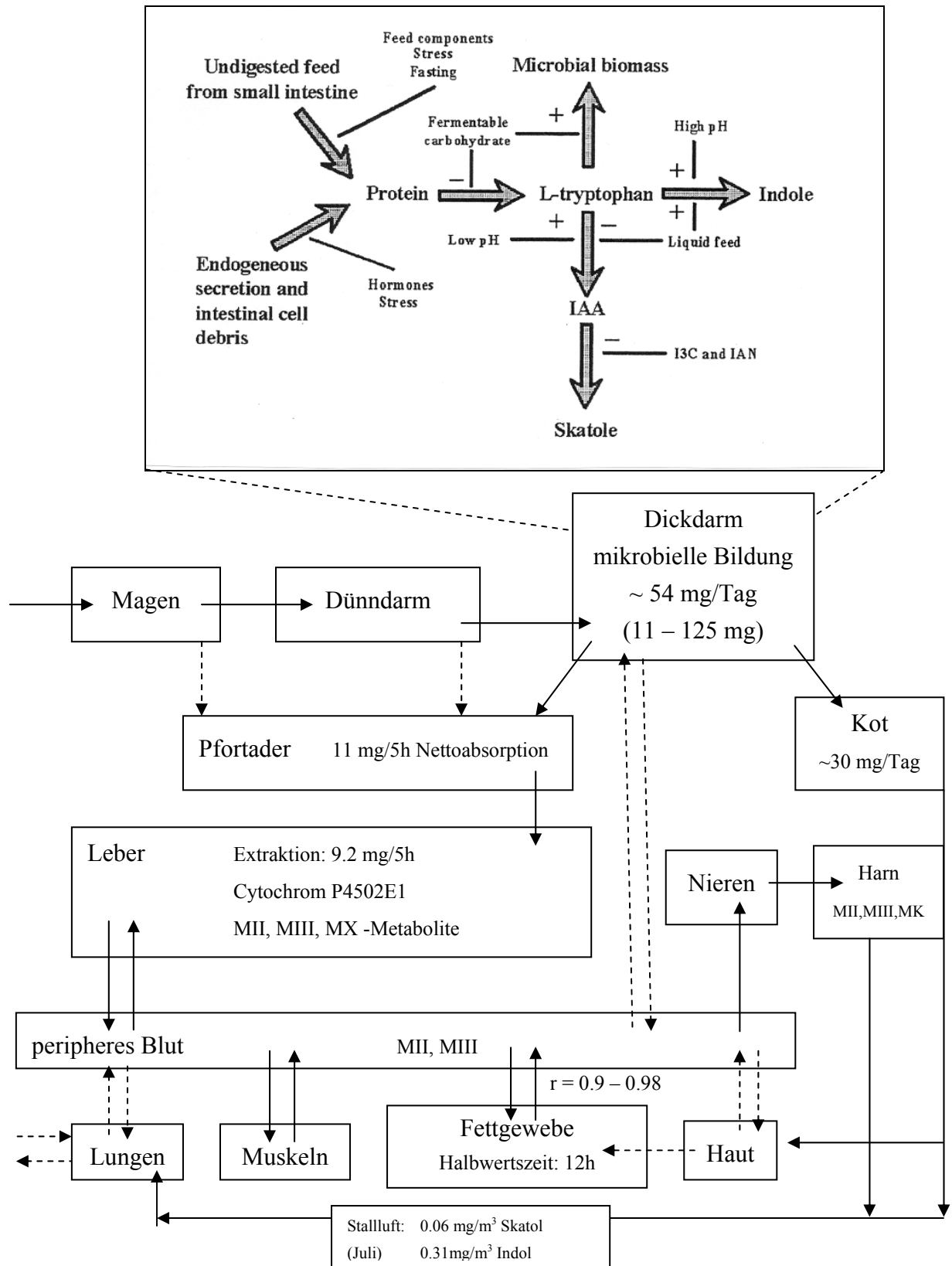
Aus Infusionsversuchen kann abgeleitet werden, dass die Absorption in die Pfortader über passive Diffusion und die Leberextraktion bei einer Halbwertszeit von 1 h (Agergaard und Laue, 1998; Friis, 1993) rasch und effizient abläuft. Die beobachteten individuellen Streuungen sind gross. Die Leberclearance verläuft in zwei Phasen: der Oxidation von Skatol unter Beteiligung des Cytochroms P4502E1 und anschliessende Konjugationsreaktionen, die von Sulfotransferasen und Glucuronidasen katalysiert werden. Von den möglichen Metaboliten wurden 6-Sulfatoxyskatol (MII), 3-Hydroxy-3-methyloxindol (MIII) und 3-[(N-Acetylcystein-S-yl)methyl]indol (MX) chemisch charakterisiert. Im Blut konnten MII und MIII und im Harn MII, MIII und vor allem MX nachgewiesen werden (Bæk *et al.*, 1997). Insbesondere die MII-Bildung und das Verhältnis zu MIII konnten mit tiefen Fettskatolgehalten in Beziehung gebracht werden (Bæk *et al.*, 1997; Hansen *et al.*, 1997; Babol *et al.*, 1998a,b). Das Ausmass der MII-Bildung scheint über die beteiligten Enzyme genetisch kontrolliert (Babol *et al.*, 1998a,b) und über anabole Steroide beeinflusst zu werden. Babol *et al.* (1999) konnten eine negative Korrelation zwischen Estronsulfat (Oestrogen) und der pro-MII Sulfierung berechnen. Der Enzym polymorphismus bietet Hand für züchterische Zwecke. Umfangreiche Routineanalysen des Skatolgehaltes im Fett belegen Rassenunterschiede mit geschätzten Heritabilitäten von 0.19 – 0.27 (Pedersen, 1998). Gegenüber Large White, Duroc und Hampshire (0.6 – 0.7 µg/g) weisen Junge der dän. Landrasse mit 0.12 µg/g die höchsten Gehalte auf.

Das Ausmass der mikrobiellen Skatolbildung unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren. Im Zentrum steht die in den Dickdarm fliessende Menge an verfügbarem Tryptophan (Abb. 9). Auf dieser Tatsache gründet der im Vergleich zu Androstenon ungleich höhere Fütterungseinfluss und damit Eingreifmöglichkeiten. Die Tryptophanmenge wird aus zwei Quellen gespeist:

aus dem Dünndarm abfliessendes, unverdautes Futterprotein

endogene, proteinhaltige Darmabschilferungen (Zelldebris)

Aus der ersten Quelle leitet sich die Empfehlung ab, Proteinträger mit hoher ilealer Verdaulichkeit einzusetzen. Die Darmabschilferungen ihrerseits stehen unter hormonalem Einfluss. Claus und Mitarbeiter (1994, 1996) sehen darin den Anknüpfungspunkt zwischen Skatolbildung und anabolen Steroiden der Junge.

Abb. 9: Skatolstoffwechsel nach Laue *et al.*, 1998 und Jensen und Jensen, 1998

Die bekanntlich hohe Turnoverrate der Darmmucosa (Zellteilung und Zelldebris) ist mit der GH-IGF-1 Achse verbunden. IGF-1 stimuliert die Zellteilungsrate. Eine gesteigerte Zellproliferation wird durch erhöhte Darmabschilferungen kompensiert, was unter Kontrolle der Glucocorticoide steht. Bei einem stallgefütterten Wildschweinkeiler verliefen die IGF-1- und Blutskatolwerte im Jahresverlauf auffallend parallel mit hohen Werten während der anabolen Sommerphase (Claus, 1993). Die Energiekonzentration des Futters nimmt Einfluss auf die IGF-1-Sekretion. Im Anschluss an eine Energiedefizitphase stiegen bei hoher Energiezufuhr die IGF-1-Werte im Blut sowie die Mitose- und Apoptosisrate um bis Faktor 2. Die entsprechenden Skatolgehalte im Fett nahmen um über 20 % zu (Claus *et al.*, 1996; Raab *et al.*, 1997). Wurde im Hochenergiefutter ein Teil des Proteins durch Bierhefe ersetzt, stiegen die Skatolwerte im Blut und Fett nochmals stark an. Bierhefe ist durch ihren hohen Puringehalt gekennzeichnet, die während der Mitose als Vorläufer der DNA-Synthese die Zellteilungsrate im Darm stimuliert (Raab *et al.*, 1997). Der energieabhängige Mechanismus ist wohl auch für die Erhöhung der Skatolkonzentrationen im Fett von 0.131 µg/g auf 0.251 µg/g bei Jungebern verantwortlich, denen ein Futter mit 12.6 MJ UE bzw. 13.8 MJ UE *ad lib.* gefüttert wurde (Neupert *et al.*, 1995).

Die weitere Verwendung des verfügbaren Tryptophans, worum verschiedene Mikroorganismen konkurrieren, hängt von der Art und Menge an fermentierbaren Kohlenhydraten ab. Innerhalb der Dickdarmsegmente herrscht ein Gefälle zwischen Mikroorganismenaktivität (ATP-Bildung und flüchtige Fettsäuren) und Skatolkonzentration des Darminhaltes.

Während die mikrobielle Gärung im Blinddarm am intensivsten abläuft und gegen das distale Kolon abnimmt, steigt die Skatolkonzentration vom Blinddarm gegen das distale Ende von rund 5 mg/kg Darminhalt auf rund 55 mg/kg an. Das heisst, die Skatolproduktion nimmt dort zu, wo die Energie zu einem für das Mikroorganismenwachstum limitierenden Faktor wird (Jensen und Jensen, 1998). Für ein männliches Schwein von 100 kg LG beläuft sich die gesamte im hinteren Verdauungstrakt gebildete Skatolmenge auf rund 54 mg/Tag (11 - 125 mg) mit grossen individuellen Schwankungen. Unter Standard-Fütterungsbedingungen beträgt das Skatol:Indol-Verhältnis der im Darm gebildeten Mengen 1:2 (Agergaard *et al.*, 1998). Der gezielte Einsatz von nicht im Dünndarm verdaulichen Kohlenhydraten fördert das Mikrobewachstum im Dickdarm. Dadurch wird Tryptophan und weitere Aminosäuren in Mikrobenprotein eingebaut, so dass weniger Tryptophan für die Konvertierung in Skatol und Indol zu Verfügung steht. In Frage kommen die Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) der Pflanzenzellwände und Fructooligosaccharide. Dieser postulierte Zusammenhang konnte experimentell bestätigt werden. Die Darmproduktion von Indol und Skatol ist bei einer Zulage von 10 % Zuckerrübenschnitzeln gegenüber Kontrollfutter um mehr als 50 % verringert, sowohl in der Grundproduktion wie auch nach intracaecaler Tryptophaninfusion (Agergaard *et al.*, 1998). Die verringerte

Tryptophankonvertierung und Absorption von Skatol und Indol bewirkt tiefere Gehalte im Fett. So konnte bereits nach einwöchiger Fütterung von Inulin, ein Fructooligosaccharid, der Skatolgehalt im Fett von Ebern um 50 % gesenkt werden (Claus *et al.*, 1994).

Den Einfluss unterschiedlicher NSP- und Proteinqualitäten verschiedener Futtermittel haben Jensen *et al* (1995) und Jensen und Jensen (1998) eingehend untersucht. In einer ersten Arbeit wurde ein Kontrollfutter mit hochverdaulichem Kasein als Proteinträger mit Futter auf Bierhefebasis (frisch, engl. yeast slurry) verglichen, welches mit 20 % Weizenkleie, 20 % Zuckerrübenschnitzel oder 10 % Sojaöl ergänzt wurde. Die bei der Schlachtung in den einzelnen Darmabschnitten gefundenen Skatolkonzentrationen und –mengen verdeutlichen den Futtereinfluss (Abb. 10).

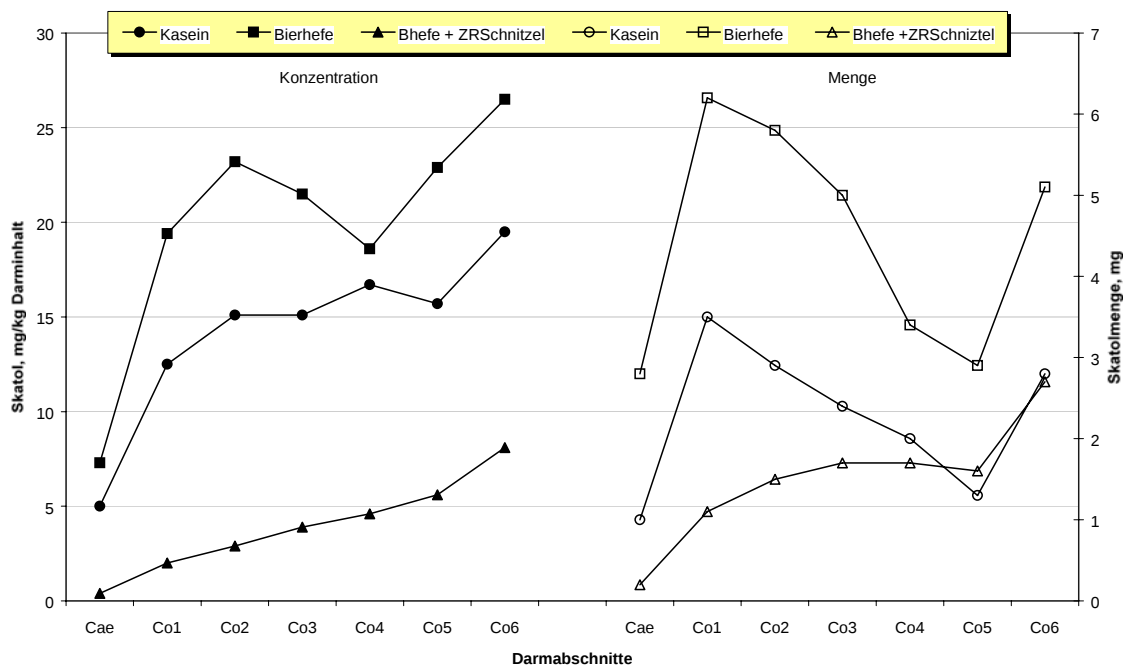


Abb. 10: Einfluss von Futterkomponenten auf die Skatolkonzentration und –menge einzelner Darmabschnitte bei der Schlachtung von Jungebern (nach Jensen *et al.*, 1995)

Die Bierhefe erhöht gegenüber dem Kaseinfutter Konzentration und Menge des Skatols über alle Darmsegmente, was die Purinthese stützen würde. Die Zulage von 20 % Zuckerrübenschnitzel zu Bierhefe verdünnt die Skatolkonzentration aufgrund des umfangreicheren Darminhaltes. Die Gesamtmenge liegt immer noch unter dem Kaseinfutter. Diese Momentaufnahme ist um den Aspekt der Skatolproduktion und der Fetteinlagerung zu ergänzen (Abb. 11). Die Konzentrationsverhältnisse im Darm entsprechen nicht unbedingt den Verhältnissen im Fett. Über alle Rationen korrelieren die beiden Gewebe mit $r = 0.18$. Das Skatolproduktionspotenzial aus *In-vitro*-

Inkubationen von individuell gesammeltem Darminhalt widerspiegelt dabei die Konzentration im Fett in folgender Reihenfolge: Kasein < Bierhefe+ZRSchnitzel < Bierhefe+Weizenkleie < Bierhefe < Bierhefe+Sojaöl. Der im Vergleich zu Kleie grössere Effekt der Zuckerrübenschnitzel wird auf ihren hohen Gehalt an gut fermentierbarem Pektin zurückgeführt. Futterkomponenten mit wesentlichen Anteilen an unverdaulichem Lignin sind als weniger günstig einzustufen.

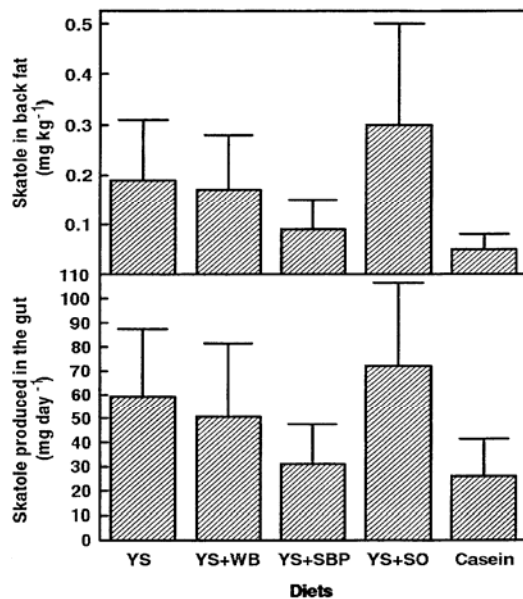


Abb. 11: Einfluss von Bierhefe, Weizenkleie und Zuckerrübenschnitzel auf die Skatolproduktion und -fetteinlagerung (Jensen und Jensen, 1998)

YS = Bierhefe

WB = Weizenkleie

SO = Sojaöl

In einem weiteren Versuch wurden der Einfluss verschiedener Faser- und Energieträger auf den Skatolgehalt im peripheren Blut untersucht (Abb. 12). Wegen sehr engen Beziehungen zwischen peripheren Blut- und Fettwerten genügen

Blutanalysen, um Rückschlüsse auf die Fetteinlagerung zu ziehen. Das Kontrollfutter bestand diesmal aus Gerste/Sojakuchen, das je mit 10 % Zuckerrübenschnitzel (SBP), Kokosnusskuchen (CC), Palmkernkuchen (PC), Lupinen (Lup), Gerstenschälmehl (BHM), Fructooligosacchariden (FOS) und roher Kartoffelstärke (PS) ergänzt wurde.

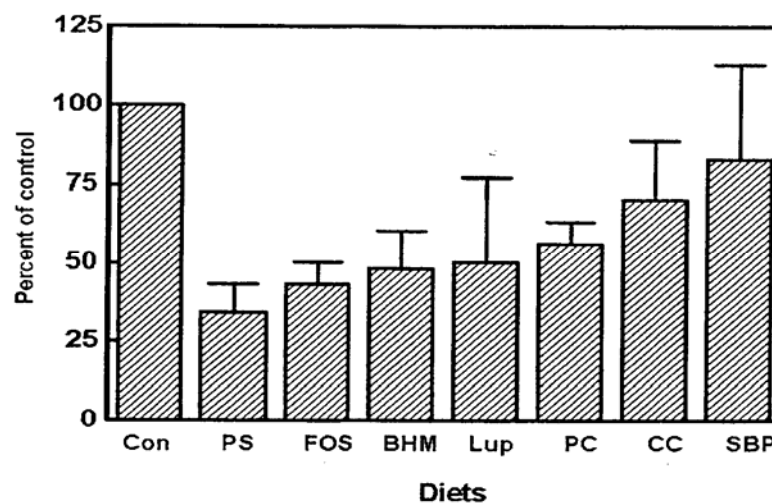


Abb. 12: Einfluss verschiedener Faserträger auf die Skatolkonzentration im Blut in % der Kontrolle (Jensen und Jensen, 1998)

Alle Zulagen bewirkten eine Reduktion, am ausgeprägtesten rohe Kartoffelstärke und Fructooligosaccharide, wobei mit Zuckerrübenschnitzel bei dieser Kontrollration ein geringerer Effekt erzielt wurde. In dänische Praxiserhebungen konnte bestätigt werden, dass durch den Einsatz von Zuckerrübenschnitzel (10 %) in Problembetrieben mit hohem Skatolgehalt eine Verbesserung herbeigeführt wird. (Kjeldsen und Udesen, 1998). Hingegen bei insgesamt tiefem Skatolgehalt schneidet Stroh besser ab als Rübenschnitzel, wobei der Effekt der Rationsanteile (tief, mittel, hoch) nicht signifikant ausfällt. (Wiseman *et al.*, 1999) und bei 40 % Rübenschnitzelanteil erhöhte sich zwar der Indol- und Skatolausstoss via Kot nicht aber der Skatolgehalt im Fett (Hawe *et al.*, 1992). Es scheint, dass der Skatolgehalt nicht unter eine minimale Konzentration gedrückt werden kann. In der Arbeit von Van Oeckel *et al* (1998) konnte der Einfluss von verwendeten Faserträgern in isokalorisch und isonitrogenen Rationen auf den Skatolgehalt statistisch nicht abgesichert werden, aber auffallend hohe Standardabweichungen sind in der Weizenkleie- und Sojaschalenration aufgetreten. Folgende Werte wurden gemessen: Kontrolle = 65 ± 69 ng Skatol/g Fett; Zuckerrübenschnitzel = 37 ± 54 ng/g; Weizenkleie = 126 ± 182 ng/g; Sojaschalen = 55 ± 108 ng/g. Faserträger wirken auch indirekt auf die Verhältnisse im hinteren Verdauungstrakt über ihre Quellfähigkeit und Beeinflussung der Passagerate, was einen Verdünnungseffekt und höheren Korausstoss verursacht.

Der relative Anteil der Skatol- und Indolbildung aus Tryptophan ist pH-Wert-abhängig. Bei pH 6.5 wird 40 % zu Skatol und 60 % zu Indol konvertiert, während bei pH 8.0 15 % Skatol bei stark gehemmter Produktion und 85 % Indol gebildet werden. Im sauren Bereich übersteigt die Skatolproduktion die Indolproduktion (Jensen und Jensen, 1993). Durch die Verfütterung von Bikarbonat eine Woche vor der Schlachtung kann dieser Umstand zur Verringerung des Skatolgehaltes ausgenutzt werden (Claus *et al.*, 1994).

Ebenfalls eine Verschiebung im relativen Beitrag der Indolproduktion und -absorption wird durch die Flüssigfütterung erreicht (Abb. 13). Der Einsatz von fermentiertem Flüssigfutter verändert die Mikroorganismenpopulation. Die Laktobazillen, coliforme Bakterien und Hefen nehmen ab. Parallel dazu sinkt die Skatolproduktion, während die Indolbildung steigt, das vermehrt in der Pfortader erscheint. In der Folge werden im Rückenfett verminderte Skatoläquivalente gemessen (Jensen *et al.*, 1998). Dies belegen auch Praxisversuche, in denen der Skatolgehalt (Photometer) von 0.23 µg/g bei Trockenfütterung auf 0.14 µg/g bei Flüssigfütterung gesenkt werden konnte (Kjeldsen und Udesen, 1998). Die Verwendung von Schotte anstelle von Wasser hat sich in einem umfangreichen schwedischen Versuch vorteilhaft auf die Skatolgehalte im Fett, d.h. Verringerung, ausgewirkt (Andersson *et al.*, 1997).

Eine letzte Fütterungsmassnahme zur kurzfristigen Unterbindung der mikrobiellen Skatol- und Indolbildung besteht in einem 12-stündigen Futterentzug vor der Schlachtung, unabhängig davon, ob während der Mast rationiert oder *ad lib.* gefüttert wurde (Kjeldsen und Udesen, 1998). Hier kommt die kurze Halbwertszeit in der Leber und im Fettgewebe zum tragen.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Fütterung von antimikrobiellen Wachstumsförderern die Skatolbildung ebenfalls hemmen. Da diese Strategie nicht mehr praxisrelevant ist, wird nicht näher darauf eingegangen.

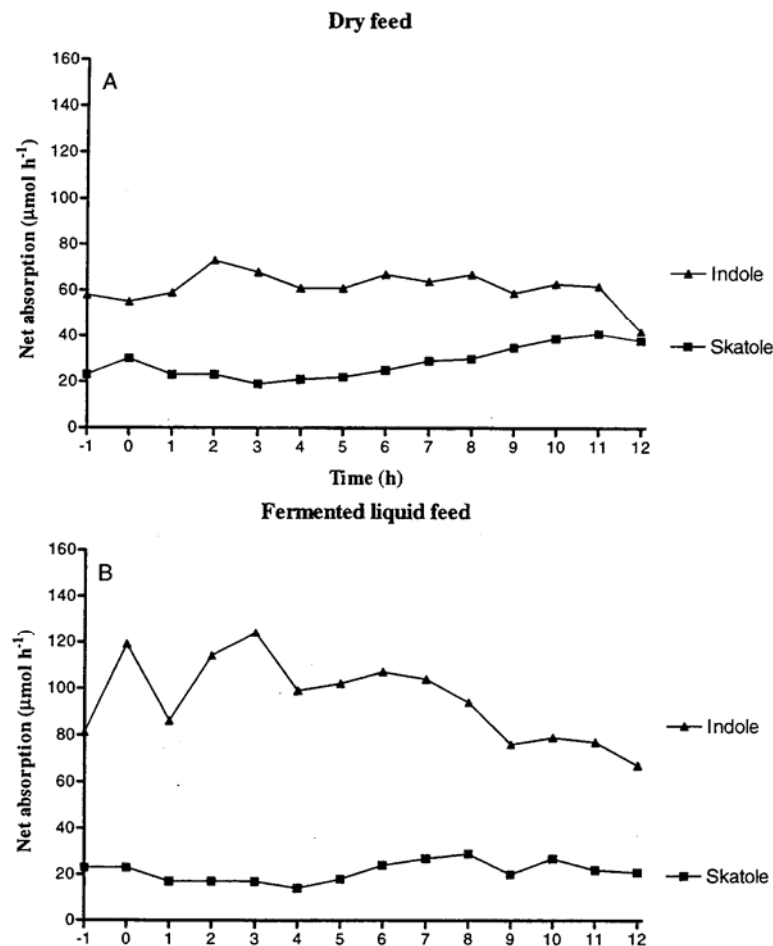


Abb. 13: Einfluss der Flüssigfütterung auf die Skatol- und Indolabsorption (Jensen *et al.*, 1998)

Neben Fütterungsmassnahmen modifizieren einige Umweltfaktoren das Ausmass der Skatoleinlagerung ins Fettgewebe (Abb. 9). Dazu gehört die Stallhygiene, die durch den Bodentyp, Anordnung der Tränkenippel, Lüftungsrate, Platzangebot und Reinigungsroutine beeinflusst wird. In mehreren Untersuchungen haben Hansen und Mitarbeiter (1994, 1995, 1997) den Verschmutzungsgrad der Schweine mit Kot und Harn über Besatzdichte und Bodentyp (Betonboden, Vollspaltenboden) gesteuert. Sie konnten belegen, dass ein hoher Verschmutzungsgrad als zusätzliche Skatol- und Indolquelle eine vermehrte und geschlechtsunabhängige Fetteinlagerung bewirken (Abb. 14, 15) und auch im Blut nachweisbar sind. Die Aufnahme erfolgt über die Lungen und Haut, die gerade im Bauchbereich aufnahmefähig ist, wie mit radioaktiv markiertem Skatol gezeigt werden konnte (Friis, 1993 zitiert bei Hansen *et al.*, 1994).

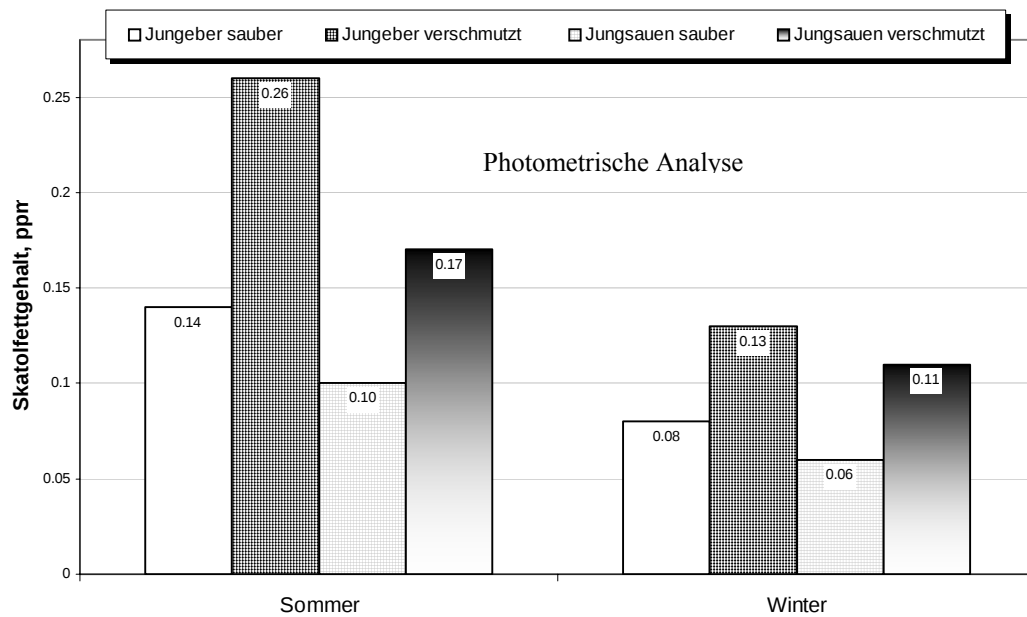


Abb. 14: Fettskatolgehalt von sauberen und verschmutzten Schweinen (Hansen *et al.*, 1994)

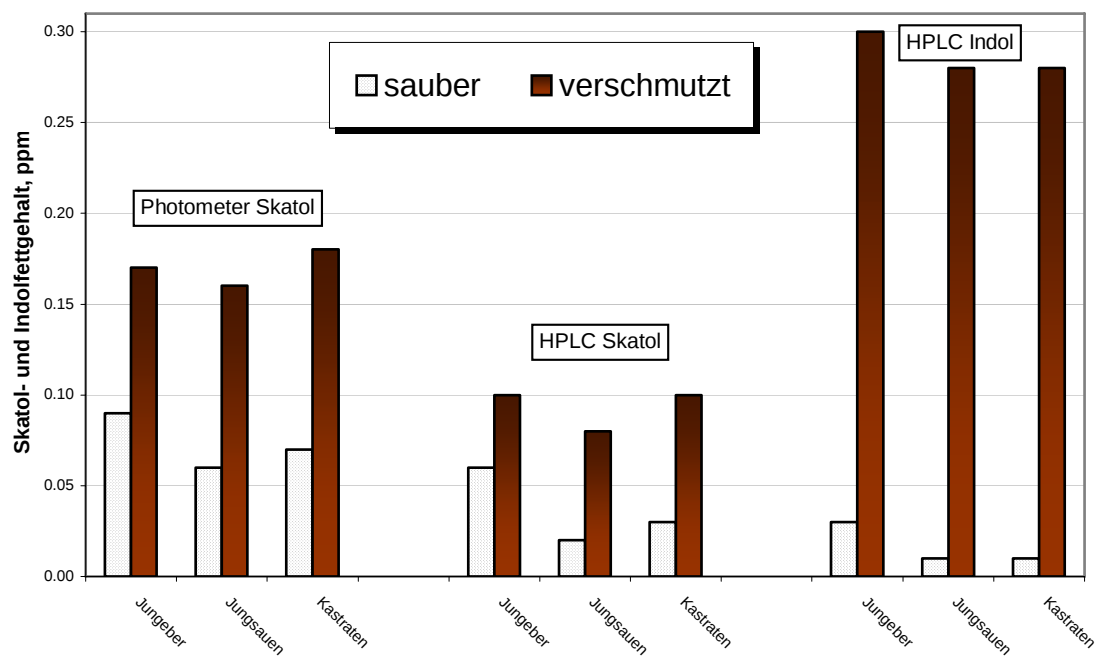


Abb. 15: Photometrische und chromatografische Skatol- und Indolgehalte im Fett im Sommer von sauberen und verschmutzten Schweinen (Hansen *et al.*, 1997)

Der Effekt der Verschmutzung ist im Sommer grösser als im Winter (Abb. 14), obwohl die Tiere im Winter dem gleichen Exkrementendruck ausgesetzt waren. Die höheren Sommertemperaturen bewirken eine gesteigerte Skatol- und Indolbildung auch im Kot-Harnmisch des Stallbodens (Hansen *et al.*, 1997), die als flüchtige Verbindungen in gasförmige Form übergehen und in der Stallluft gemessen werden können: 0.06 mg Skatol/m³ und 0.31 mg Indol/m³ (Hansen *et al.*, 1994). Ebenso ist eine bessere Durchblutung der äusseren Hautschichten und somit eine erhöhte Absorption durch die Haut zu erwarten. Dies könnten die Gründe dafür sein, warum gerade im Sommer die Indolkonzentrationen bei Verschmutzung markant ansteigen (Abb. 15). Dabei zeigt sich, dass nur die HPLC-Methode eine differenzierte Aussage über den Beitrag des Skatols und Indols erlaubt, während die nicht völlig spezifische photometrische Methode bei hohen Indolanteilen die Geruchsbelastung der Schlachtkörper möglicherweise unterschätzt. Im Übrigen können mit Exkrementen verschmutzte Sauen und Kastraten ebenso hohe Fettkonzentrationen erreichen wie Jungeber (Abb. 15). In den gleichen Arbeiten wurde der Nachweis erbracht, dass selbst kurzfristige Managementmassnahmen die Fettkonzentrationen verändern. Ein Teil der Schweine wurde eine Woche vor der Schlachtung jeweils von sauberer auf verschmutzte oder von verschmutzter auf saubere Haltung gewechselt. Dies genügte, um die Skatol- und Indolwerte zu verschieben (Hansen *et al.*, 1994):

	Skatol µg/g	Skatol µg/g	Indol µg/g
	Photometer	HPLC	HPLC
konstant verschmutzt:	0.19	0.17	0.31
eine Woche verschmutzt:	0.15	0.16	0.16
konstant sauber:	0.09	0.04	0.01
eine Woche sauber:	0.10	0.06	0.02

Der Vollspaltenboden minimiert den direkten Kot- und Harnkontakt, ist aber als tierunfreundliche Haltungsform nicht mehr zugelassen. Bei andern Bodentypen sollte insbesondere im Sommer auf eine gute Lüftung und peinlicher Sauberkeit mindestens eine Woche vor der Schlachtung geachtet werden. Ein weiterer, erstaunlicher Befund ist das beobachtete Konzentrationsgefälle von der Rückenfettinnenschicht zur Rückenfettaussenschicht und dies bei Jungebern wie Jungsauen und unter sauberen wie verschmutzten Bedingungen (Hansen *et al.*, 1995). Bei sensorischen Fragestellungen könnte das von Bedeutung sein. Da sich Indol und Skatol muskelseitig vermehrt anreichern, dürfte ein simples Wegschneiden der Speckaussenschicht nicht ausreichen.

Aus den physiologischen Zusammenhängen ergibt sich ein insgesamt grosser Spielraum, um die problematische Fetteinlagerung von Skatol und Indol wirksam zu reduzieren. Ob die Fütterungs- und Haltungsmassnahmen genügen, um im

genusstauglichen Bereich zu bleiben, entscheiden natürlich die Geruchsschwellen und Toleranzwerte (Tab. 7).

Tab. 7: Wahrnehmung, Geruchs- und Toleranzschwellen von Skatol und Indol

					Referenz	
Geruchsprofil Skatol (Indol): fäkal***, muffig, bitter, Mottenkugeln, abnormal					Lundström <i>et al.</i> , 1988 Annor-Frempong, 1997 Dijksterhuis <i>et al.</i> , 2000	
Wahrnehmung						
	sehr stark	stark	mittel	schwach	keine (Anosmie)	Weiler <i>et al.</i> , 1997
Skatol	21.3 %	36.9 %	30.3 %	10.7 %	0.8 %	
	Einstufung unangenehm: 98.2 %					
Indol	1.7 %	3.3 %	17.4 %	50.4 %	27.2 %	
	Einstufung unangenehm: 37.0 %					
Geruchsschwellen						
	Skatol		Indol	Methode	Annor-Frempong <i>et al.</i> , 1997 I	
Mittel Bereich	0.026 µg/g 0.008 - 0.06 µg/g			Reinsubstanz in Öl, 10 Jungmitglieder		
			0.5 µg/g	Reinsubstanz in Öl (1 Stufe!), 10 Jungmitglieder Unterscheidung von Kontrollproben	Annor-Frempong <i>et al.</i> , 1997 II	
Mittel	0.10 µg/g			Reinsubstanz im Fett Jury	Garcia-Regueiro und Diaz, 1989	
	0.005 µg/ml	0.25 µg/ml		Reinsubstanz in Wasser Dreieckstest sign	Moss <i>et al.</i> , 1993	
	0.08 µg/g			Fleisch/Fettgemisch Dreieckstest sign.		
Toleranzwerte						
Skatol		Analytik		Sensorik	Mortensen und Sørensen, 1984	
0.25 µg/g Fett		Spektrophotometer		Bauchspeck: 0=kein Ebergeruch 1=leichter Ebergeruch 2=Ebergeruch 3=starker Ebergeruch Grenze bei Note 2.5 gezogen Jury		
0.20 /g Fett		Spektrophotometer		Rückenspeck: 1=kein Geruch 9=sehr starker Geruch Grenze bei Note > 4 Jury		
Skatol µg	<0.09	0.10-0.19	0.2-0.24	>0.3	Berg <i>et al.</i> , 1993	
Anteil Tiere mit Note > 4	6 %	10 %	40 %	80 %		

Die für die Beschreibung des Skatolgeruches am häufigsten verwendeten Begriffe sind: fäkal***, Mottenkugeln, muffig, bitter, abnormal. Skatol wird von über 99 % der Personen wahrgenommen, während für Indol die schwachen und anosmischen Wahrnehmungsklassen vorherrschen. Die Skatol-sensitiven Personen (sehr stark – mittlere Wahrnehmung) stufen den Skatolgeruch zu 98.2 % als unangenehm ein. Hingegen die Indol sensitiven Personen empfinden den Indolgeruch nur zu 37 % als unangenehm (Weiler *et al.*, 1997; Tab. 7). Dies unterscheidet Indol von Androstenon, bei dem das Wahrnehmungsvermögen die Geruchsempfindung sehr stark beeinflusst (Abb. 2). Die Geruchsschwelle für Skatol variiert je nach Methode zwischen 0.005 und 0.1 µg/g, die wesentlich tiefer liegt als für Indol. Indol konnte ab 0.25 µg/ml von 50 % der Personen von Kontrollproben (Dreieckstest) unterschieden werden (Moss *et al.*, 1993), das heisst, im Einzelfall können die Schwellen auch tiefer sein. Schon die Geruchsschwellen sind eine Frage der Definition und die Festlegung von Toleranzwerten ist erst recht eine Ermessensfrage: welche Geruchsnote wird als akzeptabel eingestuft, wie verteilen sich die Notenklassen in den einzelnen Analysenklassen und wer nimmt die sensorische Beurteilung vor? Es liegt in der Natur der Sache, dass wie bei Androstenon fließende Übergänge vorliegen. Als Toleranzwert für Skatol (Photometer) wird ein Bereich von 0.20 – 0.25 µg/g Fett angegeben (Mortensen und Sørensen, 1984; Berg *et al.*, 1993). Wird die Häufigkeitsverteilung von 100'000 dänischen Jungebern unterstellt (Abb. 8), dann übersteigen nur 6.8 % der Tiere den Toleranzwert von 0.2 µg/g. Dem Indol wird eine untergeordnete Bedeutung beigemessen. Zum einen ist die photometrische Erfassung des Skatols nicht völlig spezifisch: ein Teil des Indols wird miterfasst (Hansen-Møller und Andersen, 1994). Zum andern liegt die Geruchsschwelle höher, der Geruch wird als weniger unangenehm empfunden, die Konzentration ist in der Regel tiefer als Skatol (Tab. 6) und im Mittel weit unter der Geruchsschwelle. Bei einem umfangreicheren Datenmaterial von 1162 zufällig aus der Schlachtkette ausgewählten Jungebern wurde ein durchschnittlicher Indolgehalt in Rückenfett von 0.027 µg/g (min. <0.03; max. 0.716) gemessen gegenüber 0.078 µg Skatol (min. <0.03; max. 1.9; Hansen-Møller und Andersen, 1994). Trotzdem bewirkte der Einbezug des Indols in Regressionsgleichungen eine Verbesserung der Schätzgenauigkeit (Tab. 8). Es können Situationen auftreten, in denen Indol gegenüber Skatol überwiegt, wie die Versuche mit stark mit Exkrementen verschmutzten Schweinen belegen (Abb. 15).

2.4 Skatol – Androstenon: eine Kontroverse

Die Physiologie von Androstenon und Skatol wurde in den vorangehenden Kapiteln getrennt behandelt. Es ist klar, dass beide Verbindungen in wechselnden Konzentrationen immer gleichzeitig auftreten und oberhalb der jeweiligen Geruchsschwelle beide als unangenehm bis ekelerregend einzuordnen sind. Im Grunde ist es müssig darüber zu streiten, welche der beiden Substanzen nun den grösseren

Beitrag an die Geruchsbelastung leistet. Um eine Vereinfachung der Screening-Methode zu erreichen, wurde genau das versucht. Anhand von Korrelationen und Regressionen lieferte man Argumente für Skatol und/oder Androstenon, was in Tab. 8 zusammengestellt ist. Beide Positionen können mit Versuchen belegt werden. Aber eine Reihe von Faktoren beeinflussen die Wahrnehmung von Geruchs- und Geschmacksfehlern und ihre Zuordnung zu Androstenon (Androstenol) und Skatol (Indol). Es ist von Bedeutung, welches Gewebe wie zubereitet und wie beurteilt wird. Skatol verfügt neben seiner Fettlöslichkeit noch über eine gewisse Wasserlöslichkeit, so dass die Beurteilung von Fettgewebe, Fleisch mit Fettauflage oder reines Fleisch eine andere Abhängigkeit ergibt. Bei letzterem kann Skatol dominieren. Die erreichte Probeninnentemperatur spielt bei flüchtigen Substanzen eine Rolle. So kommen die Dänen Bejerholm und Barton Gade (1993) und Bonneau *et al* (1992) zu anderen Schlussfolgerungen (Abb. 16, Tab. 8).

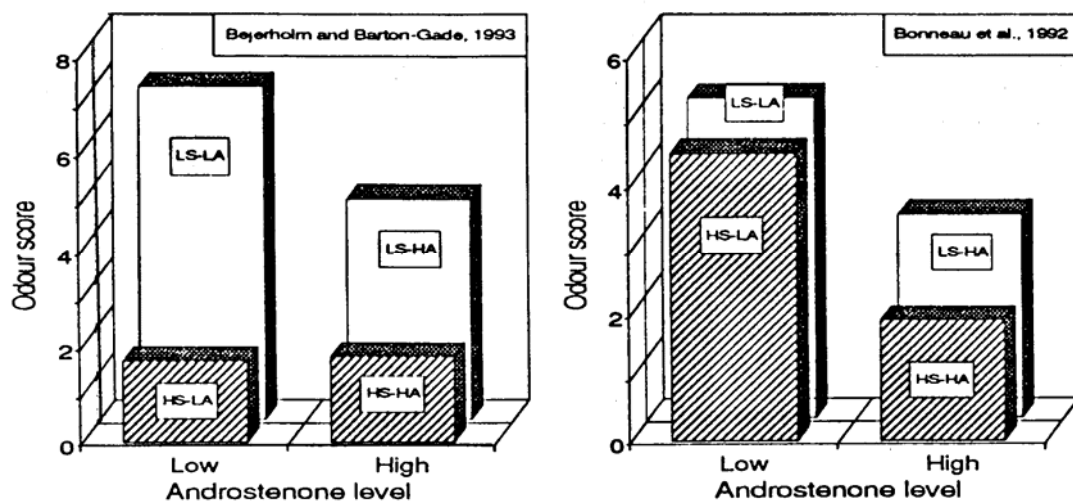


Abb. 16: Geruchsnote in Abhängigkeit der Skatol- (<0.25, >0.25 ppm) und Androstenonklassen (<0.5, >0.5 ppm) nach Bonneau, 1993.

In der dänischen Arbeit wurde reines Muskelfleisch in einer Petrischale auf eine innere Temperatur von 65°C im Mikrowellenofen erwärmt und dann beurteilt. Bonneau *et al* (1992) haben Kotelets mit Fettauflage gegrillt und schon während der Zubereitung den Geruch benotet. Die Note 0 bedeutet bei beiden Arbeiten starker Ebergeruch bzw. schlechter Geruch und die Note 10 kein Ebergeruch bzw. sehr guter Geruch. Die Geruchsnoten sind in Abhängigkeit der Skatolklassen <0.25, >0.25 ppm und Androstenonklassen <0.5, >0.5 ppm dargestellt. Für die dänischen Forscher schien es als erwiesen, dass Skatol die Leitsubstanz für Geruchs- und Geschmacksfehler bei Eberfleisch ist, was in Dänemark durch Verbraucherreaktionen weiter belegt wurde (Godt *et al.*, 1996). Auf dieser Grundlage wurde entschieden, die Screening-Methode auf Skatol abzustützen. Dieser Entscheid missachtet aber einige entscheidende Zusammenhänge (siehe auch Abb. 17, 18).

Tab. 8: Korrelationen zwischen Androstenon, Skatol, Indol und sensorischen Beurteilungen

r	Gewebe	Androstenon	Skatol	Indol	Beurteilung		Bestimmtheitsmass (R ²) Regressionen	Referenz
Ebergeruch	Fett	0.41 - 0.76	-	-	Jury			Übersicht von Bonneau, 1982
Ebergeruch	Fett 150 °C Lötkolben	0.60***	0.53**	0.26*	Jury 10 - 12		And+Ska.=43% And+Ska+AndxSka=49.7%	Lundström <i>et al.</i> , 1980
Ebergeruch 110 kg LG	Fett 150 °C Lötkolben	0.53***	0.65***	Skatoläquivalente	Jury 6		And+Ska=53.8%	Lundström <i>et al.</i> , 1988
Geschmack bitter	Fleisch (L. D.) Ofen 180°C	0.20*	0.68***		Jury 2		And+Ska=45.9%	
	Fleisch (L. D.)	0.28**	0.56***		Jury 2		And+Ska.=32.3%	
	Fleisch (L. D.)	0.25**	0.45**		Jury 2		And+Ska.=21.7%	
Ebergeruch 1=schlecht, 10=gut	Fett (Mikrowelle)	-0.53***	-0.38***		Jury 10		(105 kg LG)	Bonneau <i>et al.</i> , 1992 I, II
Kochgeruch	Kotelett gegrillt	-0.45***	-0.38***		Jury 5			
Geruch	Kochschinken	-0.22 NS	-0.33**		Jury 10			
Geschmack	(kalt)	-0.41***	-0.57***					
Off-odour 0=stark, 10=kein (95 kg LG)	Fleisch (L. D.) Mikrowelle 65 °C	-0.49	-0.68	-0.49	Jury 9		And+Ska=66% And+Ska+Ind=71%	Bejerholm und Barton Gade, 1993
Ebergeruch 1=kein, 9= stark	Bauchspeck	0.42*	0.83**		Jury 8			Andersen <i>et al.</i> , 1993
	Fleisch (L. D.)	0.31	0.77**					
Eber- geschmack 1=kein, 9= stark	Bauchspeck	0.43*	0.85***					
	Fleisch (L. D.)	0.32	0.80***					
abnormaler Geruch	Rückenfett 65 °C	0.52	0.40	0.34	Jury 10		And+Ska+Ind=76%	Annor-Frempong, 1997 III
Ebergeruch 1=kein, 6=stark	Rückenfett 100-150°C Backblech	0.41** Androstenon 0.51** Androstenol Partialkorrelationen			Jury 8		100 – 130 kg LG	Brennan <i>et al.</i> , 1986
Ebergeruch 1=kein, 6=stark	Rückenfett 100°C Backblech	0.13 ns	-0.14 ns		Jury 8		102 kg LG	Judge <i>et al.</i> , 1990
Ebergeruch 1=kein, 6=stark Eber- geschmack 117 kg LG	Fleisch+Fett Mikrowelle 90°C	16-Andro	Skatol	Bulb.Drüse	Jury 8	16-And+Ska=35.2% Ska+BulbDr.=48.9% (Länge)	Babol <i>et al.</i> , 1996	
		0.44**	0.46**	0.60**				
		0.40*	0.36*	0.49**				
		16-Androstene Speicheldrüse/Geruch: 0.53***						
Geschmack -3 = dislike, +3 = like	Fleisch mit Fett (L. T, L. L) 80°C Ofen	-0.32 ns -0.50* -0.24 ns	-0.58** -0.51* -0.56**	alle Konsumenten Sensitive nicht Sensitive			Weilet <i>et al.</i> , 1997	
abnormaler Geruch 90 kg LG	Fleisch (L. D.) gekocht	0.40	0.60	0.23	Jury		Analysen log- transformiert	Cameron <i>et al.</i> , 2000

Bei sensorischen Untersuchungen ist der Faktor Mensch nicht zu vergessen. Es kommt immer wieder vor, dass Jurymitglieder Reinsubstanzen in ihrer Intensität auseinanderhalten können, aber dann bei komplexen Gerüchen in Gewebeproben unfähig sind, zu differenzieren. Zudem werden Synergismen beobachtet und die Geruchs- und Geschmacksintensität verläuft nicht *a priori* linear zu Konzentrationsänderungen (Annor-Frempong II, III). Die Anosmie für Androstenon verursacht bei undifferenzierter Datenanalyse eine nicht signifikante Korrelation der sensorischen Beurteilung mit dem Androstenongehalt (Weiler *et al.*, 1997; Tab. 8). Werden die sensitiven Konsumenten getrennt ausgewertet, sind Skatol und Androstenon gleichwertig und sign. an Geschmacksfehlern beteiligt.

Bei der rechnerischen Ableitung von Abhängigkeiten ist zu berücksichtigen, über welchen Konzentrationsbereich sich die Proben erstrecken, wie gleichmässig die Konzentrationsklassen belegt sind und ob die schiefe Verteilung über eine Datentransformation korrigiert wird (Cameron *et al.*, 2000). Das Bestimmtheitsmass der multiplen Regressionen zwischen analytischen Messwerten und sensorischer Beurteilung zeigt auf, dass Androstenon und Skatol nicht die ganze Variation erklären können. Der Einbezug des Indols verbessert die Genauigkeit. Einen andern Weg hat Babol *et al.* (1996) beschritten, der die Bulbourethraldrüse als Parameter in die Schätzgleichung einsetzt und zu recht guten Ergebnissen kommt (Tab. 8). Es wurde wiederholt die Vermutung geäussert, dass neben Androstenon die Androstenole zum Geruch beitragen. In der Arbeit von Brennan *et al.* (19986) wird dies bestätigt. Also haben wir es nicht nur mit zwei sondern mit vier geruchsrelevanten Verbindungen zu tun. Ihre Bedeutung wird durch ihre jeweilige Häufigkeitsverteilung relativ zur Geruchs- und Toleranzschwelle und gegenseitigen Korrelationen bestimmt. Unter anderem wurde genau dieser Punkt in Dänemark missachtet, obwohl das aus ihren eigenen Daten hervorgeht (Abb. 17). Zwischen dem Androstenon- und Skatolgehalt im Fett herrscht eine nur lose Beziehung. Die Korrelationen reichen von nicht signifikant bis 0.425 (Lundstöm *et al.*, 1988; Hansen-Møller und Andersen, 1994; Le Denmat *et al.*, 1993; Neupert *et al.*, 1995; Weiler *et al.*, 1995). Die Sortierung nach einer Substanz erfasst die andere nur unzuverlässig. Unglücklich bei der Skatolsortierung ist der Umstand, dass bei der Anwendung des Toleranzwertes 0.25 ppm gemäss Abb. 18 22 % der Tiere mit hohen Androstenongehalten (Gruppe HAbs) als vermeintlich genusstauglich durchgehen, während die Anwendung des Androstenontoleranzwertes von 0.5 ppm nur 1 % der Tiere (Gruppe baHS) falsch beurteilt. Hohe Androstenongehalte bei tiefem Skatolgehalt kommt also recht häufig vor, auch unter dänischen Bedingungen (Abb. 17). Dass der umgekehrte Fall, tiefe Androstenongehalte bei hohem Skatolgehalt selten zutrifft, bestätigen weitere Arbeiten (Weiler *et al.*, 1995; Neupert *et al.*, 1995). Da die Skatolkonzentration erwiesenermassen über Fütterung und Haltung in den tolerierbaren Bereich gedrückt werden kann, ist eine Sortierung nach Androstenon sinnvoller und mit weit weniger Fehlurteilen behaftet. Im Sinne eines hohen Verbraucherschutzes ist der Toleranzwert für Androstenon tief bei 0.5 µg/g Fett anzusetzen. Es werden aber dadurch Schlachtkörper aussortiert, die von anosmischen

Konsumenten nicht als geruchsbelastet wahrgenommen werden. Mit dieser Diskrepanz muss man leben, da man nie zum Voraus weiss, wer das Fleisch konsumiert. In der Arbeit von Xue *et al* (1996) wurde dieser Fehleraspekt quantifiziert.

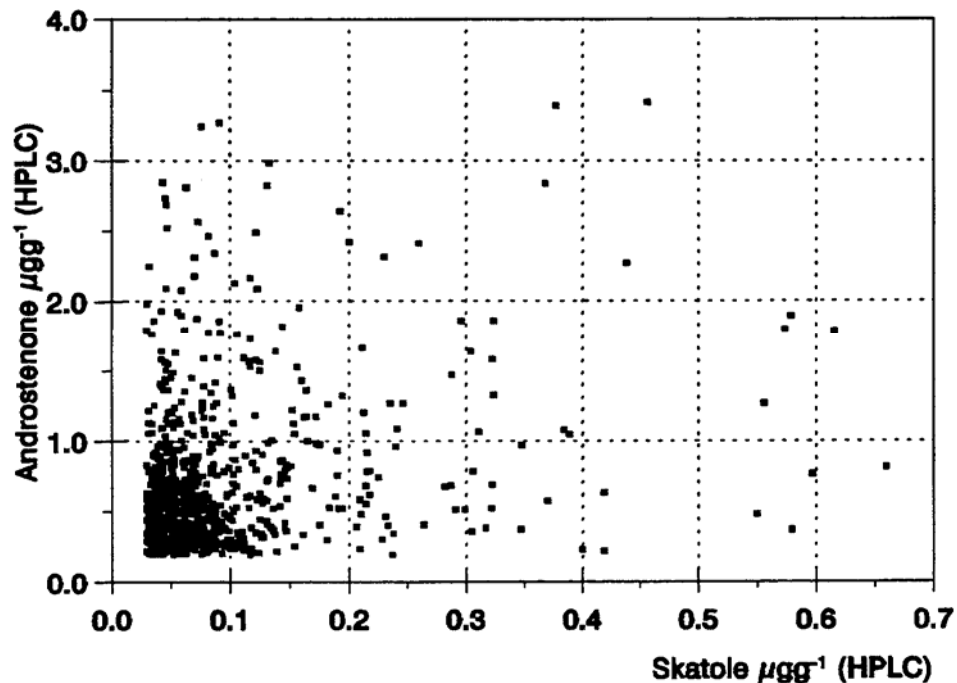


Abb. 17: Parallel erfasste Skatol- und Androstenongehalte von 796 dänischen Jungebern ($r = 0.365$; Hansen-Møller und Andersen, 1994)

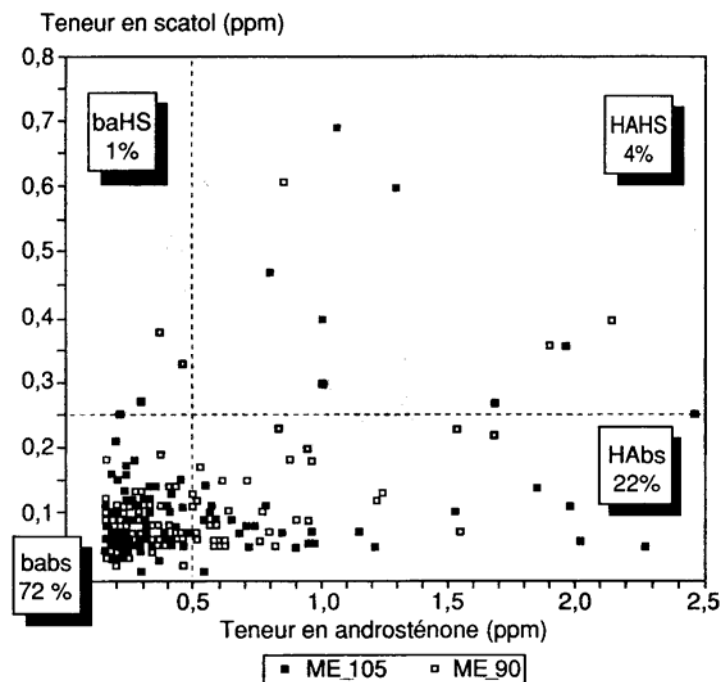


Abb. 18: Parallel erfasste Skatol- und Androstenongehalte von 249 franz. Jungebern bei einem Mastendgewicht von 90 und 105 kg ($r = 0.42$; Le Denmat *et al.*, 1993)

3 Jungebermast in Forschung und Praxis

Das Interesse an der Ebermast hat eine lange Tradition. Die wichtigsten Marksteine der letzten 40 Jahre sollen kurz erläutert werden. Eine erste Übersicht über die Ebermast wurde 1968 geliefert (Wismer-Pedersen, 1968). Die Hauptmotivation damals bestand in der Produktion von fettärmeren Schlachtkörpern. Im gleichen Jahr gelang der Nachweis und Identifizierung des Ebergeruchsstoffes Androstenon (Patterson, 1968).

Die Ebergeruchsproblematik führte 1973 zur Gründung der EAAP Working Group on Production and Utilization of Meat from Entire Male Pigs (Lundström, 1985), deren regelmässigen Proceedingsberichte einen Überblick über den jeweiligen Forschungsstand geben. England (Matthews, 2000; persönliche Mitteilung) und Spanien (Diestre *et al.*, 1990, Garcia-Macias *et al.*, 1996) führen die Jungebermast sukzessive ein, die bis 1985-89 einen Anteil von 90 % erreicht (Malmfors *et al.*, 1990).

1980 wird Skatol in Verbindung mit Geruchsfehlern gebracht (Lundström *et al.*, 1980) und 1984 wird eine einfache, spektrophotometrische Nachweismethode für Skatol vorgestellt (Mortensen und Sørensen, 1984), die in der Folge automatisiert wird. 1988 erfolgt die Veröffentlichung des ELISA-Tests für Androstenon mit anschliessender Weiterentwicklung (Claus *et al.*, 1988; Claus *et al.*, 1997).

Aufgrund von Kosten-Nutzen-Analysen wurde 1989 von den Danish Pig Producers der Entscheid getroffen, die Jungebermast einzuführen und die Schlachtkörper nach Skatol zu sortieren (Sandersen, 1993), bevor entsprechendes Grundlagenwissen erarbeitet worden wäre! Gleichzeitig wird in der EAAP-Arbeitsgruppe der Beschluss gefasst, einen EU-weiten Grossversuch zu lancieren, dessen Finanzierung aber vorerst nicht bewilligt wurde (Bonneau, 1997). 1990 wird in Dänemark ein integrales Forschungsprojekt unter der Federführung des Danish Meat Research Institute mit dem Ziel auf die Beine gestellt, Grundlagen und Praxisempfehlungen auszuarbeiten. Dazu gehört der Aufbau einer Jungebermast-Datenbank. Schwergewicht liegt auf der Skatolphysiologie. Der Abschlussbericht kam 1998 heraus (Skatol and Boar Taint, 1998).

Die Entwicklungen in Europa führen 1988-90 in Kanada ebenfalls zur Bildung einer Arbeitsgruppe mit Vertretern aus Produktion, Verarbeitung und Wissenschaft, um die Machbarkeit der Ebermast abzuklären. Es folgt eine rege Versuchstätigkeit (Fortin, 1993). 1992/93 wird in Deutschland ein Instituts-übergreifender Gemeinschaftsversuch zur Ebermast durchgeführt und auch Frankreich ist aktiv.

1993 markiert den Zeitpunkt der Legalisierung der Ebermast innerhalb der EU durch die Einführung der geänderten EU-Frischfleischrichtlinie, die die umstrittene 80 kg Schlachtgewichtsgrenze enthält (Branscheid, 1995). Im gleichen Jahr (Zufall?) sind alle dänischen Schlachthöfe mit der Skatolanalytik fertig ausgerüstet, die alle

Eberschlachtkörper routinemässig untersuchen. Die Investitionskosten beliefen sich auf 297 Mio. DKK (Udesen, 1998). Die Exportmärkte, insbesondere Deutschland und Frankreich, reagieren mit heftigen Protesten. 1994 wird der ursprüngliche Skatolgrenzwert von 0.25 ppm auf 0.20 ppm gesenkt (SUS 1/1994).

1995/96 kann die EU-Studie 'Rationalization and Harmonization of the European Pig Market with Respect to the Production of Entire Males through an Improved Knowledge of Compounds Responsible for Boar Taint' mit der Beteiligung von Grossbritannien, Dänemark, Spanien, Deutschland, Frankreich, Holland und Schweden durchgeführt werden. Sie sollte Grundlagen liefern, die geltende Frischfleischrichtlinie zu überarbeiten. Die definitiven Schlussberichte wurden 1999/2000 publiziert. Die EU-Kommission hat diesbezüglich noch keinen Entscheid gefällt.

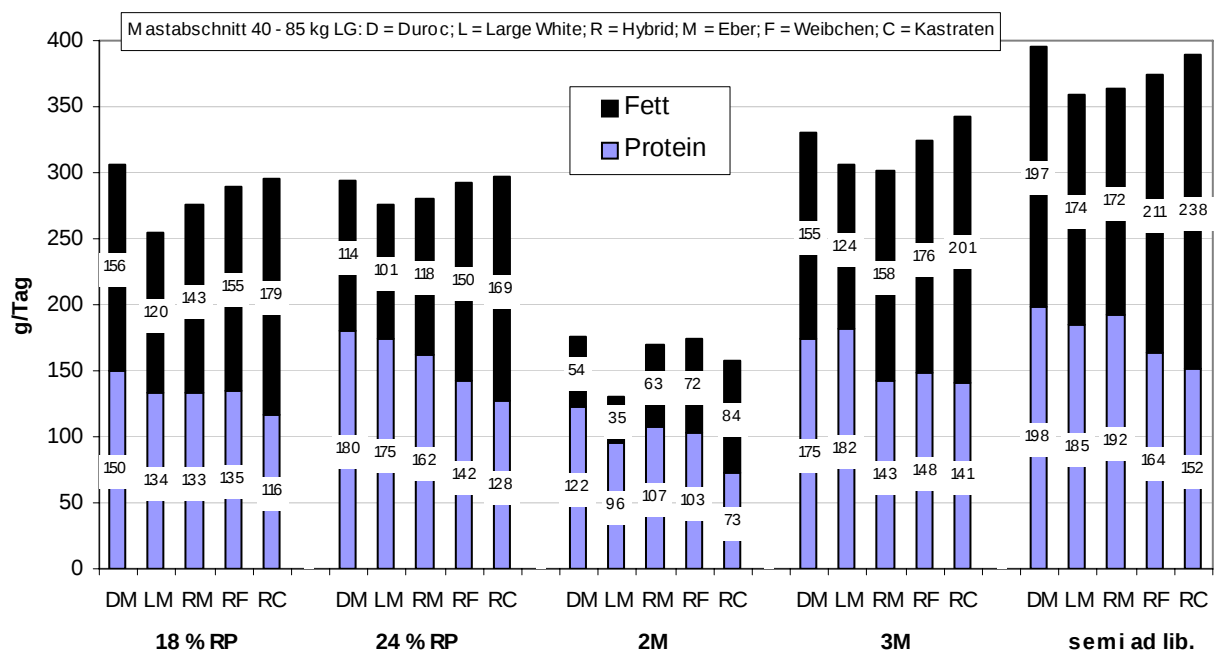
1999/2000 hat in Australien die Immunokastration die Praxisreife erreicht und wird in der Praxis eingesetzt (Hennessy, 2000; persönliche Mitteilung). In Europa/Kanada laufen auf diesem Gebiet etliche Versuche.

Das Anprangern der Ferkelkastration in der Schweiz bewirkt eine Reevaluierung der Jungebermast. Der Tierschutzaspekt wird auch von der EU-Kommission diskutiert.

3.1 Mast- und Schlachtleistung von Jungebern

Die Überlegenheit der intakten männlichen Schweine in den Mast- und Schlachtleistungsparametern ist reichlich dokumentiert und hängt ursächlich mit der Verfügbarkeit einer doppelten Dosis an anabolen Steroiden (Hodenhormone) zusammen: Androgene und Oestrogene, die sich in ihrer Wirkung addieren (Claus und Weiler, 1987; Weiler *et al.*, 1992). Da ihre Konzentration mit eintretender Pubertät ansteigen, können Jungeber insbesondere während der Ausmastphase ihr Fleischansatzvermögen ausschöpfen, während Kastraten früher und zunehmend verfetten. Die Jungsauen nehmen eine Mittelstellung ein. Limitierend für das Wachstumsvermögen kann sich die durch die Hodenhormone gehemmte *ad lib.* Futteraufnahme auswirken (Claus und Weiler, 1987).

Der im Vergleich zu Kastraten durchwegs höhere Proteinansatz bei reduziertem Fettansatz (Fuller *et al.*, 1995; Quiniou *et al.*, 1996a,b; Abb. 19) begründet die systematisch bessere Futterverwertung und N-Verwertung der Jungeber. Unter dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes hat dieser Aspekt in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen und wird als Argument für die Ebermast ins Spiel gebracht. In der Übersichtsarbeit von Ender (1987) ist der *ad lib.* Futterverzehr gegenüber Kastraten um 2.8 – 17.8 % erniedrigt und die Futterverwertung um **3.3 – 23.2 %** verbessert. Die realisierten Zuwachsraten fallen nicht einheitlich aus. Die Unterschiede reichen von **-10 % bis +10 %**. Spätere Versuche belegen die Grössenordnung der Mastüberlegenheit (Squires *et al.*, 1993). In welchem Mass Jungeber ihr Wachstumspotenzial ausschöpfen können, hängt vom Mastendgewicht (Beattie *et al.*, 1998), der Fütterungsintensität (Ender, 1987) und der Proteinversorgung ab (Abb. 19, Abb. 20).



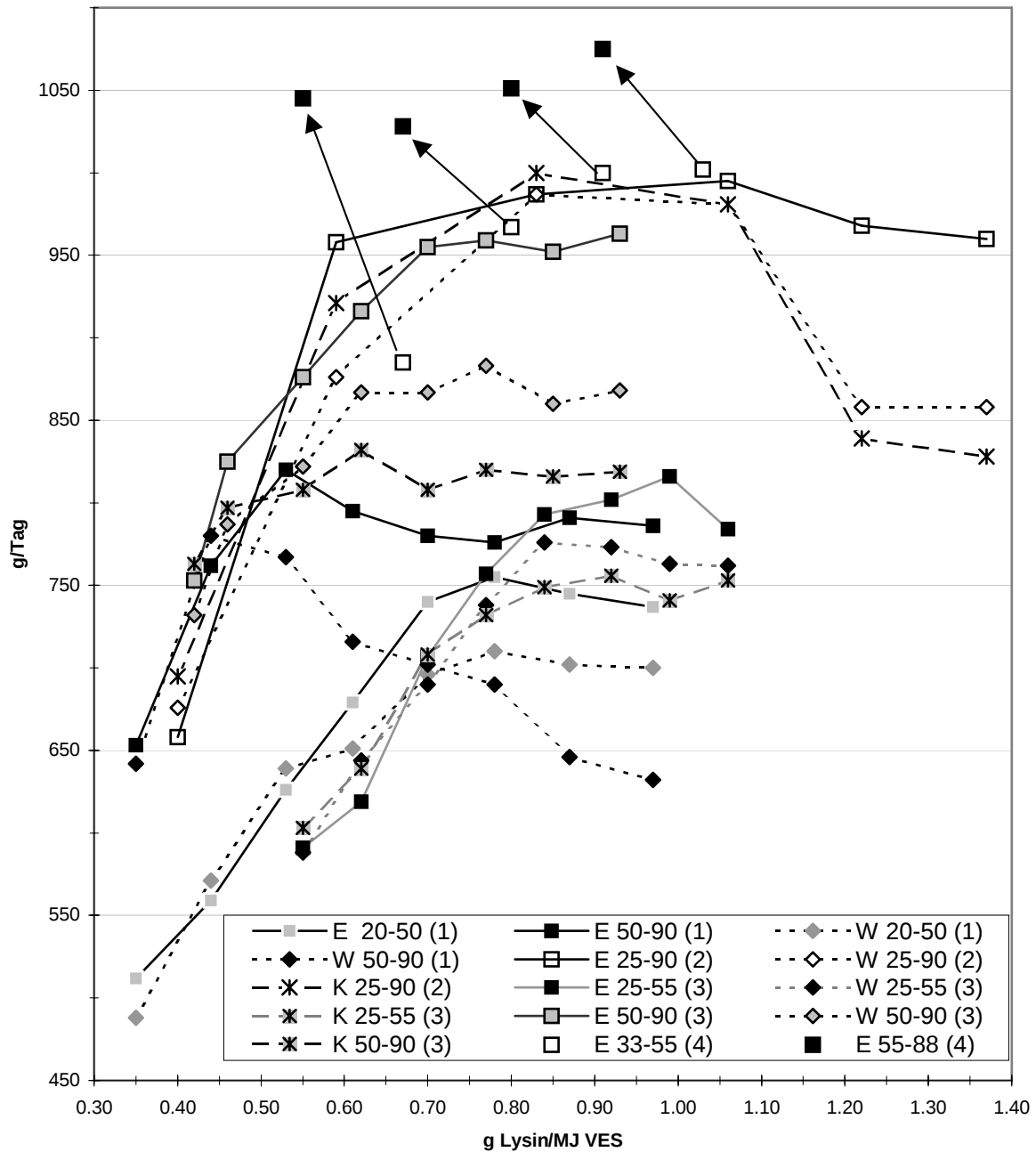
realisierter Tageszuwachs

DM:	880	970	580	1010	1190
LM:	810	960	570	970	1110
RM:	830	900	570	930	1100
RF:	800	820	520	900	1010
RC:	790	790	450	870	1050

Abb. 19: Einfluss von Genotyp, Geschlecht und Fütterung auf den Protein- und Fettansatz (Fuller *et al.*, 1995)

Zwischen tiefer und hoher Proteinstufe steigern Jungeber den Tageszuwachs, hingegen stagniert derjenige der Jungsauen und Kastraten (Fuller *et al.*, 1995; Abb. 19). Bei diesen modernen Genotypen werden Zuwachsraten von über 1000g erreicht. Im Vergleich zu Kastraten wachsen die Jungeber in diesem Versuch um 8.9 bis 17.7 % schneller und haben eine um 11.8 bis 17.6 % bessere Futterverwertung. In den Lysinstufenversuchen (Abb. 20) erreichen die Jungsauen und Kastraten früher ein Wachstumsplateau, in der Ausmast ausgeprägter als in der Jagerphase. Jungeber können ihre Zuwachsraten bis 130 kg LG steigern (Beattie *et al.*, 1998). Aus der geschlechtsabhängig unterschiedlichen Reaktion auf das Lysinangebot leiten Yen *et al.* (1986) und Campbell *et al.* (1988) für Jungeber höhere Bedarfsnormen ab, was eine geschlechtsgetrennte Mast nach sich ziehen würde. Van Lunen und Cole (1996) ziehen aus ihren Stufenversuchen die Schlussfolgerung, dass sich unter 1 g Lysin/MJ VES bei modernen Hybriden keine nach Geschlecht differenzierte Fütterungsnorm rechtfertigt. Sie haben allerdings keine Phasenfütterung angewandt. Die von den Autoren abgeleiteten Fütterungsempfehlungen sind in Tab. 9 zusammengefasst. Für die

modernen, schnell wachsenden Genotypen wird ein hoher Lysinbedarf angegeben. Einschränkend ist zu erwähnen, dass die abgeleiteten Empfehlungen sich in der Regel



(1): Campbell *et al.*, 1988 (rationiert) (2): Van Lunen und Cole, 1996 (semi *ad lib*, Hochzucht)

(3): Yen *et al.*, 1986 (rationiert) (4): Rao und McCracken, 1990 (semi *ad lib*, Phasenfütterung Hochzucht)

Abb. 20: Tageszuwachs in Abhängigkeit des Lysinangebotes, Mastabschnittes und Geschlecht (E, K, W)

Tab. 9: Lysinempfehlungen nach Geschlecht

TZW	Mastperiode	Geschlecht	Fütterung	g Lysin/MJ VES	Referenz
702 745 780 820	20 – 50 kg 50 – 90 kg	Jungsauen Jungeber Jungsauen Jungeber	rationiert	0.71 0.75 0.44 0.51	Campbell <i>et al.</i> , 1988
766 740 800 870 820 960	25 – 55 kg 50 – 90 kg	Jungsauen Kastraten Jungeber Jungsauen Kastraten Jungeber	rationiert	0.79 0.75 0.84 0.62 0.56 0.69	Yen <i>et al.</i> , 1986a,b
1002 1075	33 – 55 kg 55 – 88 kg	Jungeber Jungeber	semi <i>ad lib</i>	1.03 (0.91*) 0.91 (0.80*)	Rao und McCracken, 1990
1000	25 – 90 kg	Jungsauen Jungeber Jungsauen	semi <i>ad lib</i>	0.83 max TZW 0.94 max N- Ansatz	Van Lunen und Cole, 1996

* Werte in Klammern ergeben bessere N-Verwertung bei unwesentlich tieferem TZW.

am maximal erreichten Tageszuwachs orientieren. Überlegungen zur N-Verwertung werden kaum berücksichtigt. Trotz direkter Kontaktaufnahme in den Ebermastländern war es nicht möglich, detaillierte Angaben zu den praxisüblichen Futterzusammensetzungen zu erhalten, obwohl derartige Quellen existieren. Gerade in Dänemark mit gut strukturierter Beratung, Datenerfassung und –ablage in der Ebermastdatenbank ist viel Wissen vorhanden. Ein genaues Bild lässt sich wohl nur vor Ort machen. Einzig für Australien kam die Information (Hennessy, 2000; persönliche Mitteilung), dass im Vormastfutter 20 % und im Ausmastfutter 16 % RP bei 13 – 14 MJ VES üblich sei. Das Konzept des Idealproteins ist allgemein eingeführt (Edwards und Campbell, 1993). Die Lysinversorgung dürfte im Bereich der Empfehlung von Yen *et al.* (1986) liegen. In englischen Versuchen kommt ein Lysingehalt von 0.74 - 0.76/MJ VES im Alleinfutter häufig vor. Die Phasenfütterung scheint neben Alleinfütterung, *ad lib* neben rationiert und gemischtgeschlechtlicher neben eingeschlechtlicher Mast praktiziert zu werden.

Die Schlachtleistungsmerkmale ergeben für Jungeber nicht nur Vorteile. Als Nachteil gilt die 1.5 – 2.5 % (absolut) verringerte Schlachtausbeute (Squires *et al.*, 1993; Babol und Squires, 1995), was hauptsächlich auf die Reproduktionsorgane zurückzuführen ist. Daneben wird von schwereren Nieren und Haut berichtet, die zudem vermehrt durch Kämpfe verursachte Schäden aufweisen kann (Babol und Squires, 1995).

Das bessere Proteinansatzvermögen der Jungeber verändert die Schlachtkörperzusammensetzung zu Gunsten eines höheren Fleisch(Muskel)anteiles und geringeren Fettanteiles (Ender, 1987). Im Vergleich zu Kastraten beträgt der absolute Unterschied im Fleischanteil +3 – +6 % (Squires *et al.*, 1993; Babol und Squires, 1995), was bei Bezahlung nach diesem Merkmal deutliche finanzielle Vorteile bringt. Wird der Fleischanteil auf der Basis einer Schätzung (FOM) ermittelt, werden Eber unterschätzt, da eine andere Muskelverteilung mit Betonung der Vorhand (und Kopf) und Abnahme des Bauches vorliegt (Babol und Squires, 1995; Dobrowolski *et al.*, 1995; Abb. 21).

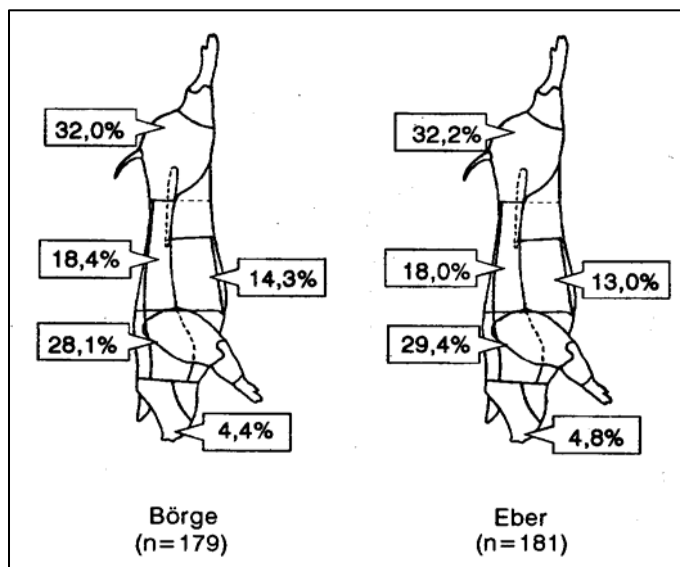


Abb. 21: Anteile (%) der Grossteilstücke am Schlachtkörper von Kastraten und Ebern (Dobrowolski *et al.*, 1995)

Die gleiche Verzerrung betrifft den Fettanteil gleichermassen. Das heisst, dass für Eber eine separate Regressionsgleichung angewendet werden muss. Bei Vollzerlegung wiesen nebenstehende Eber absolut 5.3 % mehr Muskelfleisch, 7.8 % weniger Fettgewebe und 1.2 %

mehr Knochen auf (Abb. 22). Diese grobgeweblichen Relationen gelten auch innerhalb der Teilstücke (Tab. 10).

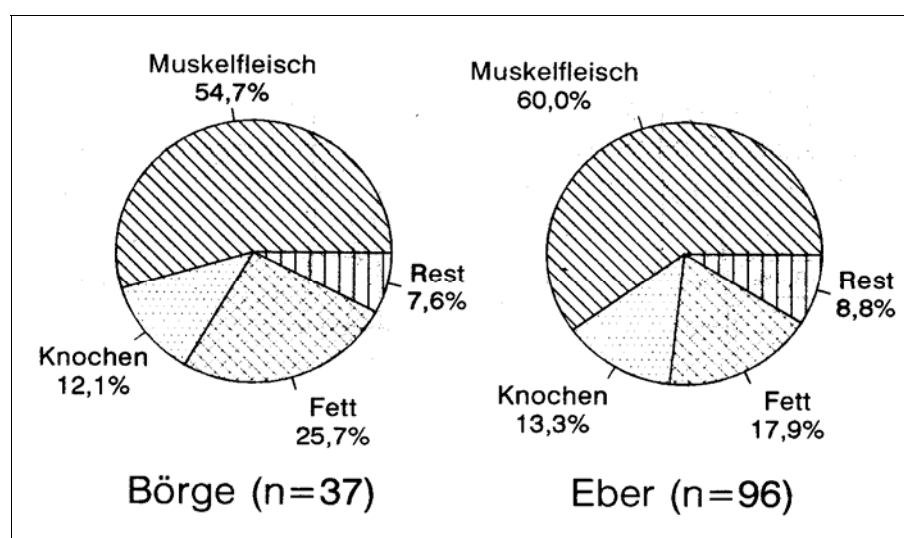


Abb. 22: Gewebeanteile in Schlachtkörpern von Kastraten und Ebern (Dobrowolski *et al.*, 1995)

Tab. 10: Gewebeanteile (%) innerhalb Teilstücke nach DLG-Zuschnitt von Kastraten (n = 27) und Ebern (n = 96) nach Dobrowolski *et al.* (1995)

Teil- stück	BÖRGE						EBER					
	Muskel fleisch		Fett- gewebe		Knochen- gewebe		Muskel fleisch		Fett- gewebe		Knochen- gew.	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Schinken	68,7	4,0	18,6	3,8	7,2	0,8	73,0	2,9	12,9	2,6	7,8	0,8
Kotelett	74,9	2,6	8,2	1,8	12,9	1,4	77,4	2,1	4,8	1,5	13,6	1,4
Kamm	70,3	2,7	14,2	2,4	11,9	1,5	74,4	2,4	9,3	2,0	12,5	1,1
Bug	62,3	3,5	22,4	3,8	8,7	0,8	66,8	3,0	16,5	2,8	9,2	0,7
Bauch	49,9	5,1	37,2	5,7	5,8	0,7	58,8	4,3	25,6	4,7	6,6	0,7

Ein leicht höherer Knochenanteil wird regelmässig beobachtet (Babol *et al.*, 1995). Im weiteren haben Jungeber eine um **3 – 10 mm** dünnere Rückenfettschicht (Ender, 1987; Squires *et al.*, 1993; Van Oeckel *et al.*, 1996). Die Konsequenz des insgesamt geringen Fettgewebeanteils führt zu kritisch tiefen intramuskulären Fettgehalten (ImF, Tab. 11) und damit verbundenen Qualitätsproblemen, wobei die Jungebermast nur eine Situation verschärft, die bereits mit Kastraten und Jungsauen ein problematisches Mass erreicht hat.

3.2 Fleisch - und Fettqualität von Jungebern

Unter dem Gesichtspunkt der Essqualität wird ein **IMF** von 2 – 3 % empfohlen. Die Zucht auf fleischreiche Schweine ist, wie Tab. 11 aufzeigt, über das Ziel hinausgeschossen. Mit der Mast von Jungebern, die zudem früh und unter 100 kg LG geschlachtet werden, kann der IMF auf unter 1 % fallen. Die nordamerikanischen Genotypen liegen auf einem höheren Niveau (Nold *et al.* 1997), wobei der Duroc-Anteil eine Rolle spielen dürfte. In England und Irland wurden in jüngster Zeit Anstrengungen unternommen, das Problem 'overlean' anzugehen. In umfangreichen Versuchen mit 183 bzw. 721 Tieren wurde der Einfluss des Geschlechts, Fütterungsstrategie, Einkreuzung mit Duroc und Erhöhung des Schlachtgewichtes auf die Essqualität untersucht (Beattie *et al.*, 1999; Blanchard *et al.*, 1999a,b,c). Da es in beiden Ländern die Gattung Kastrat nicht gibt, fehlt diese Vergleichsmöglichkeit. Fleisch von Jungebern (IMF 1.37 %) wurde für Zartheit sign. besser benotet als Jungsauenfleisch (IMF 1.28 %). Wie die Arbeit von Blanchard *et al.* (1999) zeigt, können Jungsauen durchaus weniger IMF aufweisen als Jungeber. Bei einer Notenskala von 1 (kein) bis 8 (stark) erscheint die Ebergeruchsnote von 1.47 bei Jungebern und 1.20 bei Jungsauen, die zwar sign. verschieden sind, kaum relevant zu sein. Futter mit tiefem Proteingehalt *ad lib* gefüttert und 50 % Duroc-Anteil haben gleichgerichtet Zartheit und Bevorzugung verbessert. Dies bekräftigt frühere Arbeiten mit der Duroc-Rasse und die positiven Korrelationen

zwischen IMF und Saftigkeit/Zartheit (Übersichtsarbeit Ellis und McKeith, 1993). Beattie *et al* (1999) plädieren für die Erhöhung des Mastendgewichtes.

Tab. 11: Intramuskulärer Fettgehalt des m. L. D. (Kotelett)

%	USA		Dänemark	Frankreich	Deutschland		Belgien	Irland	England
Jungsauen	1.7	3.3	1.34	1.12			1.9 1.6	0.81	1.28
Kastraten	2.8	4.3	1.54	1.40	1.20 1.34		2.3 2.6		
Jungeber	1.5	2.2	1.45	1.12	0.79 0.81		1.9 1.8	0.72	1.37
Rasse	LWxLRxHxD		Y,D, H	LW, LR, P	LW, LR, P		LR Hyb	LWxLR	LWxD
Gewicht kg	100	110	95 kg	102 - 107	95 115		105 110	95 – 130	90 kg
Referenz	Nold <i>et al.</i> , 1997		Barton Gade, 1987	Guéblez <i>et al.</i> , 1993b	Fischer und Weiler, 1995		Van Oeckel <i>et al.</i> , 1996	Beattie <i>et al.</i> , 1999	Blanchard <i>et al.</i> , 1999b

Sind Kastraten als Bezugsbasis dabei, ändert die Beurteilungsreihenfolge. Die instrumentell erfasste Zartheit (Scherkraft) deutet in der Arbeit von Barton Gade (1987) auf zäheres Eberfleisch im Vergleich zu Kastraten und Sauen, was die sensorisch schlechtere Beurteilung der Zartheit und Saftigkeit bei Nold *et al* (1997) bei deutlichen Unterschieden im IMF (Tab. 11) bestätigt. Jeremiah *et al.* (1999) relativiert den Geschlechtseinfluss auf die sensorische Qualität, der zwar für Zartheit (Eber besser) und Saftigkeit (Kastraten besser) nachweisbar ist, aber im Ausmass vom Rasseneinfluss weit übertroffen wird. Der Umfang des Datenmaterials (851 Tiere) stellt die Aussage auf eine solide Grundlage. In der gleichen Arbeit sind die kanadischen Autoren darüber besorgt, dass 21 – 32 % der Fleischproben aufgrund der sensorischen Beurteilung als inakzeptabel eingestuft wurden, was die Schweinefleischqualität generell in Frage stellt.

Geschlechtsunterschiede in den Fleischbeschaffenheitsmerkmalen fallen wiederum gegenüber Rasseneinflüssen vergleichsweise gering aus (Fischer und Weiler, 1995; Guéblez *et al.*, 1993). Jungeber sind nicht PSE-anfälliger als Kastraten. In gewissen Fällen kann dagegen DFD häufiger auftreten (Babol und Squires, 1995). Die Schlachtroutine ist entsprechend sorgfältig zu planen, um langanhaltende Rangkämpfe während des Transports und im Schlachthof zu vermeiden. Der bei Jungebern tiefere Protein- und Wassergehalt im Muskelfleisch als bei Sauen und Kastraten ist für Verarbeitungsware von Bedeutung (Barton Gade, 1987; Guéblez *et al.*, 1993a): grössere Schrumpfungsverluste, geringere Ausbeute (Babol und Squires, 1995).

Ein geringer Fettgewebeanteil beeinträchtigt nicht nur die Essqualität, sondern verursacht auch Fettqualitätsprobleme. Die Mast von Jungebern akzentuiert die Problematik einer allerdings bereits ungünstigen Ausgangslage. Der Fettgehalt im Fettgewebe wird weiter gesenkt, der unter 84 – 90 % als leeres Fettgewebe bezeichnet

wird, und der nochmals höhere Polyensäuregehalt steht für weiche Fettkonsistenz und schnelleres Ranzigwerden (Barton Gade, 1987; Guéblez *et al.*, 1993b). Wie in Abb. 23 dargestellt, sollte von den vollfleischigen Piétrain als Rasse abgesehen werden. Der Fettgehalt des Rückenfettes beträgt für Piétrain-Jungeber bedenkliche 61 %. Die Optimierung des Futters auf tiefen Polyensäuregehalt ist bei Jungebern strikte zu befolgen.

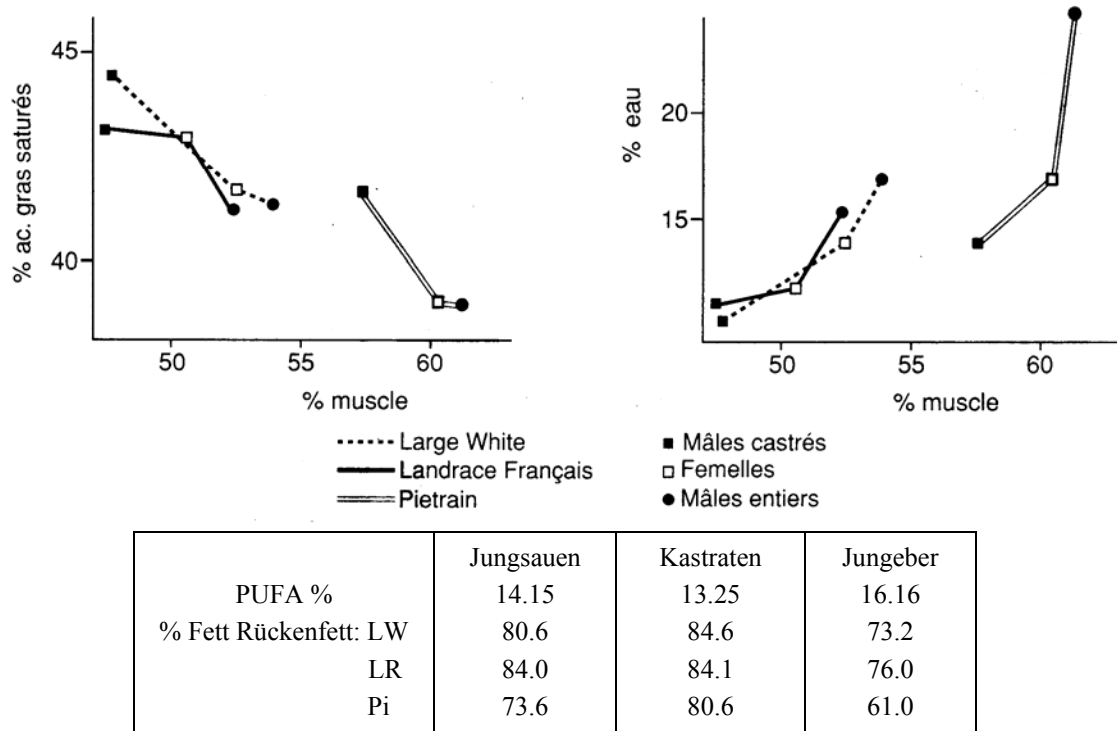


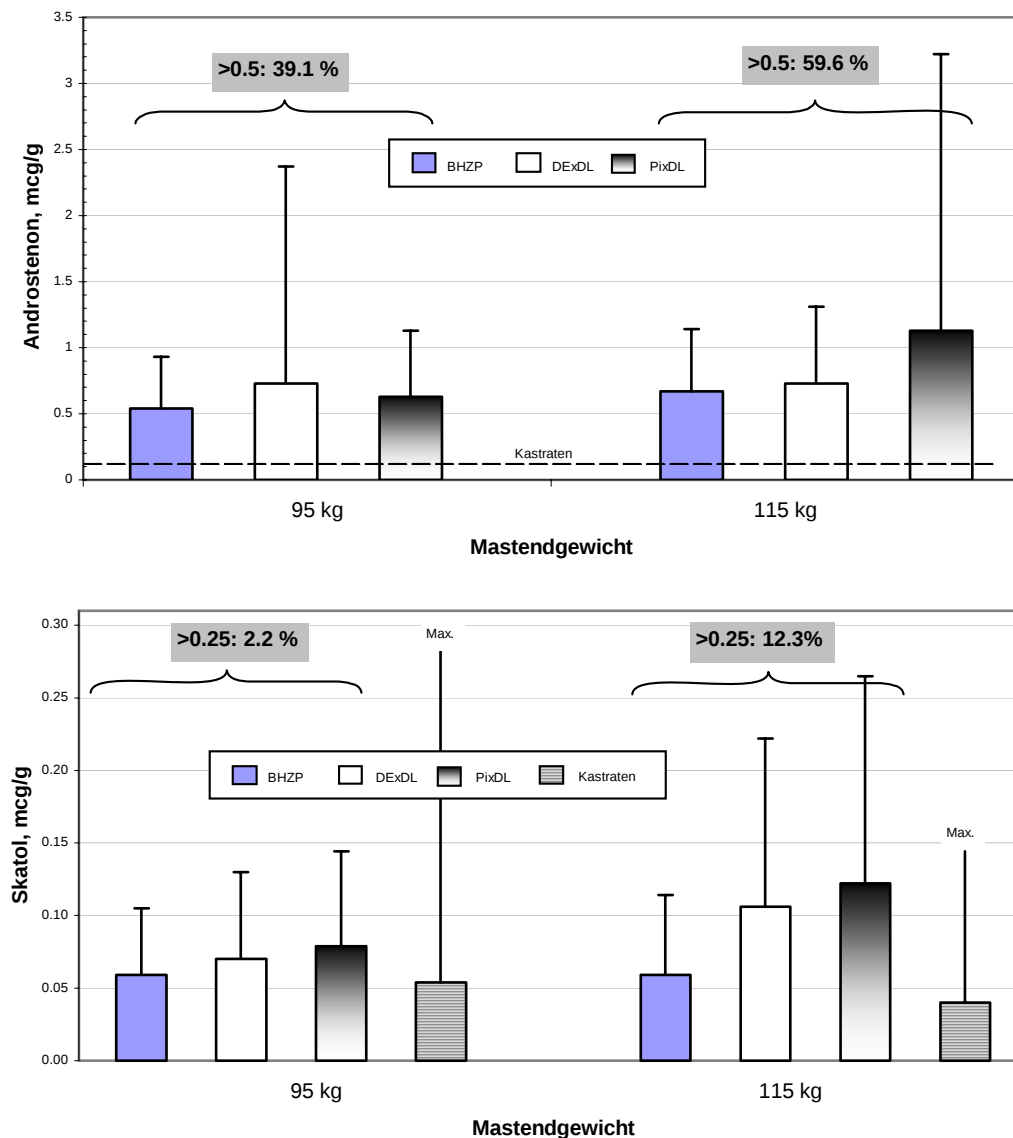
Abb. 23: Einfluss des Muskelanteiles, Geschlechtes und Rasse auf den Anteil gesättigter Fettsäuren und Wassergehalt im Rückenfett (Guéblez *et al.*, 1993b)

3.3 Jungebermast in der EU

Am 29.7.1991 wurde vom Aussenministerrat der EU die "Richtlinie zur Änderung und Neufassung der Richtlinie 64/433/EWG hinsichtlich der Erweiterung ihrer Bestimmungen auf das Gewinnen und Inverkehrbringen von frischem Fleisch" beschlossen, die auf den 1.1.1993 in Kraft trat und über nationales Recht gestellt wurde. Nach dieser Frischfleischrichtlinie wird die Ebermast EU-weit legalisiert. Schweine mit einem Zweihälftengewicht von unter 80 kg werden generell als tauglich erklärt. Damit entfällt jegliche Untersuchungs- und Kennzeichnungspflicht für leichte Jungeber, wie sie in England, Spanien und Dänemark produziert werden, und Handelshemmnisse werden aufgehoben. Fleisch von schwereren Ebern über 80 kg SG wird dann als tauglich angesehen, wenn die zuständigen Länderbehörden durch eine von ihr

anerkannten Methode eine Geruchsabweichung ausschliessen können. (Weiler *et al.*, 1992; Claus, 1993). Diese willkürlich festgelegte Gewichtsgrenze entbehrt jeglicher wissenschaftlicher Grundlage, da sie absolut keine Gewähr für Geruchsfreiheit bieten kann, wie zahlreiche Versuche vor und nach dem Inkrafttreten eindeutig belegen (Bonneau, 1982, 1987; Bonneau *et al.*, 1987; Le Denmat *et al.*, 1993; Neupert *et al.*, 1995; Weiler *et al.*, 1995). Dies wird in Abb. 23 nochmals veranschaulicht.

Abb. 23: Androstenon- und Skatolgehalt im Fett von Jungebern nach Rasse und Mastendgewicht



(Weiler *et al.*, 1995)

Die Daten stammen aus dem deutschen Gemeinschaftsversuch mit drei Schweineherkünften und zwei Mastendgewichten. Beim Mastendgewicht von 95 kg, was ein Schlachtgewicht von <80 kg liefert, beträgt der Anteil Jungeber mit >0.5 µg Androstenon 39.1 % gegenüber 59.6 % der 115 kg schweren Jungebern. Die Reduktion des Mastendgewichtes bewirkt lediglich eine Verschiebung im Anteil geruchsbelasteter Schlachtkörper, aber bringt sie keineswegs zum Verschwinden.

In dänischen Arbeiten wurde wiederholt behauptet, dass für ihre Genotypen und Gewichtsbereiche Androstenon kein Problem sei. Sie widerlegen sich selber (Tab. 12).

Tab. 12: Androstenongehalt in dänischen Jungebern verschiedener Gewichtsklassen (Støier und Olsen, 1998)

Carcass weight	Qty.	Androstenone (µg g ⁻¹)				
		Ave.*	sd	<0.5 (%)	0.5-1.0 (%)	>1.0 (%)
<70 kg	547	0.52	0.56	68	22	10
70-80 kg	848	0.63	0.75	62	22	16
>80 kg	513	0.72	0.67	48	31	21

* Arithmetic average.

Trotzdem halten die Dänen an der Skatolsortierung fest, das aber hohe Androstenonwerte nicht mit aussondert. Angesichts der getätigten Investitionen in zweistelliger Millionenhöhe in den Schlachthöfen wird es schwierig, vom eingeschlagenen Weg abzuweichen. Verständlich, dass es in den Abnehmerländern, allen voran Deutschland, Proteste hagelte und sie sich weigern, Eberfleisch zu kaufen (SUS 4/93). Es kam zu Beschlagnahmungen von Fleisch aus Dänemark und Holland, weil Geruchsabweichungen nachgewiesen werden konnten (Der praktische Tierarzt, 1994).

Probleme mit Eberfleisch

Zwei dänische Supermarktketten haben den Verkauf von Eberfleisch abgelehnt. Als Begründung führten sie an, daß die dänischen Methoden zur Aussortierung von geruchsbelastetem Eberfleisch nicht ausreichend seien. Ihre Kunden wären unzufrieden über die noch zu häufig auftretende Geruchsbelastung des Fleisches. ZDS

Die Probleme auf den Absatzmärkten aber auch inländische Beschwerden (siehe Presstext aus VET-REPORT, 6/1993 TU) haben dazu geführt, dass die Jungebermast in Dänemark nach ihrem Höhepunkt 1993 massiv zurückgefahren wurde und unter den Erwartungen blieb (Tab. 13). Zu dieser Entwicklung beigetragen haben Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die 1989 von einem Nettogewinn von 45 DKK/Tier ausgingen und 1993 noch 2 DKK/Tier betrugen (Udesen, 1998). Für den Einzelbetrieb ist das wirtschaftliche Ergebnis zusätzlich abhängig von der Sortierungsrate, was vertraglich geregelt ist. Bis zu einer Sortierung von

5 % werden 30 DKK/Tier abgezogen. Übersteigen im Durchschnitt der letzten 4

Lieferungen mehr als 10 % der Jungeber den Skatolgrenzwert, beträgt der Abzug 50 DKK/Tier. Der Vertrag zwischen Produzent und Schlachthof kann ganz gekündigt werden (Udesen, 1991).

Tab. 13: Entwicklung der Jungeberschlachtungen in Dänemark (Udesen, 1998)

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Jungeber total	488'937	3'468'819	1'905'133	830'239	385'863	10'000 (Schätzung)
	10 Wochen				32 Wochen	pro Woche

Die zwischenzeitlich praktizierte Jungebermast in Holland (Mitte 80-iger bis Mitte 90-iger Jahre) bis zu einem Anteil von 15 % wurde weitgehend aufgegeben, weil zu viele Jungeber zu hohe Androstenonwerte (65 % >0.5 µg) aufwiesen (Walstra Uni Lelystad, 2000, persönliche Mitteilung).

Der aktuelle Umfang der Jungebermast in der EU und Australien ist in Tab. 14 zusammengestellt. Am konsequentesten wird die Jungebermast in Grossbritannien/Irland mit nahezu 100 % betrieben (Matthews, MLC 2000, persönliche Mitteilung). Zusammen mit Australien weisen sie die tiefsten Schlachtgewichte auf. Es fällt auf, dass in diesen Ländern der absolute und relative Schweinefleischverbrauch bescheiden ausfällt und zu einem guten Teil aus 'bacon und ham' besteht. Frischfleisch scheint nicht häufig auf dem Menuplan zu stehen. Da Grossbritannien hauptsächlich für den einheimischen Markt produziert und noch auf Importe angewiesen ist, kann es an seiner Strategie unbeirrt festhalten. Anders sieht die Lage für Dänemark aus, das mit einem Selbstversorgungsgrad von über 500 % vom Export lebt und auf Entwicklungen in den Absatzmärkten rasch reagieren muss. Da Deutschland ein Hauptabnehmerland ist, hat die deutsche Haltung grosses Gewicht. Der Jungeberanteil wird gegenwärtig auf 5 % geschätzt, möglicherweise auch darunter (Claudi-Magnussen, Danish Meat Research Institute 2000, persönliche Mitteilung). Die dänischen Jungeber werden fast ausschliesslich für den englischen Markt produziert. Spanien hat eine sehr dynamische Entwicklung durchgemacht. Seit den 70-iger Jahren wurden die Lokalrassen teilweise durch Fleischrassen ersetzt, die Mastendgewichte reduziert, die Kastration zu 90 % aufgegeben und intensive Produktionssysteme eingeführt (Garcia-Macias *et al.*, 1996). Mit der ausgeweiteten Produktion stieg der Schweinefleischkonsum praktisch an die EU-Spitze. Trotzdem existieren daneben extensive Freilandhaltungsformen (Eicheln- und Kastanienmast) weiter. Diese Schweine werden im Alter von drei Monaten kastriert und erst mit 150-160 kg LG (~ 16 Mt) in einer Grössenordnung von 2 Mio./Jahr geschlachtet (Mayoral *et al.*, 1999). Sie werden hauptsächlich für den so beliebten iberischen Rohschinken genutzt. Den Angaben von Sabio *et al* (1998) zufolge wird in Spanien pro Kopf und Jahr 45 kg Rohschinken verbraucht.

Tab. 14: Umfang der Jungebermast in der EU und Australien

	Schweineschlachtungen		Selbstver- sorgung %	Import 1000 t	Export 1000 t	Schweinefleisch Verbrauch kg/Kopf %		Schlachtung			Ebermast Anteil der ♂ Ferkel
	1000 St	1000 t						LG ⁴⁾ kg	Alter Tage	SG m.K kg	
1998											
	204151,1	17581,3									
	16286,3	1155,2	81,6	539,4	285,6	23,9	30,5	~85		65,5	~100%
	3338,7	241,2	171,4	29,0	109,0	38,4	35,6	85	140-160	72,2	~100%
	33428,3	2677,8	107,8	92,6	277,6	64,3	52,4	90-95		80,1	90% ⁴⁾ *
Dänemark	20960,9	1631,4	508,4	41,0	1298,0	63,1	70,6	95-100		77,8	33-5% ²⁾
Frankreich	26566,9	2312,6	104,4	485,0	568,8	37,5	34,4	~105		87,0	<1%
Schweden	3691,3	342,7	99,6	42,5	40,8	39,1	54,7	105-110		86,5	<1%
Niederlande	19277,4	1725,0	273,4	111,0	1080,0	42,7	50,1	~105		89,5	1-2%
Deutschland	41352,1	3832,7	81,6	1221,0	350,0	55,9	60,2	103-110		92,7	<1%
				25 % aus Dänemark ³⁾							
Australien 1997/98	5100	356			12,3 (meat)	26,0	23,1		161 ³⁾	75 ³⁾	~90 ³⁾
						davon 8,4 kg bacon und ham					
Trends ³⁾ : 5 % Immunokastration, zunehmend; Export in den asiatischen Raum kein Eberfleisch → Exportbetriebe kastrieren; Interesse das Schlachtgewicht zu erhöhen											
Schweiz 1999	2686,8	225,7	92,2	14,0	0,75	25,6 Basis Fleisch	42,3	90-110	~180	84,1	<1

Quellen: EUROSTAT 1999; GSF Jahresbericht 1999; Statistischen Erhebungen und Schätzungen (SBV) 1999; Australian Bureau of Statistics (www.abs.gov.au)

1) EU-Studie (Walstra et al., 1999)

2) Danish Meat Research Institute, 1998: Schätzung 10'000 Jungeberschlachtungen pro Woche

3) Hennessy, CSL Limited: persönliche Mitteilung

4) EAAP Working Group Report, 1990

5) Fleischwirtschaft 2/1999

* 2 Mio. Schweine werden pro Jahr aus der extensiven Freilandhaltung (Eichelnmast) geschlachtet, die im Alter von 3 Monaten kastriert werden (Mayoral et al., 1999)

In Frankreich, Schweden und Deutschland beschränken sich die Eberschlachtungen auf Zuchteberabgänge (Jungeber und Alteber). In Frankreich (Bonneau, INRA 2000, persönliche Mitteilung) und Deutschland (Claus, 1995; Claus Uni Hohenheim 2000, persönliche Mitteilung) wird die Jungebermast kategorisch abgelehnt und die EU-Frischfleischrichtlinie als unbrauchbar und wissenschaftlich nicht haltbar taxiert. Von Schweden ist keine Rückmeldung eingetroffen, welche die aktuelle Situation kommentieren würde. Es wurden aber eine Reihe gemeinsamer Ebermastversuche mit Dänemark durchgeführt, so dass auf ein potenzielles Interesse geschlossen werden kann. Holland würde die Jungebermast sofort ausbauen, wenn ihre Absatzmärkte dies akzeptierten. Das ist nicht der Fall und so pendelt der aktuelle Jungeberanteil zwischen 1-2 %. Der kürzlich aktiv gewordene Tierschutz (Kastration) sowohl in Holland wie England hat eine Trendwende eingeleitet. Englische Grossverteiler verlangen spezifisch Speck von Jungebern, den nun einige holländische Schlachthöfe liefern (Walstra, Uni Lelystad 2000, persönliche Mitteilung).

Eine ganz neue Strategie zeichnet sich in Australien ab. Traditionellerweise wird Jungebermast praktiziert. Mit den steigenden Exporten in den asiatischen Raum hat man auf deren Druck hin angefangen, Exportschweine zu kastrieren. Parallel dazu wurde ein Impfstoff entwickelt, der den Ebergeruch gar nicht entstehen lässt. Die sogenannte Immunokastration ist zugelassen und wird in der Praxis mit steigender Tendenz eingesetzt (Hennessy, CSL 2000, persönliche Mitteilung). Weitere Einzelheiten werden in Kap. 3.5 behandelt.

Die Umsetzung der EU-Frischfleischrichtlinie und angewendete Screening-Methoden werden in den einzelnen Ländern unterschiedlich gehandhabt. In England wird kein Screening der Jungeber angewandt und das Fleisch kommt in den freien Verkauf ohne Unterscheidung von Frischfleisch oder Verarbeitungsfleisch. Für Schlachtkörper über 80 kg wird ein 'hot wire sniff test' empfohlen. Ob er gemacht wird, ist eine andere Frage (Matthews, MLC 2000, pers. Mitteilung). Von Spanien waren diesbezüglich keine Informationen erhältlich. Wie bereits mehrmals angesprochen, werden in Dänemark sämtliche Jungeber nach dem Skatolgrenzwert von 0.2 µg/g sortiert, obwohl man aufgrund ihrer Schlachtgewichte nicht dazu verpflichtet wäre. Die Analysenkapazität beträgt 200 Proben pro Stunde. Der betriebene Aufwand ist zu anerkennen, aber die gewählte Screening-Methode erfasst geruchsbelastete Schlachtkörper nicht vollständig genug (Überbewertung des Skatols, Vernachlässigung des Androstenons, Missachtung vorliegender Häufigkeitsverteilungen). Der Aussortierungsanteil variiert zwischen 3 - 8 % (Vahlun, 1993), der je nach Fütterungssystem und Bodentyp die 10 % Marke übersteigt (Kjeldsen, 1993; Abb. 24). Sortierte Schlachtkörper werden der Verarbeitung (Wurstwaren, Fleischprodukte) zugeführt, aber oberhalb einer Sortierungsrate von 5 % wird dies zunehmend schwieriger (Udesen, 1998).

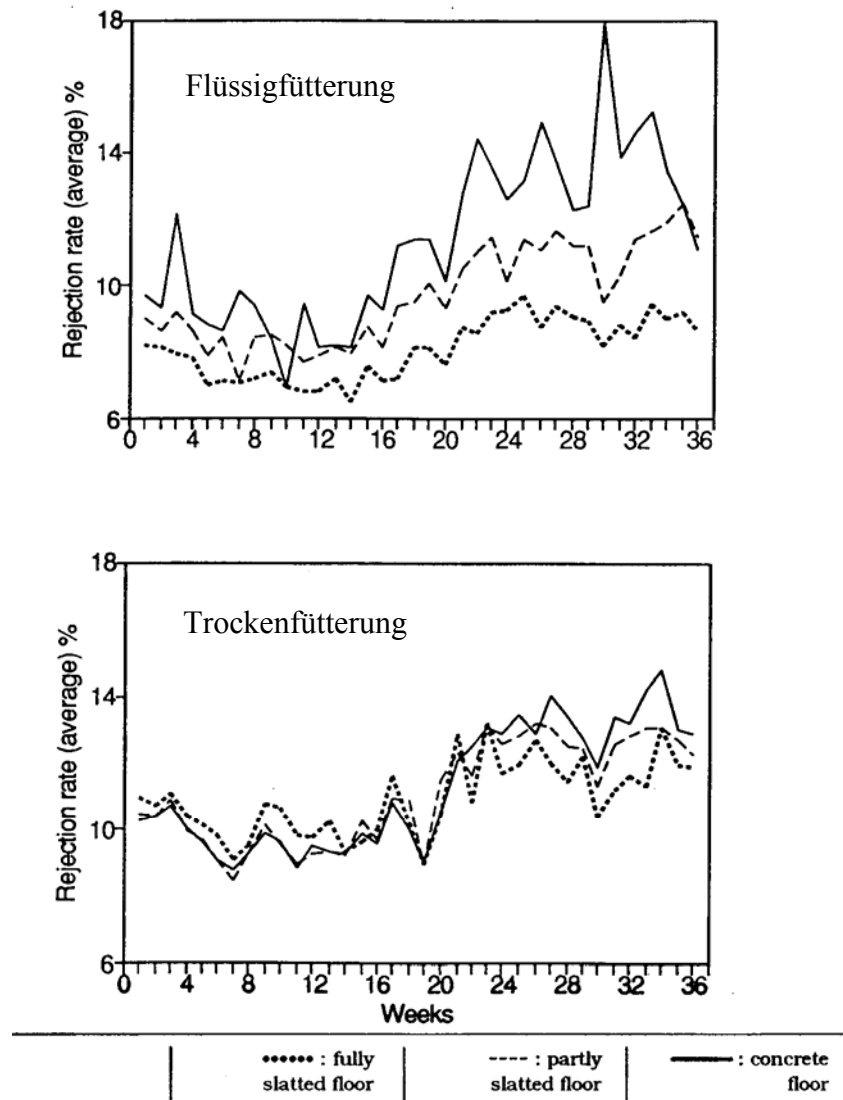


Abb. 24: Einfluss des Produktionssystems auf den Anteil nach Skatol aussortierter dänischer Jungeber (Kjeldsen, 1993)

Holland wendet die EU-Richtlinie an. Unter 80 kg SG: kein Screening und freier Verkauf. Jungeber über 80 kg SG erhalten den Eberstempel (→ tauglich nach Brauchbarmachung). Alteber werden einem Geruchstest unterzogen und in speziellen Sauenschlachthöfen geschlachtet (Walstra, Uni Lelystad 2000, pers. Mitteilung). In Frankreich werden Schlachtkörper von Jungebern nicht untersucht und gelangen in den freien Verkauf, d.h. an Abnehmer, die auf Qualität nicht besonders Rücksicht nehmen (z. B. Mensen). Alteber werden ausnahmslos für Verarbeitungsfleisch genutzt (Bonneau, INRA 2000, pers. Mitteilung).

Nach neuester Fleischhygieneverordnung (Heinzelmann, 1999) wird in Deutschland differenziert vorgegangen. Unabhängig des Schlachtgewichtes muss der amtliche Tierarzt zunächst klären, ob starker Geschlechtsgeruch vorliegt (Nasentest), falls ja → Beurteilung untauglich → Tierkörperbeseitigung.

- < 80 kg SG: kein Geschlechtsgeruch → tauglich; mässiger Geschlechtsgeruch → kein Lebensmittel (Tierfutter)
- > 80 kg SG inkl. Zwitter und Kryptorchiden: < 0.5 ppm Androstenon → tauglich; > 0.5 ppm Androstenon → untauglich (Beseitigung). Wird kein Androstenontest gemacht (Kosten), müssen die SK als tauglich nach Brauchbarmachung beurteilt werden → Eberstempel, Verarbeitungsbetrieb.

Für den Androstenonnachweis ist der ELISA-Test als Methode anerkannt und der Grenzwert bei 0.5 ppm festgelegt. Vollautomatisiert hat der ELISA-Test eine Kapazität von 500 Proben/Stunde (Claus *et al.*, 1997). Gegenwärtig ist noch nirgends ein Automat im Einsatz (Heinzelmann, 1999).

In Australien wird kein Screening durchgeführt. Im Gegensatz zu England und Dänemark wird der Beitrag des Androstenons ernst genommen, wobei sie von einem Grenzwert von 1.0 µg/g ausgehen. Aus ihren Erhebungen geht hervor, dass der Anteil Jungeber mit > 1.0 µg Androstenon und /oder > 0.22µg Skatol ~29 % beträgt. Daher propagieren sie die Immunokastration (Hennessy, CSL 2000, pers. Mitteilung).

In Kanada wurde eine kolorimetrische Methode für den Nachweis der 16-Androstene (Androstenon+Androstenol) entwickelt (Squires, 1990), die für Speicheldrüsenproben noch vereinfacht werden kann. In weiterführenden Arbeiten wurden die Beziehungen zwischen Androstenon im Fett und 16-Androstene in der Speicheldrüse ($r = 0.613^{***}$), zwischen 16-Androstene und sensorischen Beurteilungen ($r = 0.4 - 0.8$) über verschiedene Gewichtsbereiche und Rassen untersucht (Squires *et al.*, 1991; Babol *et al.*, 1996; Babol *et al.*, 1996a; Xue *et al.*, 1996). Ein Schwellenwert von 50 ppm 16-Androstene in der Speicheldrüse und von 1.5 ppm 16-Androstene im Fett wird vorgeschlagen (Xue *et al.*, 1996). Sie greifen die Idee von Bonneau und Russeil (1985) wieder auf, die Bulbourethraldrüse als Schätzparameter des Geschlechtsgeruches einzubeziehen ($r = 0.60^{***}$), was das Bestimmtheitsmass der Regression verbesserte (Babol *et al.*, 1996a). Allerdings ist die individuelle Variabilität dieses Merkmals gross (Bonneau und Russeil, 1985). Das Verhältnis zwischen Androstenon:Androstenol in der Speicheldrüse unterliegt andern Gesetzmässigkeiten als im Fettgewebe und ändert mit dem Hormonstatus der Tiere (Babol *et al.*, 1996). Es müssten systematische und umfangreiche Abklärungen zum Alters/Gewichts- und Rasseneinfluss auf das Verhältnis Androstenon:Androstenol in der Speicheldrüse und Fettgewebe durchgeführt werden, bevor zuverlässige Schwellenwerte abgeleitet werden können. Zum Beispiel hat Nold *et al* (1997) bei Sauen und Kastraten unerklärlich hohe 16-Androstenwerte in der Speicheldrüse gemessen. Der entwickelte Farbreaktionstest schafft im besten Fall 200-300 Proben in 3 Stunden, was für Grossschlachthöfe nicht genügt (Squires, Uni Guelph 2000, pers. Mitteilung). In der Praxis wird weiterhin kastriert mit der Option der Immunokastration, woran in Kanada und den USA gearbeitet wird. Nach der Einschätzung von Squires liegt die Zukunft der Schlachtbandsortierung im Bereich der elektronischen Nasen.

Das Konzept der elektronischen Nasen ist ein vielversprechender Ansatz. Der menschlichen Nase nachempfunden, übermitteln Gassensoren Impulse an ein neuronales Netz, welches die Daten auswertet und einem Geruchs- oder Geschmackswert zuordnet, das das System während der Kalibrierung gelernt hat. Der Vorteil des Systems liegt in der flexiblen, lernfähigen und raschen Auswertung komplexer Geruchskomponenten. Man muss sich nicht mehr auf eine Substanz festlegen. Erste Erfahrungen liegen vor (Annor-Frempong *et al.*, 1998; Haugen und Kvaal, 1998). Die Perspektiven in der Lebensmittelindustrie werden als erfolgversprechend beurteilt (Eder, 1999).

3.4 EU-Studie

Unter der Oberaufsicht von M. Bonneau (INRA, Frankreich) konnte die seit langem geplante, Länder übergreifende EU-Studie 1995/96 durchgeführt werden. Ihr Hauptziel bestand darin, eine internationale Übereinkunft über den Beitrag des Androstenons und Skatols zur Ausbildung des Ebergeruches und der anzuwendenden Screening-Methoden zu erlangen. Solange keine Annäherung der kontroversen Standpunkte herbeigeführt wird, werden die Handelshemmnisse fortbestehen. Da die Kontroversen auf nicht immer vergleichbare Versuchsergebnisse zurückgehen, sollten in dieser Studie alle beteiligten Ländern nach standardisierten Methoden vorgehen (Bonneau *et al.*, 2000):

- Einheitliche analytische Verfahren, die von jeweils dem gleichen Labor ausgeführt wurden; Skatol nach der automatisierten photometrischen Methode (Mortensen und Sørensen; Hansen-Møller und Andersen, 1994) und Androstenon nach dem ELISA-Schnelltest (Claus *et al.*, 1997). Beide Schnellmethoden wurden mit HPLC-Methoden verglichen.
- Eine für jedes Land repräsentative Schweinepopulation wurde mit den Schnellmethoden auf Androstenon und Skatol untersucht.
- Aus dieser Population erfolgte die Auswahl eines gemeinsamen Fleischpools für die standardisierten sensorischen Beurteilungen durch Jurys und Konsumenten.
- Aufstellen von Regressionen und Simulationsmodellen
- Bericht zu Handen der EU-Kommission.

Die standardisierte Vorgehensweise und der Umfang des Datenmaterials machen diese Studie einmalig in ihrer Aussagekraft. Daran teilgenommen haben 7 Länder (Grossbritannien, Dänemark, Frankreich, Schweden, Holland, Spanien und Deutschland), 7 Länderjurys, 3144 Konsumenten, und 4313 Jungeber und 223 Jungsau, die in einem Sommer- und Winterdurchgang gemästet wurden.

Aufgrund der Skatol- und Androstenonschnelltests an der Gesamtpopulation wurde eine Subpopulation von 420 Jungebern so ausgewählt, um 3x3 Konzentrationsstufen (μg) gleichmässig zu belegen:

	tief	mittel	hoch
Skatol:	≤ 0.1	0.11-0.22	> 0.22
Androstenon:	≤ 0.5	0.51-1.0	> 1.0

In der Subpopulation wurden die Schnellmethoden mit Labormethoden verglichen. Die Skatolschnellmethode ergab eine gute Übereinstimmung mit HPLC-Analysen, so dass die Werte für statistische Analysen unverändert übernommen wurden. Die Androstenonwerte des ELISA-Schnelltests wurden mit einer Regression gestützt auf ELISA-Labortests korrigiert, da es zu Abweichungen insbesondere im zweiten Durchgang kam, bedingt durch einen Umzug des gesamten Labors und nicht systematisch angewendeten Verdünnungsschritten (Claus, Uni Hohenheim 2000, pers. Mitteilung). Durch die vorgenommenen Korrekturen resultierten nicht mehr ganz gleichmässige Belegungen der Konzentrationszellen. Über die ganze Population ergibt sich die in Abb. 25 dargestellte Häufigkeitsverteilung.

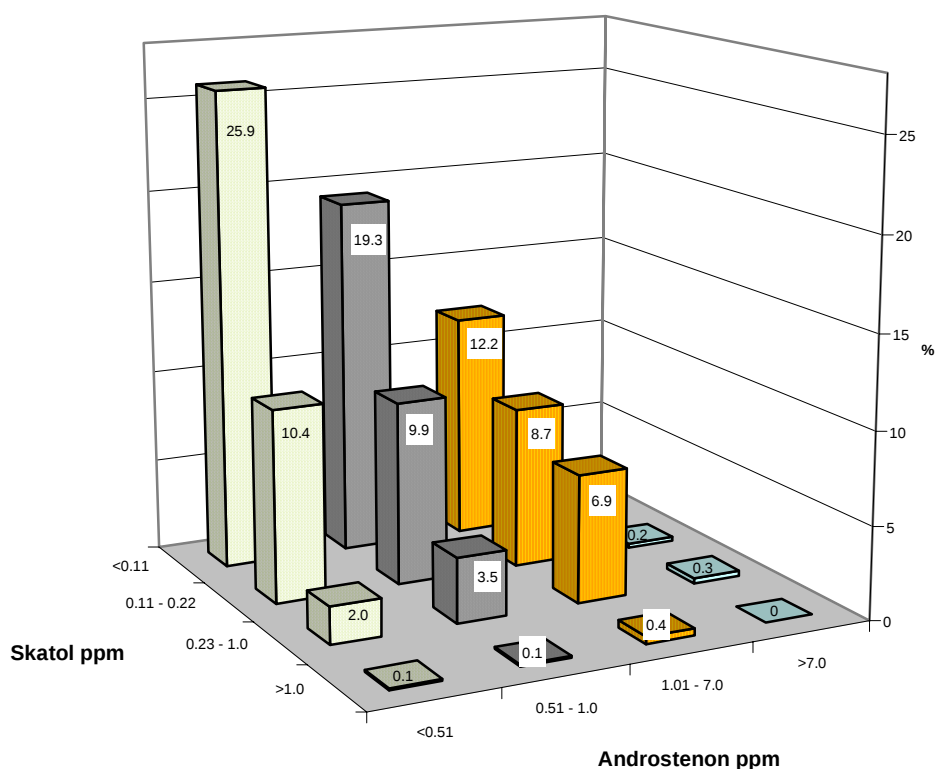


Abb. 25: Verteilung der Skatol- und Androstenongehalte im Fett von 4273 Jungebern (EU-Studie, Bonneau *et al.*, 2000)

Die Ergebnisse untermauern frühere Arbeiten. Die Korrelation zwischen Skatol und Androstenon beträgt 0.3, was keine enge Beziehung aufzeigt. Hohe Skatolgehalte bei tiefen Androstenongehalten ($< 0.5 \text{ ppm}$) kommen in 2.1 % der Jungeber vor, während

hohe Androstenonwerte ($>0.5\text{ppm}$) bei tiefen Skatolwerten ($<0.23\text{ppm}$) 50 % der Tiere betrifft. Die entsprechenden Angaben zu den Einzelländern sind in Tab. 15 und Abb. 26 dargestellt.

Tab. 15: Androstenongehalte im Fett von 4313 Jungebern aus 6 EU-Ländern (EU-Studie, Walstra et al., 1999)

		UK	ES	DK	FR	SE	NL	gesamt
SG ¹⁾ kg	Sommer	66	78	73	80	82	83	2084
	Winter	65	79	75	84	81	85	2229
Androstenon $\mu\text{g/g}$								
Sommer	Mittel	0.91	1.23	1.02	0.82	1.21	0.62	
	Median	0.61	0.83	0.69	0.55	0.81	0.46	
Winter	Mittel	0.72	1.31	1.05	0.77	1.22	0.86	
	Median	0.48	0.88	0.70	0.52	0.82	0.58	
% Anteil $>0.5 \mu\text{g}$		53.2	71.5	67.3	52.4	72.6	56.3	61.7
% Anteil $>1.0 \mu\text{g}$		22.3	42.0	30.5	20.9	42.0	18.3	28.6
Skatol $\mu\text{g/g}$								
Sommer	Mittel	0.15	0.17	0.10	0.12	0.13	0.19	
	Median	0.12	0.14	0.08	0.10	0.11	0.15	
Winter	Mittel	0.11	0.16	0.10	0.11	0.10	0.16	
	Median	0.09	0.13	0.08	0.09	0.08	0.13	
% Anteil $>0.20 \mu\text{g}$		12.7	30.0	3.8	7.3	12.1	26.8	15.1
% Anteil $>0.25 \mu\text{g}$		8.7	22.6	1.5	4.8	8.4	20.6	10.8

1) Schlachtgewicht inklusive Kopf und Füße

Da Deutschland keine Schlachtkörper lieferte, fehlt dieses Land in der Zusammenstellung, allerdings sind analoge Daten aus dem deutschen Gemeinschaftsversuch (Abb. 23) verfügbar. Leider sind von den Produktionsdaten nur die Schlachtgewichte erhoben worden. Informationen über Alter, Fütterung und Haltung konnten nicht eingeholt werden, da die meisten Tiere ab der Schlachtkette ausgewählt wurden. Was einigermassen erstaunt, ist die Tatsache, dass in den Ländern mit tiefem Schlachtgewicht und vermutlich jüngeren Tieren der Anteil Jungeber mit $>0.5 \mu\text{g}$ Androstenon über 50 % beträgt (UK, DK). Am häufigsten Geschlechtsgeruch ist von schwedischen und spanischen Jungebern zu erwarten. Letztere weisen zudem die höchsten Skatolwerte auf. Die aktive Skatolberatung in Dänemark trägt ihre Früchte. Die dänischen Jungeber liegen zu 94.7 % im tolerierbaren Bereich.

In Abb. 26 sind die Häufigkeitsverteilungen nach Ländern dargestellt. Sowohl für Androstenon wie Skatol ergeben sich linksschiefe Verteilungen.

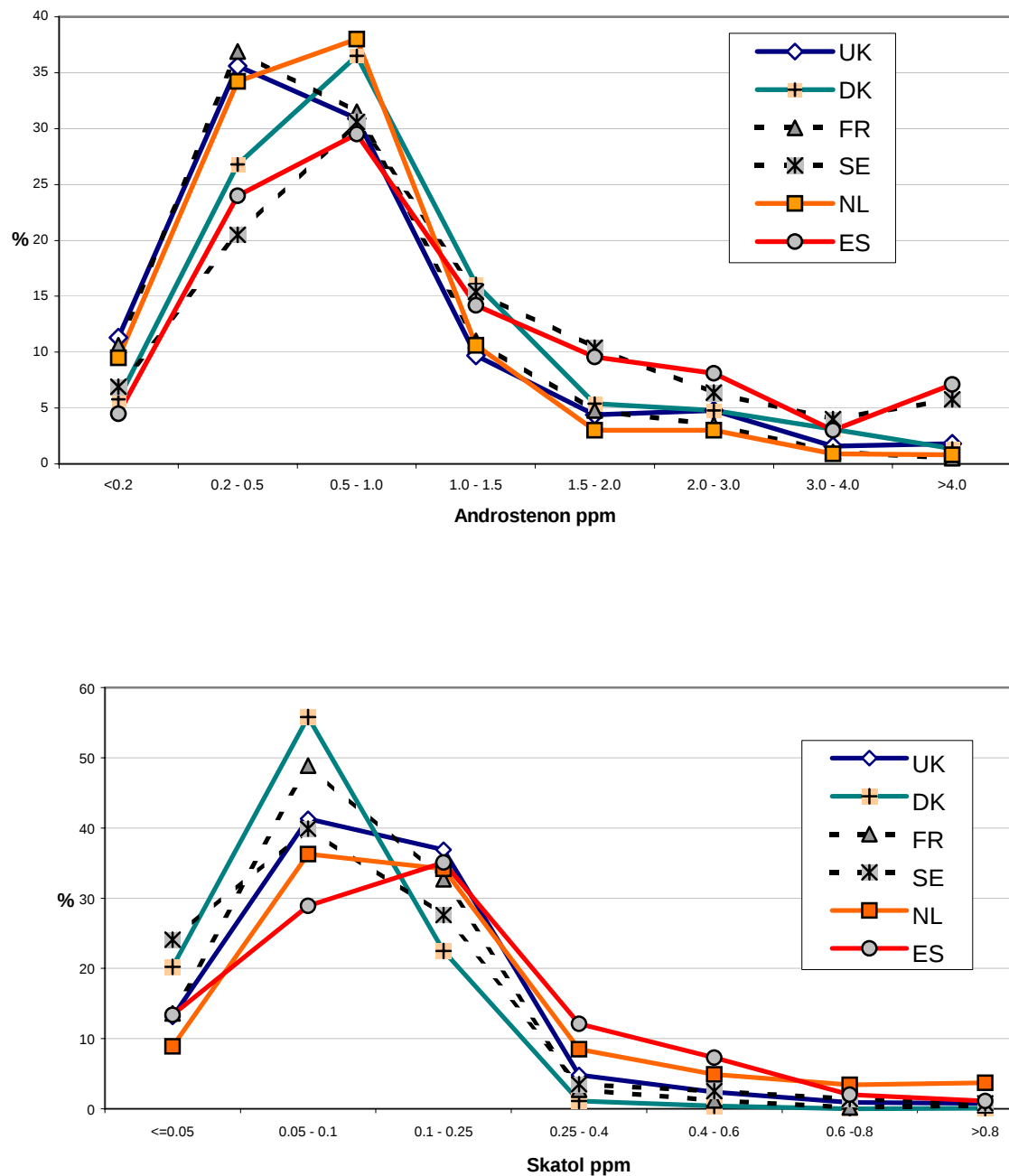


Abb. 26: Häufigkeitsverteilung der Androstenon- und Skatolgehalte im Fett von 4313 Jungebern aus 6 EU-Ländern (EU-Studie, Walstra *et al.*, 1999)

Die Zahlen der EU-Studie zeichnen in Bezug auf die Machbarkeit der Jungebermast ein ernüchterndes Bild. Selbst wenn man den Androstenongrenzwert bei 1.0 µg festlegen würde, was für sensitive Personen zu hoch angesetzt ist, übersteigen immer noch 28.6 % der Jungeber den Toleranzbereich. Eine so hohe Aussortierungsrate ist wirtschaftlich nicht tragbar. Stellt man diese Zahl den realisierten Ablehnungsraten der mit

Konsumenten durchgeführten sensorischen Beurteilungen gegenüber, können je nach Land andere Schlussfolgerungen gezogen werden (Matthews *et al.*, 2000; Abb. 27).

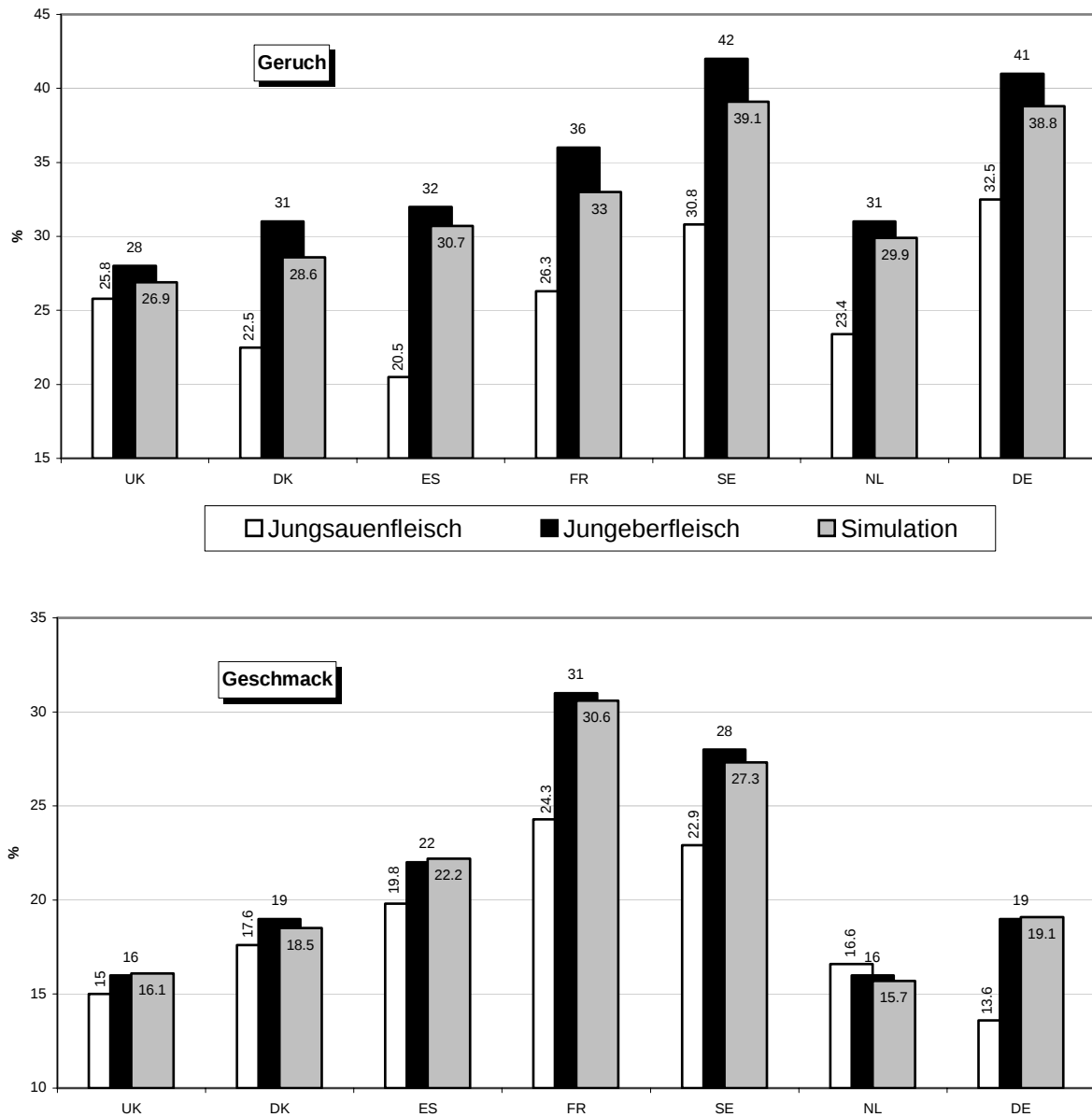


Abb. 27: Ablehnungsraten von Jungeberfleisch verglichen mit Jungsauenfleisch in der Beurteilung von Konsumenten aus 7 Ländern (EU-Studie, Matthews *et al.*, 2000; Bonneau *et al.*, 2000)

Die Konsumenten wurden gefragt, Geruch und Geschmack von Fleischproben mit Fettauflage (*Long. thoracis*, *Long. lumborum*) auf einer Skala von 1 = 'like very much' bis 7 = 'dislike very much' zu beurteilen. Die Ablehnungsrate setzt sich zusammen aus

den Klassen 'dislike', 'dislike a lot' und 'dislike very much'. Jungsauenfleisch diente als Referenzwert, an dem die durch Eberfleisch zusätzliche Ablehnung gemessen wird. Die Simulationswerte geben die um die Häufigkeitsverteilung der Gesamtpopulation korrigierte Ablehnung an. Über alle Länder gesehen lehnten die Konsumenten Sauenfleisch aufgrund der Geruchsbeurteilung zu 28 % und aufgrund der Geschmacksbeurteilung zu 19 % ab. Die analogen Werte für Jungeberfleisch lauten 34 % und 22 %, d.h. das Jungeberfleisch wurde für Geruch um 6 % und für Geschmack um 3 % mehr abgelehnt. Zwei Sachen fallen auf. Einerseits ist die Ablehnungsrate für Sauenfleisch bedenklich hoch, andererseits fällt die Differenz zwischen Sauenfleisch und Eberfleisch insgesamt gering aus. Die Autoren (Matthews *et al.*, 2000) relativieren die Ergebnisse insofern, als wegen zweimaligen Aufwärmens der Fleischproben (vor und nach Gefrieren) ein 'Warmed-over-Effekt' und eine teilweise Verflüchtigung des Skatols und Androstenons nicht auszuschliessen ist. Jungsauenfleisch kommt in der Beurteilung zu schlecht und Jungeberfleisch zu gut weg. Davon abgesehen treten frappierende Länderunterschiede auf (Abb. 27). Englische Konsumenten unterscheiden kaum mehr zwischen Sauen- und Eberfleisch, sowohl in bezug auf Geruch wie Geschmack. Wenig oder keine geschlechtsbedingte Geschmacksunterschiede stellten zudem dänische, spanische und holländische Konsumenten fest. Die maximale Ablehnung von Jungeberfleisch im Vergleich zu Sauenfleisch beträgt 11.2 % (Schweden, Geruch). Dass englische Konsumenten kaum auf Eberfleisch reagieren, bestätigen jüngere (Matthews *et al.*, 2000) wie ältere Arbeiten (Malmfors und Lundström, 1983). Die Autoren geben drei mögliche Gründe an:

1. Exposition: in England ist Jungeberfleisch seit mehr als 20 Jahren verfügbar, so dass Ebergeruch nicht mehr als Fehler, sondern als normal angesehen wird.
2. Anosmie: der Anteil Anosmie ist in Grossbritannien höher als in Kontinentaleuropa.
3. Negativauslese: bei der Konsumentenbefragung wurden nur Personen berücksichtigt, die regelmässig Schweinefleisch essen. Es ist möglich, dass in England die für Androstenon sensitiven Personen es aufgegeben haben, Schweinefleisch zu essen. Diesem Sachverhalt müsste man genauer nachgehen, denn das bedeutet unweigerlich rückläufiger Schweinefleischkonsum.

Insgesamt wurde eine stärkere Abhängigkeit zwischen Geruchsnote und Skatol ($r^2 = 27$ %) als zwischen Geruchsnote und Androstenon ($r^2 = 11$ %) beobachtet, was Dänemarks Skatolposition scheinbar bestärkt. Dies wird sofort relativiert, wenn man nach Androstenonsensitivität differenziert auswertet, was im Falle der deutschen und spanischen Konsumenten gemacht werden konnte (Weiler *et al.*, 2000). Im Anschluss an die Fleischdegustation wurden sie einem Sensitivitätstest unterzogen. In beiden Ländern werden von sensitiven Personen zusätzlich zu den hohen Skatolklassen auch die meisten mittleren und alle hohen Androstenonklassen abgelehnt.

Wegen gewisser Mängel im Degustationsablauf dürfte die Ablehnungsrate von Jungeberfleisch unterschätzt worden sein. Der Versuch einer eigenen Abschätzung stützt sich auf folgende Annahmen:

- Minimalvariante: es herrscht allgemein Konsens darüber, dass hohe Skatolgehalte von allen Personen wahrgenommen und als unangenehm abgelehnt wird. Aus der Häufigkeitsverteilung der EU-Studie (Abb. 25) betrifft das **13.3 %** der Jungeber mit $>0.22 \mu\text{g}$ Skatol. Unter Skatol optimierten Produktionsbedingungen wie in Dänemark könnte die Rate auf **5.3 %** gedrückt werden.
- Worst-Case-Szenario: die für Androstenon sensitiven Personen werden mitberücksichtigt, das heisst, alle mittleren und hohen Androstenonklassen kommen als Ablehnungsgrund dazu. Folglich steigt die Ablehnungsrate gemäss Abb. 25 auf **63.7 %**, was im Wesentlichen einer Sortierung nach dem Androstenongrenzwert von $0.5 \mu\text{g}$ entspricht.

Fazit: zwischen einer Ablehnungsrate von Jungeberfleisch von 5.3 % und 63.7 % ist alles möglich.

Es liegt im Ermessen eines jeden Landes, welche Schlussfolgerungen daraus gezogen werden. England sieht keinen grossen Handlungsbedarf. Gemäss Matthews (MLC 2000, pers. Mitteilung) ist nicht Androstenon für die Konsumentenakzeptanz wichtig, sondern Skatol, das über Management- und Zuchtmassnahmen beeinflusst werden kann. In Dänemark wird weiterhin an der Skatolsortierung festgehalten (Claudi-Magnussen, Danish Meat Research Institute 2000, pers. Mitteilung). Claus (Uni Hohenheim 2000, pers. Mitteilung) schätzt die Skatolsortierung als Auslaufmodell und die Jungebermast als für die Konsumenten nicht zumutbar ein. In Holland (Walstra, Uni Lelystad 2000, pers. Mitteilung) ist die zu hohe Sortierungsrate ein Hinderungsgrund. Bonneau (INRA), der Hauptkoordinator der EU-Studie, sieht im Zusammenhang mit der Jungebermast folgende Entscheidungsmöglichkeiten (Bonneau, 1998; Bonneau 2000, pers. Mitteilung):

1. entweder Ebergeruch wird akzeptiert (eher unwahrscheinlich), oder
2. Kastration wird akzeptiert wie sie ist, oder
3. Immunokastration wird akzeptiert;
4. längerfristig könnten Züchtungsmassnahmen greifen.

In der EU-Studie wurde ausschliesslich mit Frischfleisch gearbeitet. Die Verhältnisse sehen für Verarbeitungsfleisch nicht wesentlich anders aus, wenn nicht der Verdünnungseffekt ausgenutzt wird. Die Möglichkeiten, durch den

Verarbeitungsprozess *per se* Androstenon zu reduzieren, sind beschränkt, da es eine chemisch stabile Verbindung darstellt (Dehnhard *et al.*, 1995). Eine nennenswerte Reduktion des Androstenongehaltes um 54 - 60 % wurde mit der Erhitzung in offenen Behältern (Verflüchtigung), wie das für Kochschinken der Fall ist, erreicht. In Brühwurst-, Leberwurst- und Salamiprodukten sowie Rohschinken bleibt Androstenon nahezu erhalten. Skatol hingegen ist reaktionsfähiger und leichtflüchtig. Die durch die Verarbeitung erzielte Reduktion variiert zwischen 0 % (Salami) und 100 % (Kochschinken). Es konnte gezeigt werden, dass Skatol mit Formaldehyd reagiert, das beim Räuchern entsteht (Dehnhard *et al.*, 1995). In geräucherten Produkten ist eine höhere Reduktion zu erwarten (Rohschinken, Räucherbauch, Wiener). In den sensorischen Beurteilungen von Fleischerzeugnissen von Schlachtkörpern mit 1.4 µg Androstenon und 0.22 µg Skatol im Ausgangsmaterial wurden folgende Produkte im Dreieckstest aufgrund des Androstenons erkannt: Schinkenspeck, Bauchspeck, Kochschinken (Formschinken nicht), Salami, Brühwurst (wasserdampfundurchlässig), Wiener (Konserven), Leberwurst (Klettner und Kühne, 1995). Spanische Konsumenten beurteilten geräucherten Bauchspeck (Warmverkostung) und spanischen Rohschinken von geruchsbelasteten Schlachtkörpern schlechter. Dagegen zeigte sich bei Kochschinken (Verarbeitung unter Erhitzung und Kaltverkostung) die gleiche Akzeptanz wie Kontrollware (Diestre *et al.*, 1990).

Ein weiterer Aspekt der EU-Studie bestand in der Erarbeitung eines Geruchs- und Geschmacksprofils für Eberfleisch, das die 7 Länderjurs anhand des gleichen Fleischpools wie für die Konsumententests aufstellten (Dijksterhuis *et al.*, 2000). Die Jurs mussten die Attribute Schweiss, Harn, Kot/Stall, Mottenkugeln, ranzig, süß, abnormal in ihrer Intensität einordnen. In einem zweiten Schritt wurden die gewichteten Beurteilungen mit den jeweiligen Androstenon- und Skatolgehalten in Beziehung gebracht. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden. Trotz geplanter, standardisierter Vorgehensweise wird Ebergeruch in verschiedenen Ländern unterschiedlich beurteilt. Das fängt schon mit semantischen Problemen an und wie ein Attribut im entsprechenden Land gewichtet wird. Zum Beispiel das Attribut 'Schwein' wurde im Gegensatz zu andern Ländern in Deutschland mit 'unangenehm' assoziiert. Dadurch weicht die Zuordnung sensorischer Attribute auf Skatol- und Androstenonkonzentrationen zwischen Ländern voneinander ab. Generell konnten die Jurs Skatol von Androstenon unterscheiden und Intensitätsstufen erkennen. Teilweise wurden Synergismen beobachtet und teilweise kam es zu einer Vermischung der Attribute, was die Schwierigkeit aufzeigt, komplexe Geruchsgemische zu beurteilen. Für alle übereinstimmend wurde Skatol mit fäkal und Mottenkugeln und Androstenon mit Harn und z. T. Schweiss assoziiert. Dazu kommt der Begriff abnormal für beide Substanzen.

Welche Konsequenzen die Studie auf EU-Niveau hat, kann noch nicht gesagt werden, da der Beschluss der EU-Kommission noch aussteht. Es scheint, dass dies gleichzeitig mit Tierschutzanliegen (Kastration) beantwortet wird (Bonneau, INRA 2000, pers. Mitteilung).

3.5 Immunokastration in Forschung und Praxis

Die Erkenntnis, dass die üblichen Schlachtgewichte mitten im Pubertätsschub der männlichen Schweine liegt, verbunden mit einer hohen individuellen Variabilität im Zeitpunkt und Ausmass der Androstenonsynthese, lässt wenig Spielraum für eine gezielte und bei allen Tieren wirksamer Beeinflussung der Ebergeruchsbildung. Wie die breitangelegte EU-Studie belegt, kann selbst mit tiefen Schlachtgewichten das Risiko nicht eliminiert werden und angewendete Screening-Methoden befriedigen nicht. Die Kastration bleibt wohl die sicherste Methode, Ebergeruch zu vermeiden. Die zunehmende Kritik an der üblichen Kastrationsmethode, die Tendenz nach höheren Schlachtgewichten und die umweltrelevant bessere Futterverwertung intakter, männlicher Tiere sind alles Gründe, die bestehende Praxis zu ändern.

Mit der Immunokastration wurde eine Strategie entwickelt, die als Alternative zur blutigen Kastration den Ebergeruch unterbindet, aber gleichzeitig das anabole Potenzial über einen weiten Zeitraum ausschöpft. Das Prinzip beruht auf einer aktiven Immunisierung gegen das körpereigene **GnRH**, welches die Reproduktionsfunktionen, u.a. die Hodenfunktion über LH und FSH steuert und aufrecht erhält. Die Idee ist nicht neu, aber es mussten einige praktische Probleme gelöst werden.

Zwei Wege wurden eingeschlagen. Der eine ist aus der Humanmedizin bekannt. Mit der Überflutung der GnRH-Rezeptoren mit GnRH-Agonisten wird eine 'Down-Regulation' verursacht, was einer Kastration gleichkommt. Bei Ebern konnte damit eine Atrophierung der Geschlechtsorgane und Reduktion des Androstenons selbst bei adulten Tieren erzielt werden (Kluber *et al.*, 1988; Xue *et al.*, 1994; Schneider *et al.*, 1998). Diese Vorgehensweise ist allerdings als eigentliche Hormonbehandlung zu werten und somit für den Praxiseinsatz nicht anwendbar.

Der zweite, erfolgversprechendere Weg besteht in einer Impfung, die eine Immunreaktion gegen das körpereigene GnRH auslöst. Dazu muss das Problem überwunden werden, wie man den Organismus dazu bringt, eine körpereigene Verbindung als 'fremd' abzustossen (Meloan, 1995). Die Immuntoleranz wird durch folgende Tricks überwunden:

1. Die Kopplung des Antigens an ein Trägermolekül (Protein) → erhöht Immunantwort
2. Das Antigen wird in seiner Struktur so geändert, dass es genügend 'fremd' erscheint um eine Antikörperproduktion auszulösen, aber ähnlich genug, damit die gebildeten Antikörper mit dem körpereigenen GnRH eine Kreuzreaktion eingehen. Dies wird zum Beispiel mit einer Tandemstruktur (GnRH an GnRH angehängt) erreicht. Die GnRH-Konstrukte haben keine Hormonwirkung mehr.
3. Die Emulsion in Adjuvantien, die die Antigene langsam abgeben und über eine lokale 'Entzündung' das Immunsystem aktivieren.
4. Wiederholte Exposition mit dem Antigen erhöht die Immunreaktion.

Während in älteren Arbeiten mit 5 wiederholten Injektionen gearbeitet wurde, konnte in jüngeren Versuchen die Anzahl auf praxistaugliche 2 reduziert werden (Bonneau et al., 1994; Bonneau und Enright, 1995). Die Erfolgsquoten variieren je nach GnRH-Konstrukt und Adjuvants zwischen 40 – 100 %. Die 'Non-Responders' sind optisch sehr leicht an den nicht atrophierten Hoden zu erkennen (Onk et al., 1995; Onk et al., 1998; Abb. 28).

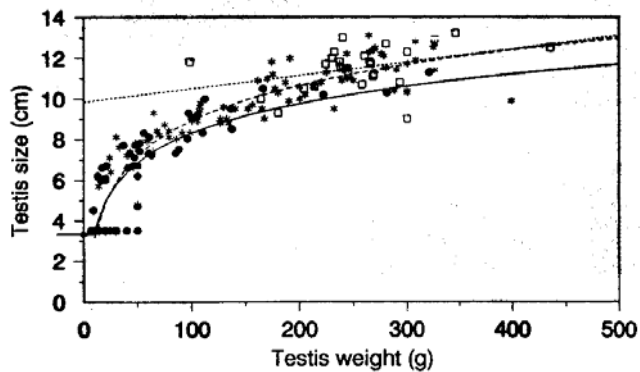


Fig. 4. Relation of testis weight and testis size at slaughter. Results were divided in three groups. ●, 'Effective tandems' ($n=52$); *, 'Other treatments' ($n=93$); □, 'Controls' ($n=26$). The arrow indicates those animals with outwardly undetectable testes, which sizes were tentatively set at 3.5 cm ($n=26$).

Unter einem Hodengewicht von 150 g und einer Hodenlänge von 9 cm wurde der Androstenongrenzwert von 0.5 µg/g nie überschritten. Bei einer Reihe von Tieren konnten die Hoden von aussen gar nicht mehr gesehen werden. Der grösste Effekt wurde mit dem Tandem-Konstrukt erzielt.

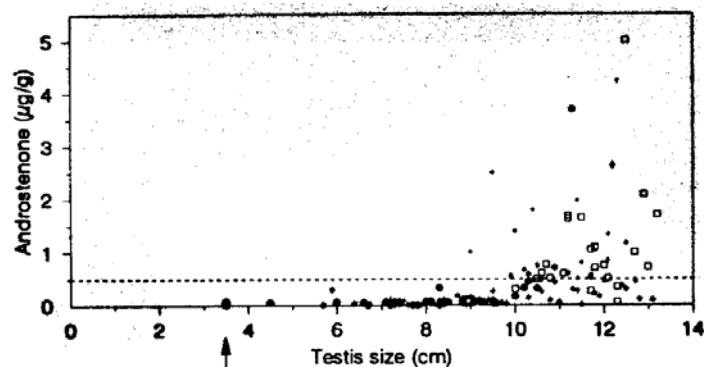


Abb. 28: Beziehung zwischen Hodengewicht, Hodengrösse und Androstenongehalt im Fett: Einfluss verschiedener immunologischer Kastrationsverfahren (Onk et al., 1995)

In der Arbeit von Manns und Robbins (1997; Abb. 29) fallen die Serum-Testosteronwerte zwei Wochen nach der zweiten Injektion auf das Niveau der Kastraten. Bei der Schlachtung 4 Wochen nach der zweiten Injektion liegt der Androstenongehalt im Fett deutlich unter 0.5 µg/g und dies bei einem Mastendgewicht von 120–130 kg.

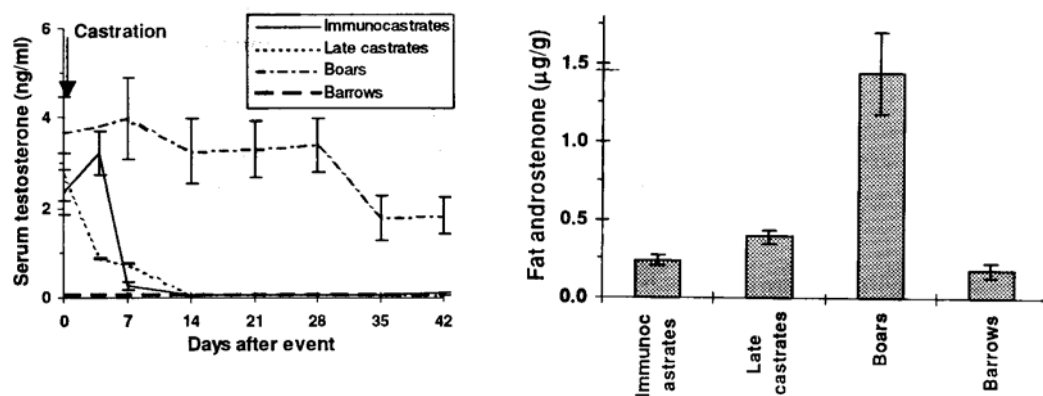


Abb. 29: Testosteronwerte im Serum und Androstenongehalte im Fett von intakten, immunokastrierten, spätkastrierten und frühkastrierten männlichen Schweinen (Manns und Robins, 1997)

Für den Praxiseinsatz ist die Impfstoffformulierung und der Impfplan so zu optimieren, dass eine hohe Erfolgsquote in Bezug auf eine genügende Androstenonreduktion gewährleistet ist, die Immunreaktion aber so spät einsetzt, dass das anabole Potenzial möglichst lange ausgenutzt werden kann. Dies scheint mit dem in Australien registrierten und mittlerweile in der Praxis eingesetzten Impfstoff 'Improvac' gelungen zu sein (Hennessy *et al.*, 1997, 2000). Die Impfung vereinigt gleich mehrere Vorteile (Tab. 16; Abb. 30).

Tab. 16: Androstenon- und Skatolgehalt sowie Mastleistung von Immunokastraten (Hennessy *et al.*, 1997, 2000)

	Jungeber	Immunokastraten	Frühkastraten	Jungsauen
Praxisversuche	n = 369	n = 319		
Androstenon µg/g	0.85 ± 0.74	0.13 ± 0.114		
Anteil 0.5 –1.0 µg	25 %	2.5 %		
Anteil >1.0 µg	32.5 %	0 %		
Skatol µg/g	0.14 ± 0.13	0.07 ± 0.05		
Anteil >0.20 µg	17.9 %	2.2 %		
Stationsversuche	n = 30	n = 30	n = 30	
SK kg	78.8	80.7	76.9	
TZW letzte 4 Wo	811 g	1010 g	757 g	
TZW ganze Mast	682 g	702 g	657 g	
FVW letzte 4 Wo	3.09	2.51	3.30	
FVW ganze Mast	2.12	2.02	2.38	
P ₂ mm	11.5	12.8	13.8	
ImF %	1.66 (n = 40)	2.55 (n = 40)		2.46 (n = 40)

Wenn der Impfplan richtig angewendet wird, liegt die Erfolgsquote bei 98 –99 %. Es wird empfohlen, die erste Impfung zwischen Absetzen und spätestens 4 Wochen vor der zweiten Impfung (Booster) durchzuführen. Die zweite Impfung sollte nicht später als 4 – 5 Wochen vor der Schlachtung erfolgen. Die Kosten belaufen sich auf 4.8 – 5.0 Aus\$/Schwein (Hennessy, CSL 2000, pers. Mitteilung). Das Schlachthof-Screening beschränkt sich auf jene 2 % Schweine, die normal entwickelte Hoden aufweisen und somit auf nicht unterdrückte Androgenbildung geschlossen werden muss. Wie Abb. 29 und Tab. 16 zeigen, wird neben Androgenon auch Skatol reduziert. immunokastrierte Eber wachsen nach der Boosterinjektion schneller als intakte Eber, was auf den geringeren Sexualtrieb und geringerem Aggressionsverhalten zurückgeführt wird. In der Rückenspeckdicke liegen Immunokastraten zwischen intakten und frühkastrierten Ebern. Auch der intramuskuläre Fettgehalt wird gegenüber intakten Jungebern angehoben.

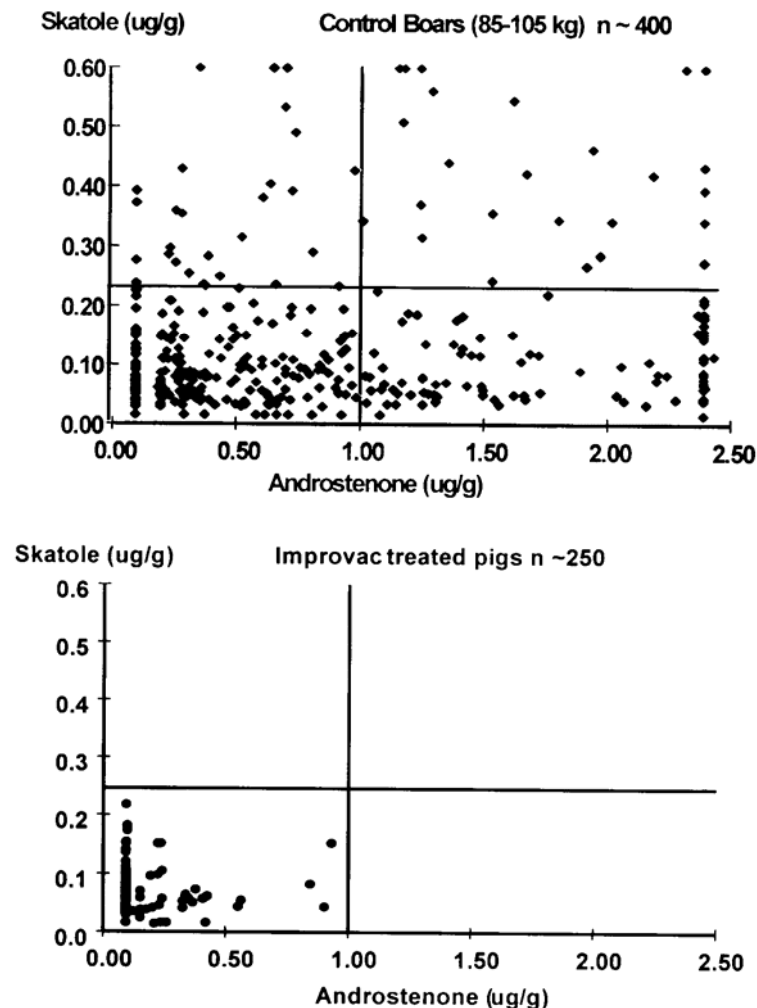


Abb. 30: Androgenon- und Skatolverteilung von Immunokastraten im Vergleich zu intakten Jungebern (Hennessy et al., 2000)

Je nach ursprünglichem Produktionssystem sehen die Vorteile der Immunokastration etwas anders aus:

verglichen mit Jungebermast:	verglichen mit Frühkastration:
- kein Ebergeruch	- bessere FVW
- höherer TZW nach 2. Injektion	- höherer Fleischanteil
- geringerer Sexualtrieb	- tierfreundlicher
- weniger Aggressionen	- geringere Nährstoffverluste
- höhere Mastendgewichte	
- höherer ImF-Gehalt	
- geringer Screening-Aufwand	

Man könnte meinen, die Quadratur des Kreises sei gefunden worden. Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus wird die Immunokastration in Deutschland, Frankreich, Holland und Kanada positiv aufgenommen und an Eigenentwicklungen gearbeitet. Die Kardinalfrage ist, ob das die Konsumenten auch so sehen.

4 Jungebermast unter schweizerischen Produktionsbedingungen

4.1 Bisherige Erfahrungen

In den Jahren 1979 bis 1984 wurden an der Forschungsanstalt Posieux umfangreiche Versuche über die Machbarkeit der Jungebermast durchgeführt (Chenuz und Jost, 1980; Jost, 1982; Stoll, 1982; Schnegg *et al.*, 1985). Die erzielten Ergebnisse haben zu einer optimistischen Einschätzung geführt.

In verschiedenen Versuchsserien wurden die Aspekte Proteingehalt, Proteinqualität, Mastendgewicht, Schlachalter, Gruppenhaltung, Sauenkontakt und Fleischqualität untersucht und mit einer Schlachthoferhebung ergänzt. Vorab mit der Lysinversorgung konnte der Tageszuwachs und die Futtermittelverwertung beeinflusst werden. Bei höheren Mastendgewichten sind die Zuwachsraten noch gestiegen. Mit insgesamt moderaten Proteingehalten (max. 18/16 % im Jager-/Ausmastfutter bei max. 0.8/0.67 g Lys/MJ VES) wurden bereits 1979/1982 unter *Ad-libitum*-Fütterung Leistungen von **831 – 979 g/Tag** (Gruppenmittelwerte) im Gewichtsbereich 25 – 95 bzw. 108 kg erbracht. Das Schlachalter variierte zwischen 142 – 170 Tagen. Kontakt zu Jungsauen hatte die Leistung nicht beeinflusst. Jungeber wiesen eine im Vergleich zu Kastraten und

Tab. 17: Schlachthoferhebungen Schweiz: Häufigkeit von Ebergeruch bei Zuchtebern

Schnegg <i>et al.</i> , 1985: Schlachthoferhebung						
1982-1983		Micarna Courtepin	Hinwil	Schaffhausen	St. Gallen	total
Dauer		5 Monate	13 Monate	10 Monate	10,5 Monate	
Eberschlachtungen		880	720	880	800	
ausgewertet		864	653	748	335	2600
Alter Tage	Mittel	159.1	164.1	161.3	168.6	
	sx	7.2	17.5	14.8	19.1	
	min – max	133-170	115-243	126-253	130-240	
SG warm kg	Mittel	76.5	77.7	79.3	76.2	
	sx	7.7	6.3	8.1	7.7	
	min - max	51.2-102.2	54.5-101.5	47.0-113.5	56.0-109.9	
nicht bankwürdig		0 %	4.3 %	13.7 %	18.7 %	8.2 %
Anteil < 78 kg SG		-				
und < 170 Tage alt			17.9 %	50 %	38.6 %	

König, 1992: Schlachthofstatistik Micarna Courtepin							
	Schweine- schlachtungen	Zwitter		Kryptorchiden		Eber	
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
1988	198713	180	0.091	203	0.10	1039	0.52
1989	203770	244	0.120	233	0.11	1169	0.57
1990	191799	183	0.095	217	0.11	1014	0.53
1991	199662	146	0.073	182	0.09	884	0.44
1988 -1991 nicht bankwürdig	0.38 %	20 %		84 %		8.2 %	
		--- Geschlechtsgeruch ---					

Leuzinger, 1993: Schlachthofstatistik St. Gallen			
Zeitraum	Eberproben total	bankwürdig	bedingt bankwürdig Geschlechtsgeruch
1983 – 1992 Jahresschwank. Monatsschwank.	14486	86.64 %	13.36 % 12.15 % – 14.99 % 11.70% - 15.95 %
1987 – 1992	6926	86.33 %	13.67 %
davon < 80 kg SG		57.43 %	55.86 %
> 80 kg SG		42.57 %	44.14 %

Jungauen vergleichbare Fleischqualität auf. Die altersabhängige Benotung der Zartheit und Saftigkeit zeigte auf, dass das Schlachtgewicht und Schlachalter nicht beliebig herabgesetzt werden können. Von den 225 geschlachteten Jungebern wurden aufgrund des Geruchstestes im Schlachthof alle als banktauglich erklärt. Daraus den Schluss zu ziehen, es sei überhaupt kein Ebergeruch aufgetreten, wird durch die Fleischdegustationen etwas relativiert, denn vereinzelt wurde Fremdgeruch festgestellt. Da die Jury nicht über die zu prüfende Fleischart informiert worden war, tauchte der Begriff 'Ebergeruch' in den Protokollen nicht auf. Hingegen das Attribut 'Stallgeruch' und 'säuelet' ist im Nachhinein als Ebergeruch zu werten. Die Androstenonsensitivität wurde nicht überprüft. Aus heutiger Sicht und mit dem heutigen Wissen erscheint die damals abgeleitete Empfehlung einer Alters (170 Tage)- und Gewichtslimite (100 kg) als zu optimistische Einschätzung. Die umfangreichen Androstenonanalysen der letzten 10 Jahre in Europa und Übersee haben die ganze Streubreite offengelegt und die EU-Frischfleischrichtlinie in Frage gestellt. Stationsergebnisse, die auf Tieren mit einer relativ engen genetischen Basis beruhen, sind bei Merkmalen mit hoher Variabilität vorsichtig zu interpretieren.

Die Variabilität geht auch aus den Schlachthofstatistiken hervor, wobei der Faktor Mensch (Fleischschauer) als zusätzliche Variationsursache mitwirkt (Tab. 17). In der Schlachthoferhebung von Schnegg *et al.* (1985) variiert der Anteil der wegen Ebergeruchs nicht bankwürdig beurteilten Zuchteber je nach Schlachthof zwischen 0 % und 18.7 %. Das Altersspektrum reicht von 115 bis 253 Tage. Beim Schlachthof der Micarna (Courtepin) sind während des Erhebungszeitraumes von 5 Monaten alle Zuchteber als bankwürdig beurteilt worden. In diesem Schlachthof war über eine gewisse Zeit eine Alterslimite bei der Anlieferung in Kraft. Diese Praxis wurde in der Zwischenzeit wieder gelockert (König, Micarna Courtepin 2000, pers. Mitteilung). Bei engem Altersspektrum beträgt der Anteil nicht bankwürdiger Jungeber im Mittel mehrerer Jahre 8.2 % (Tab. 17). Der angewendete Geruchstest besteht in einer Mikrowellenerhitzung der Unterkieferspeicheldrüse. Eine auffallend hohe Beanstandungsrate von 84 % tritt bei Kryptorchiden auf. Von den angelieferten Ebern im Schlachthof St. Gallen (Leuzinger, 1993) wurden im Durchschnitt von 10 Jahren 13.36 % wegen Geschlechtsgeruch beanstandet. Die Unterteilung der Daten in die Schlachtkörpergewichtsklassen <80 kg und >80 kg zeigt einmal mehr die Untauglichkeit der EU-Gewichtsgrenze als Mittel zur Aussonderung von geruchsbelasteten Schlachtkörpern.

Die herangezogenen Schlachthofstatistiken, die noch zu aktualisieren wären, sind gegenwärtig der einzige flächendeckende Anhaltspunkt über die Ebergeruchshäufigkeit in der Schweiz. Was fehlt, sind umfassende Daten über die Androstenonhäufigkeitsverteilung in der schweizerischen Schweinepopulation. Gleichzeitig würde sich die Gelegenheit bieten, den Speicheldrüsen-Mikrowellentest mit chemischen Analysen zu vergleichen und kritisch zu werten. Wie in den physiologischen Grundlagen dargelegt wurde, ist das Verhältnis Androstenon:Androstenol in der Speicheldrüse anders als im Fettgewebe.

4.2 Problemkreise, Forschungsbedarf

Die Machbarkeit der Jungebermast stolpert nicht in erster Linie über produktionstechnische Aspekte. Der Engpass ist und bleibt die Fleischqualität. Unter schweizerischen Produktionsbedingungen ergeben sich im Vergleich zum Ausland zusätzliche Einschränkungen gesetzlicher Art, wie zum Beispiel Tierschutz und Umweltschutz. Dazu kommen Auflagen, welche Labelbetriebe zu erfüllen haben. Einige Problemkreise und der abgeleitete Forschungsbedarf sind in Tab. 18 aufgelistet.

Tab. 18: Jungebermast: Forschungsbedarf unter schweizerischen Produktionsbedingungen

Schlachthof	Forschungsanstalt u.a.	Praxis
Schlachthofstatistik: vorhandene Daten über Ebergeruchstests, Alter, SG und Fettzahl auswerten und aktualisieren Geruchstest: laufende Geruchstests mit Androstenonanalysen vergleichen Schätzung Fleischanteil: geschlechtsgetrenntes Vorgehen Aggressivität: Erfassung von möglichen Hautschäden und Verletzungen (Tiere während Transport und im Warteraum nicht vermischen).	Androstenonanalytik: ELISA-Test etablieren allenfalls Skatolanalyse	
	Androstenonhäufigkeitsverteilung:	
	erstellen aus Schlachthofproben und Versuchstieren der Anstalt und Praxis; mit Biopsien Zeitverläufe an Einzeltieren erfassen	
	Fettqualität:	
	Fettzahl Einzeltiere, ImF, FSM, PUFA in Fett und Futter	Fettzahl Einzeltiere, PUFA im Futter
	Datenbank: illeale Verdaulichkeit Proteinträger, Faserträger (NSP); Rezepturen für Labelbetriebe	Mastversuche mit verschiedenen Rezepturen und Skatolkontrolle
	Immunokastration:	
	Erfolgsquote, Mastleistung, Androstenon, ev. Hormone, Geschlechtsorgane, N-Verwertung, Schlachtkörperzusammensetzung, Fettzahl, ImF, PUFA im Fett	Praxistauglichkeit, Erfolgsquote, Mastleistung, Fleischanteil, Androstenon, Fettzahl, Akzeptanz
	aggressive Verhaltensmuster	
	in allen Versuchen begleitend beobachtete aggressive Verhaltensweisen festhalten	

Der Verzicht auf die Verwendung synthetischer Aminosäuren in Biobetrieben hat Auswirkungen auf die Futterrezeption. Für eine gleiche Aminosäurenversorgung muss der Rohproteingehalt angehoben werden. Da die Skatolbildung von der Menge an nicht im Dünndarm verdaulichem Protein direkt abhängt, sind die Kenntnisse über die illeale Verdaulichkeit der Proteinträger zu vervollständigen und in einer Datenbank systematisch zusammenzutragen, die auch weniger bekannte Futtermittel einschliesst. Ebenfalls Skatol relevant ist der Einsatz verschiedener Faserträger (NSP, Pektin, FOS), die im Einzelfall im Praxiseinsatz zu optimieren und die Wirksamkeit über Skatolkontrollen zu überprüfen wären.

Ein weiterer Problemkreis umfasst die Fettqualität: intramuskulärer Fettgehalt, Fettzahl, PUFA-Gehalt müssten systematisch unter unterschiedlichen Fütterungsbedingungen erfasst werden. Eine Frage, die sich stellt, ist, ob mit Jungebern die empfohlenen PUFA-Futterrestriktionen genügen.

Erste Priorität bei weiterführenden Arbeiten ist der Etablierung des Androstenontests (ELISA) einzuräumen, um ein Häufigkeitsprofil vorerst anhand von Zuchtebern in Zusammenarbeit mit Schlachthöfen zu erstellen, das gezielt mit Versuchstieren (Anstalt und Praxis) ergänzt werden kann. Ziel sollte eine möglichst breite Abstützung der Daten sein. Dabei könnte der Speicheldrüsengeruchstest überprüft werden. Von diesen Ergebnissen hängt die weitere Vorgehensweise entscheidend ab. Sollte sich eine der EU-Studie analoge Verteilung ergeben, drängt sich die Immunokastration auf, die in Anstalts- und Praxisversuchen zu prüfen wäre. Vorausgesetzt, dass jegliche gesundheitliche Risiken ausgeschlossen werden können, muss die Akzeptanz in der Bevölkerung abgeklärt werden.

In allen Versuchen sollten systematisch Erhebungen über aggressive Verhaltensmuster durchgeführt werden, da es einige Hinweise auf problematisch werdende Rankämpfe gibt. Des Weiteren erfordert die Bezahlung nach Fleischanteil, wenn diese auf einer Schätzung beruht, eine Korrektur für die Kategorie Jungeber (höchstwahrscheinlich die Immunokastraten eingeschlossen). Dazu braucht es Datenmaterial aus Vollzerlegungen.

Die abschliessende Wertung der Machbarkeit der Jungebermast unter schweizerischen Produktionsbedingungen setzt die oben erwähnten Untersuchungen voraus. Es ist davon auszugehen, dass Schweizer Konsumenten sich in ihren Qualitätsansprüchen von Konsumenten mit angelsächsischen Essgewohnheiten unterscheiden und entsprechend sensibel auf Geruchs- und Geschmacksabweichungen reagieren werden. Nicht der Durchschnittskonsument setzt den Massstab, sondern die für Androstenon sensitiven Personen, denn alle Bevölkerungsschichten haben ein Recht auf einwandfreie Fleischqualität. In diesem Sinne hat die Jungebermast strengen Anforderungen zu genügen. Die Frage ist, mit welcher Aussortierungsrate diese Vorgabe eingehalten werden kann.

5 Literatur

- Abouzied M.M., Asghar A., Pearson A.M., Gray J.I., Miller E.R. and Pestka J.J., 1990. Monoclonal Antibody-Based Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for C₁₉- Δ^{16} -Steroids in Sera of Boar Pigs. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 331 – 335.
- Agergaard N. and Laue A., 1998. Absorption of skatole in the digestive tract of entire male pigs, 77 – 96. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Agergaard N., Borg Jensen B., Laue A. and Jensen M.T., 1998. Production and absorption of skatole to portal vein blood following tryptophan infusion to the hind gut, 97 – 110. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Andersson K., Schaub A., Andersson K., Lundström K., Thomke S. and Hansson I., 1997. The effects of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. *Livest. Prod. Sci.* **51**, 131 – 140.
- Andersson H., Rydhmer L., Lundström K., Wallgren M., Andersson K. and Forsberg M., 1998. Influence of artificial light regimens on sexual maturation and boar taint in entire male pigs. *Anim. Reprod. Sci.* **51**, 31 - 43.
- Andersson H., Wallgren M., Rydhmer L., Lundström K., Andersson K. and Forsberg M., 1998b. Photoperiodic effects on pubertal maturation of spermatogenesis, pituitary responsiveness to exogenous GnRH, and expression of boar taint in crossbred boars. *Anim. Reprod. Sci.* **54**, 121 – 137.
- Andersson H.K., Hullberg A., Malmgren L., Lundström K., Rydhmer L. and Squires J., 1999. Sexual maturity in entire male pigs. *Acta Agric. Scand., Sect. A. Animal Sci.* **49**, 103 – 112.
- Andersson K.A., Hullberg A., Malmgren L., Lundström K., Squires J. and Rydhmer L., 1997. Relations between boar taint and puberty in entire male pigs, 70 – 76. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers
- Andresen O., Froystein T., Rodbotten M., Mortensen H.P., Eik-Nes O. and Lea P., 1993. Sensoric evaluation of boar meat with different levels of androstenone and skatole, 69 – 74. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Annor-Frempong I.E., Nute G.R., Whittington F.W. and Wood J.D., 1997. The Problem of Taint in Pork: 1. Detection Thresholds and Odour Profiles of Androstenone and Skatole in a Model System. *Meat Science* **46**, 45 – 55.
- Annor-Frempong I.E., Nute G.R., Wood J.D., Whittington F.W. and West A., 1998. The Measurement of the Responses to Different Odour Intensities of Boar Taint Using a Sensory Panel and an Electronic Nose. *Meat Science* **50**, 139-151

- Annor-Frempong I.E., Nute G.R., Whittington F.W. and Wood J.D., 1997. The Problem of Taint in Pork-III. Odour Profile of Pork and the Interrelationships between Androstenone, Skatole and Indole Concentrations. *Meat Science* **47**, 63-76
- Annor-Frempong I.E., Nute G.R., Whittington F.W. and Wood J.D., 1997. The Problem of Taint in Pork-II. The influence of Skatole, Androstenone and Indole, Presented Individually and in Combination in a Model Lipid Base, on Odour Perception. *Meat Science* **47**, 49-61
- Anonym, 1993. Teure Ebermast, *SUS* **4**, 13
- Anonym, 1994. Eberfleisch, *Der praktische Tierarzt* **1**, 83
- Anonym, 1994. Ebermast und Salmonellen, *SUS* **1**, 12
- Anonym., 1999. Marktanteil in Deutschland geschrumpft, *Fleischwirtschaft* **2**, 24-25
- Babol J. and Squires E.J., 1995. Quality of meat from entire male pigs. *Food Res. Intern.* **28** (3), 201 – 212.
- Babol J., Squires E.J. and Gullett E.A., 1996a. Investigation of factors responsible for the development of boar taint. *Food Res. Intern.* **28** (6), 573 – 581.
- Babol J., Squires E.J. and Bonneau M., 1996. Factors regulating the concentrations of 16-androstene steroids in submaxillary salivary glands of pigs. *J. Anim. Sci.* **74**, 413 – 419.
- Babol J., Squires E.J. and Lundström K., 1998. Hepatic Metabolism of Skatole in Pigs by Cytochrome P4502E1. *J. Anim. Sci.* **76**, 822 – 828.
- Babol J., Squires E.J. and Lundström K., 1998. Relationship Between Oxidation and Conjugation Metabolism of Skatole in Pig Liver and Concentrations of Skatole in Fat. *J. Anim. Sci.* **76**, 829 - 838.
- Babol J., Squires E.J. and Lundström K., 1999. Relationship Between Metabolism of Androstenone and Skatole in Male Pigs. *J. Anim. Sci.* **77**, 84 - 92.
- Baek C., Cornett C., Friis C., Hansen S.H. and Hansen-Møller J., 1998. Identification of selected metabolites of skatole in plasma and urine in pigs, 111 – 128. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Baek C., Hansen-Møller J. Friis C., Cornett C. and Hansen S.H., 1997. Identification of Selected Metabolites of Skatole in Plasma and Urine from Pigs. *J. Agric. Food Chem.* **45**, 2332 – 2340.
- Barton-Gade P.A., 1986. Meat and Fat Quality in Boars, Castrates and Gilts. *Livest. Prod. Sci.* **16**, 187-196
- Beattie V.E., Weatherup R.N., Moss B.W. and Walker N., 1999. The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Science* **52**, 205-211

- Bejerholm C. and Barton-Gade P., 1993. The relationship between skatole/androstenone and odour/flavour of meat from entire male pigs, 75 – 80. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Berg H., Agerhem H., von Seth G., Tornberg E. and O. Andresen, 1993. The relationship between skatole and androstenone content and sensory off-odour in entire male pigs, 55 – 62. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Bidanel J.P., Milan D., Chevalet C., Woloszyn N., Caritez J.C., Gruand J., Le Roy P., Bonneau M., Renard C., Vaiman M., Gellin J. and Ollivier L. 1997. Chromosome 7 mapping of a quantitative trait locus for fat androstenone level in Meishan x Large White F2 entire male pigs, 115 – 118. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers
- Blanchard P.J., Ellis M., Warkup C.C., Hardy B., Chadwick J.P. and Deans G.A., 1999a. The influence of rate of lean and fat tissue development on pork eating quality. *Animal Science* **68**, 477-485
- Blanchard P.J., Ellis M., Warkup C.C., Chadwick J.P. and Willis M.B., 1999b. The influence of sex (boars and gilts) on growth, carcass and pork eating quality characteristics. *Animal Science* **68**, 487-493
- Blanchard P.J., Warkup C.C., Ellis M., Willis M.B. and Avery P., 1999c. The influence of the proportion of Duroc genes on growth, carcass and pork eating quality characteristics. *Animal Science* **68**, 495-501
- Bonneau M. et Desmoulin B., 1980. Evolution de la teneur en androsténone des graisses après 80 kg de poids vif chez le porc mâle entier de type Large White: variations selon les conditions d'élevage. *Journées Rech. Porcine en France*, 109 – 116.
- Bonneau M., 1982. Influence de l'âge, du poids et de la vitesse de croissance sur la teneur en androsténone des graisses de jeunes porcs mâles entiers. *Ann. Zootech.* **31** (1), 27 – 36.
- Bonneau M., 1982. Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone: a review. *Livest. Prod. Sci.* **9**, 687-705
- Bonneau M. and Russeil P., 1985. The size of cowper's (bulbo-urethral) glands as an estimate of boar taint on the slaughter line. *Livest. Prod. Sci.* **13**, 169 – 178.
- Bonneau M., Carrié-Lemoine J. and Mesure-Morat M., 1987. Genital Tract Development and Histomorphometrical Traits of the Testis in the Young Boar: Relationships with Fat 5 α -Androstenone Levels. *Anim. Repr. Sci.* **15**, 259 – 263.
- Bonneau M., Carrié-Lemoine J., Prunier A., Garnier D.H. and Terqui M., 1987a. Age-related changes in plasma LH and testosterone concentration profiles and fat 5 α -androstenone content in the young boar. *Anim. Repr. Sci.* **15**, 241 – 258.

- Bonneau M., 1987. Effects of age and live weight on fat 5 α -androstenone levels in young boars fed two planes of nutrition. *Reprod. Nutr. Develop.* **27** (2 A), 413 – 422.
- Bonneau M., Le Denmat M., Vaudelet J.C., Veloso Nunes J.R., Mortensen A.B. and Mortensen H.P., 1992. Contributions of fat androstenone and skatole to boar taint: I. Sensory attributes of fat and pork meat. *Livest. Prod. Sci.* **32**, 63-80
- Bonneau M., Le Denmat M., Vaudelet J.C., Veloso Nunes J.R., Mortensen A.B. and Mortensen H.P., 1992. Contributions of fat androstenone and skatole to boar taint: II. Eating quality of cooked hams. *Livest. Prod. Sci.* **32**, 81-88
- Bonneau M., 1993. Effects of different compounds on boar taint. *44th Annual Meeting of the E.A.A.P. 16-19 August, Pig Production*, 1-8
- Bonneau M., Dufour R., Chouvet C., Roulet C., Meadus W. and Squires E.J., 1994. The effects of immunization against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. *J. Anim. Sci.* **72**, 14 – 20.
- Bonneau M. and W.J. Enright 1995. Immunocastration in cattle and pigs. *Livest. Prod. Sci.* **42**, 193-200
- Bonneau M., 1997. EU research programme on boar taint: overall presentation of the programme, aim, participants, general organisation, 3 – 6. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers
- Bonneau M., 1998. Use of Entire Males for Pig Meat in the European Union. *Meat Science* **49**, 257-272
- Bonneau M., Walstra P., Claudi-Magnussen C., Kempster A.J., Tornberg E., Fischer K., Diestre A., Siret F., Chevillon P., Claus R., Dijksterhuis G., Punter P., Matthews K.R., Agerhem H., Béague M.P., Oliver M.A., Gispert M., Weiler U., Von Seth G., Leask H., Font i Furnols M., Homer D.B. and Cook G.L., 2000. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: IV. Simulation studies on consumer dissatisfaction with entire male pork and the effect of sorting carcasses on the slaughter line, main conclusions and recommendations. *Meat Science* **54**, 285-295
- Bonneau M., Kempster A.J., Claus R., Claudi-Magnussen C., Diestre A., Tornberg E., Walstra P., Chevillon P., Weiler U. and Cook G.L., 2000. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: I. Presentation of the programme and measurement of boar taint compounds with different analytical procedures. *Meat Science* **54**, 251-259
- Booth W.D., 1986. 16-androstene steroids in the submaxillary salivary gland of the boar in relation to measures of boar taint in carcasses. *Anim. Prod.* **42**, 145 – 152.
- Branscheid W., 1995. Die Ebermast - Fragen und Konsequenzen bei der Produktion von Schweinefleisch. Zielsetzung und Durchführung des Versuchs, 1 – 2. In: *Die Ebermast*,

Angewandte Wissenschaft Heft **449**, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster

Brennan J.J., Shand P.J., Fenton M., Nicholls L.L. and Aherne F.X., Androstenone, androstenol and taint intensity in backfat of 100 and 130 kg boars and gilts. *Can. J. of Anim. Sci., Abstract of technical papers*, 327

Brooks R.I. and Pearson A.M., 1986. Steroid Hormone Pathways in the Pig, with Special Emphasis on Boar Odor: A Review. *J. Anim. Sci.* **62**, 632 – 645.

Brooks R.I. and Pearson A.M., 1989. Odor Thresholds of the C₁₉-Δ¹⁶-Steroids Responsible for Boar Odor in Pork. *Meat Science* **24**, 11 – 19.

Cameron N.D., Penman J.C., Fisker A.C., Nute G.R., Perry A.M. and Whittington F.W., 2000. Boar taint in pigs selected for components of efficient lean growth rate. *Meat Science* **54**, 147-153

Campbell R.G., Taverner M.R. and Curic D.M., 1988. The effects of sex and live weight on the growing pig's response to dietary protein. *Animal Production* **46**, 123-130

Chenuz M. et Jost M., 1980. Influence de niveau azoté de l'aliment et du poids à l'abattage sur les performances d'engraissement et les défauts d'odeur et de goût de la viande chez le porc mâle entier. *Interner Versuchsbericht der FAG*

Claus R. und Weiler U., 1987. Umwelteinflüsse auf das geschlechtsspezifische Wachstumsvermögen. *Übers. Tierernährung* **15**, 301-316

Claus R., Mahler G. und Münster E., 1988. Determination of the boar taint steroid 5α-androst-16-en-3-one in adipose tissue of pigs with a rapid microtitre plate enzyme-immunoassay (MTE). *Archiv für Lebensmittelhygiene* **37**, 85-108

Claus R., Dehnhard M., Herzog A., Bernal-Barragan H. and Giménez T., 1993. Parallel measurements of indole and skatole (3-methylindole) in feces and blood plasma of pigs by HPLC. *Livest. Prod. Sci.* **34**, 115 – 126.

Claus R., 1993. Die unendliche Geschichte der Ebermast – Eine historisch-physiologische Analyse. *Fleischwirtsch.* **73** (4), 449 – 453.

Claus R., Weiler U. and Herzog A., 1994. Physiological Aspects of Androstenone and Skatole Formation in the Boar – A Review with Experimental Data. *Meat Science* **38**, 289 – 305.

Claus R., 1995. Vergleichende Wertung der Ergebnisse aus dem Gemeinschaftsversuch zur Ebermast, 84 – 91. In: *Die Ebermast*, Angewandte Wissenschaft Heft **449**, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster

Claus R., Raab S. and Röckle S., 1996. Skatole concentrations in blood plasma of pigs as influenced by the effects of dietary factors on gut mucosa proliferation. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* **76**, 170 – 179.

- Claus R., Herbert E. and Dehnhand M., 1997. Comparative determination of the boar taint steroid androstenone in pig adipose tissue by a rapid enzyme immunoassay and an HPLC-method. *Archiv für Lebensmittelchemie* **48**, 25-48
- Davis S.M. and Squires E.J., 1999. Association of Cytochrome b₅ with 16-Androstene Steroid Synthesis in the Testis and Accumulation in the Fat of Male Pigs. *J. Anim. Sci.* **77**, 1230 – 1235.
- De Brabander H.F. and Verbeke R., 1986. Quantitative Determination of Androstenone in Pig Adipose Tissue. *Journal of Chromatography* **363**, 293-302
- Dehnhard M., Claus R., Herbert E. und Hillenbrand M., 1995. Skatol- und Androstenonkonzentrationen in Fleischerzeugnissen aus Eberschlachtkörpern, 55 – 71. In: *Die Ebermast*, Angewandte Wissenschaft Heft **449**, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster
- Diestre A., M.A. Olivier, M. Gispert, I. Arpa and Arnau J., 1990. Consumer Responses to Fresh Meat and Meat Products from Barrows and Boars with Different Levels of Boar Taint. *British Society of Animal Production* **50**, 519-530
- Dobrowolski A., Höreth R. und Branscheid W., 1995. Mastleistung von Ebern, 6 – 13. In: *Die Ebermast*, Angewandte Wissenschaft Heft **449**, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster
- Eder K., 1999. Optimierung lebensmitteltechnischer Prozesse: Neuronale Netze und evolutionäre Algorithmen. *Fleischwirtschaft* **3**, 87 - 90
- Edwards A.C. and Campbell R.G., 1993. Energy-Protein Interactions in Pigs. In: *Recent Developments in Pig Nutrition 2*, Ed. Cole D.J.A., Haresign A., Garnsworthy P.C., Nottingham University Press
- Edwards S.M., Squires E.J., VanDerMark P.K. and Steggles A.W., 1997. Involvement of cytochrome b₅ in androstenone biosynthesis, 66 – 69. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers
- Ellis M. and McKeith F.K., 1993. Factors Affecting the Eating Quality of Pork. In: *Growth of the Pig*, Ed. Hollis G.R., CAB International
- Ender K., Lieberenz M., Siegl O. und Steinberg M., 1987. Jungebermast und Ebergeruch. *Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der deutschen Demokratischen Republik* **25**, 3-49
- Fischer K., Kulmbach u. Weiler U., Stuttg.-Hohenh., 1995. Aspekte der sensorischen Qualität von Eberfleisch, 46 – 54. In: *Die Ebermast*, Angewandte Wissenschaft Heft **449**, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster

- Fouilloux MN., Le Roy P., Gruand J., Renard C., Sellier P. and Bonneau M., 1997. Support for single major genes influencing fat androstenone level and development of bulbo-urethral glands in young boars. *Genet Sel Evol* **29**, 357 – 366.
- Fortin A., 1993. Canadian research programs on the production and marketing of pork from intact males: an integrated approach, 21 – 27. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Friis C., 1993. Distribution, metabolic fate and elimination of skatole in the pig, 113 – 116. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Fuller M.F., Franklin M.F., McWilliam R. and Pennie K., 1995. The responses of growing pigs of different sex and genotype to dietary energy and protein. *Animal Science* **60**, 291-298
- Garcia-Macias J.A., Gispert M., Oliver M.A., Diestre A., Alonso P., Munoz-Luna A., Siggers K. and Cuthbert-Heavens D., 1996. The effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pig carcasses. *Animal Science* **63**, 487-496
- Garcia-Regueiro J.A. and Diaz I., 1989. Evaluation of the Contribution of Skatole, Indole, Androstenone and Androstenols to Boar-Taint in Back Fat of Pigs by HPLC and Capillary Gas Chromatography (CGC). *Meat Science* **25**, 307 – 316.
- Giersing M., Lundström K. and Andersson A., 2000. Social effects and boar taint: significance for production of slaughter boars (*Sus scrofa*). *J. Anim. Sci.* **78**, 296 – 305.
- Gilbert A.N. and Wysocki C.J., 1987. The smell survey. Results. *National Geographics* **172**, 514-525
- Godt J., Kristensen K., Poulsen C.S., Juhl H.J. and Bech A.C., 1996. A consumer study of Danish entire male pigs. *Fleischwirtschaft* **76**, 518-520
- Grinwich D.L., Cliplef R.L. and McKay R.M., 1988. Measurement of 16-Androstenes (5 α -Androst-16-en-3-one/5 α -Androst-16-en-3 α -ol) in Saliva of Mature Boars of two Breeds Following Castration. *Can. J. Anim. Sci.* **68**, 969-972
- Guéblez R., Sellier P., Fernandez X. et Runavot J.P., 1993. Comparaison des caractéristiques physico-chimiques et technologiques des tissus maigre et gras de trois races porcines françaises (large white, landrace français et piétrain). 1. Caractéristique du tissu maigre. *Journées rech. Porcine en France* **25**, 5-12
- Guéblez R., Sellier P. et Runavot J.P., 1993. Comparaison des caractéristiques physico-chimiques et technologiques des tissus maigre et gras de trois races porcines françaises (large white, landrace français et piétrain). 2. Caractéristiques de la bardière. *Journées rech. Porcine en France* **25**, 23-28
- Haugen J.E. and Kvaal K., 1998. Electronic Nose and Artificial Neural Network. *Meat Science* **49**, 273-286

- Hansen L.L., Larsen A.E., Jensen B.B., Hansen-Møller J. and Barton-Gade P., 1994. Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Animal Production* **59**, 99-110
- Hansen L.L., Larsen A.E., und Hansen-Møller J., 1995. Influence of Keeping Pigs Heavily Fouled with Faeces plus Urine on Skatole and Indole Concentration (Boar Taint) in Subcutaneous Fat. *Acta Agric. Scand. Sect. A. Animal Sci.* **45**, 178-185
- Hansen L.L., Larsen A.E., Jensen B.B. and Hansen-Møller J., 1997. Short time effect of zinc bacitracin and heavy fouling with faeces plus urine on boar taint. *Animal Science* **64**, 351-363
- Hansen L.L., 1998. Influence of environmental factors and antibiotics on skatole in pigs, 137 – 150. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Hansen-Møller J., 1992. Determination of indolic compounds in pig back fat by solid-phase extraction and gradient high-performance liquid chromatography with special emphasis on the boar taint compound skatole. *Journal of Chromatography* **624**, 479 – 490.
- Hansen-Møller J. und Andersen J.R., 1994. Analysenmethoden zur Feststellung von Ebergeruch. *Fleischwirtschaft* **74**, 1005-1009
- Hansen L.L., Lundström K., Laue A., Jensen M.T., Agergaard N., Baek C. and Hansen-Møller J., 1997. Skatole and androstenone pattern during the growth period from 90 to 120 kg live weight in pigs with high or low skatole levels in back fat at slaughter, 131 – 134. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers
- Hawe S.M., Walker N. and Moss B.W., 1992. The effects of dietary fibre, lactose and antibiotic on the levels of skatole and indole in faeces and subcutaneous fat in growing pigs. *Animal Production* **54**, 413-419
- Hennessy D.P., Colantoni C., Dunshea F.R., Howard K., Jackson P., Long K., Lopaticki S., Sali L., Simons J. and Walker J., 1997. Elimination of boar taint: a commercial boar taint vaccine for male pigs, 141-144. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers
- Hennessy D.P., Dunshea F.R., McCauley I., Colantoni C., Jackson P., Long K.A., Lopaticki S., Nugent E.A., Simons J.A. and Walker J., 2000. Immunocastration – World First Boar Taint Vaccine, *The 6th International Pig Veterinary Society Congress, Melbourne, Australia, 17-20 Sept.*, 315-323
- Heinzelmann R., 1999. Beurteilung von Eber-, Zwitter- und Kryptorchiden (Binneneber)fleisch. *Fleischwirtschaft* **9**, 34-39
- Jensen M.T., Cox R.P. and Jensen B.B., 1995. Microbial production of skatole in the hind gut of pigs given different diets and its relation to skatole deposition in backfat. *Animal Science* **61**, 293-304

- Jensen B.B. and Jensen M.T., 1993. In vitro measurement of microbial production of skatole in the digestive tract of pigs, 99 – 106. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Jensen B.B. and Jensen M.T., 1998. Microbial production of skatole in the digestive tract of entire male pigs, 41 – 76. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Jensen B.B., Agergaard N., Hansen L.L., Mikkelsen L.L., Jensen M.T. and Laue A., 1998. Effect of liquid feed on microbial production of skatole in the hind gut, skatole absorption to portal blood and skatole deposition in back fat, 165 – 178. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute
- Jeremiah L.E., Gibson J.P., Gibson L.L., Ball R.O., Aker C. and Fortin A., 1999. The influence of breed, gender, and PSS (Halothane) genotype on meat quality, cooking loss, and palatability of pork. *Food Research International* **32**, 59-71
- Jost M., 1982. Voraussetzungen für die Mast von Jungebern: Aspekte der Fütterung. Vortragstagung vom 21. September 1982 "Fleischproduktion mit unkastrierten männlichen Schweinen" an der Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftl. Produktion Posieux
- Judge M.D., Mills E.W., Orcutt M.W., Forrest J.C., Diekman M.A., Harmon B.G., Lin R.S. and Nicholls L.L., 1990. Utilization of Boar Meat: Composition Quality and Odour Incidence in Relation to Androstenone and Skatole. *J. Anim. Sci.* **68**, 1030-1033
- Kjeldsen N., 1993. Practical experience with production and slaughter of entire male pigs, 137 – 144. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Kjeldsen N.J. und Udesen F., 1998. Practical experience from field studies with entire male pigs, 151 – 164. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Klettner P.-G. und Kühne D., 1995. Herstellung und sensorische Bewertung von Fleischerzeugnissen aus Rohstoffen von Börden und Ebern, 72 – 80. In: *Die Ebermast*, Angewandte Wissenschaft Heft **449**, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster
- Kluber E.F., Minton J.E., Stevenson J.S., Hunt M.C., Davis D.L., Hoagland T.A. and Nelssen J.L., 1988. Growth, carcass traits, boar odor and testicular and endocrine functions of male pigs fed a progestogen, altrenogest. *J. Anim. Sci.* **66**, 470 – 478.
- König M., 1992. Schweinefleisch mit Geschlechtsgeruch ist nicht bankwürdig!, *UFA-Revue* **10**, 28-30
- Laue A., Hansen-Møller J. and Agergaard N., 1997. The effect of peroral and intracaecal 3-methylindole administration on the quantitative absorption to the portal vein in growing intact male pigs. *Can. J. Anim. Sci.* **78**, 69 – 79.

Le Denmat M., Hervo N., Vaudelet J.C. et Bonneau M., 1993. Peut-on réduire l'incidence des odeurs sexuelles des viandes de porcs mâles entiers en diminuant le poids à l'abattage? *Journées Rech. Porcine en France* **25**, 13 – 22.

Le Denmat M., Hervo N., Vaudelet J.C. and Bonneau M., 1993. The effect of slaughter weight on fat androstenone and skatole levels and on the assessment of boar taint in entire male pigs, 167 – 172. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions

Leuzinger S. 1993. Beurteilung des Geruches und Geschmackes bei Eberfleisch. *Swiss Vet* **12**, 19 - 23

Lundström K., Hansson K.E., Fjelkner-Modig S. and Persson J., 1980. Skatole-Another Contributor to Boar Taint, 26th *European Meeting of Meat Research Workers*, Colorado Springs, 300-303

Lundström K., Malmfors B., Vahlun S., Kempster A.J., Andresen Ø and Hagelsø, 1985. Recent research on the use of boars for meat production – report from the EAAP working group meeting in Demark, 1984. *Livest. Prod. Sci.* **13**, 303-309

Lundström K., Malmfors B., Malmfors G., Stern S., Petersson H., Mortensen A.B. and Sorensen S.E., 1988. Skatole, Androstenone and Taint in Boars Fed Two Different Diets. *Livest. Prod. Sci.* **18**, 55-67

Magard M.A. and Berg Hans E.B., 1995. Determination of Androstenone in Pig Fat Using Supercritical Fluid Extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *J. Agri. Food Chem.* **43**, 114-120

Mayoral A.I., Dorado M., Guillén M.T., Robina A., Vivo J.M., Vazquez C. and Ruiz J., 1999. Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat Science* **52**, 315-324

Malmfors B. and Lundsrom K., 1983. Consumer Reactions to Boar Meat - A Review. *Livest. Prod. Sci.* **10**, 187-196

Malmfors B., Lundström K., Andresen Ø., Bonneau M., Kempster A.J. and Patterson R.L., 1990. Boars for meat production – report from the EAAP working group, Spain 1989. *Livest. Prod. Sci.* **26**, 319-326

Manns J.G. and Robbins S.R., 1997. Prevention of boar taint with a recombinant based GnRH vaccine, 137 – 140. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers

Matthews K.R., Homer D.B., Punter P., Béague M.-P., Gispert M., Kempster A.J., Agerhem H., Claudi-Magnussen C., Fischer K., Siret F., Leask H., Font i Furnols M. and Bonneau M., 2000. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries. *Meat Science* **54**, 271-283

- Meloen R.H., 1995. Basic aspects of immunomodulation through active immunization. *Livest. Prod. Sci.* **42**, 135 – 145.
- Mortensen A.B. and Sørensen S.E., 1984. Relationship between boar taint and skatole determined with a new analysis method. *30th European Meeting of Meat Workers*, Bristol, 9-14
- Moss B.W., Hawe S.M. and Walker N., 1993. Sensory thresholds for skatole and indole, 63 – 68. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Neupert B., Claus R., Herbert E. und Weiler U., 1995. Einfluss von Geschlecht, Fütterung und Lichtprogrammen auf Mastleistung und Schlachtkörperwert sowie die Androstenon- und Skatolbildung beim Schwein. *Züchtungskde* **67** (4), 317 – 331.
- Nold R.A., Romans J.R., Costello W.J., Henson J.A. and Libal G.W., 1997. Sensory Characteristics and Carcass Traits of Boars, Barrows, and Gilts Fed High- or Adequate-Protein Diets and Slaughtered at 100 or 110 Kilograms. *J. Anim. Sci* **75**, 2641-2651
- Oonk H.B., Turkstra J.A., Lankhof H., Schaaper W.M.M., Verheijden J.H.M. and Meloen R.H., 1995. Testis size after immunocastration as parameter for the absence of boar taint. *Livest. Prod. Sci.* **42**, 63 – 71.
- Oonk H.B., Turkstra J.A., Schaaper W.M.M., Erkens J.H.F., Schuitemaker-de Weerd, van Nes A., Verheijden J.H.M. and Meloen R.H., 1998. New GnRH-like peptide construct to optimize efficient immunocastration of male pigs by immunoneutralization of GnRH. *Vaccine* **16** (11/12), 1074 – 1082.
- Patterson R.L.S., 1969. Boar Taint: Its Chemical Nature and Estimation. “Meat production from entire male animals”. Symposium at the Meat Research Institute Langford, Bristol, April 1969, 247 - 260.
- Pedersen B., 1998. Heritability of skatole level in back fat, 129 – 136. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Quiniou N., J.-Y. Dourmad and Noblet J., 1996a. Effect of energy intake on the performance of different types of pig from 45 to 100kg body weight. 1. Protein and lipid deposition. *Animal Science* **63**, 277-288
- Quiniou N., Noblet J and Dourmad J.-Y., 1996b. Effect of energy intake on the performance of different types of pig from 45 to 100 kg body weight. 2. Tissue gain. *Animal Science* **63**, 289-296
- Raab S., Claus R. and Leiser R., 1997. Effects of dietary factors on gut cell turnover and its consequences for skatole concentrations in peripheral blood, 77 – 79. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers
- Rao D.S. and McCracken K.J., 1990. Protein requirements of boars of high genetic potential for lean growth. *Animal Production* **51**, 179-187

- Sabio E., Fallola A.F., Sanbria C. and Vidal-Aragón M.C., 1998. Iberian Ham. In: *Basis of the quality of typical Mediterranean animal products*, EAAP Publication N° 90, Wageningen Pers
- Sandersen B., 1993. Integrated national research on boar taint in Denmark: causes of boar taint in entire male pigs, 27 – 34. In: *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*, Les Colloques N° 60, INRA Editions
- Sellier P., Le Roy P., Fouilloux M.N., Gruand J. and Bonneau M., 2000. Responses to restricted index selection and genetic parameters for fat androstenone level and sexual maturity status of young boars. *Livest. Prod. Sci.* **63**, 265 – 274.
- Schilt R., Haasnoot W., Van Bennekom E.O., Hooijerink H., Weseman J.M., Korbee H.J. and Traag W.A., 1989., Determination of the boar taint steroid 5 -androst-16-en-3-one in adipose tissue of pigs by size exclusion chromatography (SWC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Archiv für Lebensmittelhygiene* **40**, 49-72
- Schnegg H.U., Stoll P. und Jost M., 1985. Häufigkeit von Ebergeruch bei der Schlachtung von Jungebern unterschiedlicher Herkunft. *Interner Versuchsbericht der FAG*
- Schneider F., Falkenberg H., Kuhn G., Nürnberg K. Rehfeldt Ch. and Kanitz W., 1998. Effects of treating young boars with a GnRH depot formulation on endocrine functions, testis size, boar taint, carcass composition and muscular structure. *Anim. Reprod. Sci.* **50**, 69 – 80.
- Stoier S. and Olsen E.V., 1998. Classification accuracy for on-line sorting of Danish entire male pigs, 179 – 188. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Stoll P., 1982. Voraussetzungen für die Mast von Jungebern: Aspekte der Fleischbeschaffenheit und der Geruchsabweichungen. Vortragstagung vom 21. September 1982 "Fleischproduktion mit unkastrierten männlichen Schweinen" an der Eidg. Forschungsanstalt für wirtsch. Produktion Posieux
- Squires E.J., Adeola O., Young L.G. and Hacker R.R., 1993. The role of growth hormones, β -adrenergic agents and intact males in pork production: A review. *Can. J. Anim. Sci.* **73**, 1-23
- Squires E.J., Gullett E.A., Fisher K.R.S. and Partlow G.D., 1991. Comparison of androst-16-ene steroid levels determined by a colorimetric assay with boar taint estimated by a trained sensory panel. *J. Anim. Sci.* **69**, 1092-1100
- Squires J.E., 1990. Studies on the suitability of a colorimetric test for androst-16-ene steroids in the submaxillary gland and fat of pigs as a simple chemical test for boar taint. *Can. J. Anim. Sci.* **70**, 1029-1040

- Tuomola M., Vahva M. and Kallio H., 1996. High-Performance Liquid Chromatography Determination of Skatole and Indole Levels in Pig Serum, Subcutaneous Fat, and Submaxillary Salivary Glands. *J. Agric. Food Chem.* **44**, 1265 – 1270.
- Tuomola M., Harpio R., Knuuttila P., Mikola H. and Lövgren T., 1997. Time-Resolved Fluoroimmunoassay for the Measurement of Androstenone in Porcine Serum and Fat Samples. *J. Agri Food Chem.* **45**, 3529-3534
- Udesen F.K., 1991. Dem üblen Geruch auf der Spur. *DLG-Mitteilungen/agrar-inform* **2**, 44-45
- Udesen F., 1998. Financial consequences of production of entire male pigs, 195 – 202. In: *Skatole and boar taint*, Danish Meat Research Institute, Roskilde
- Vahlun S., 1993. Erzeugung männlicher Schweine in Dänemark. *Fleischwirtschaft* **73**, 445-448
- Van Oeckel J., M. Casteels M., Warnants N., De Boever J.L., Van Renterghem R. and Boucqué Ch., 1996. Production of entire males with Belgian Landrace and hybrid pigs: the incidence of sensory aberrations. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* **76**, 111-121
- Van Oeckel M.J., Warnants N., De Paepe M., Casteels M. and Boucqué Ch.V., 1998. Effect of fibre-rich diets on the backfat skatole content of entire male pigs. *Livest. Prod. Sci.* **56**, 173-180
- Van Lunen T.A. and Cole D.J.A., 1996. The effect of lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male. *Animal Production* **63**, 465-475
- Walstra P., Claudi-Magnussen C., Chevillon P., Von Seth G., Diestre A., Matthews K.R., Homer D.B. and Bonneau M., 1999. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livest. Prod. Sci.* **62**, 15-28
- Weiler U., Claus R. und Hofäcker S., 1992. Ebermast und Geschlechtsgeruch: eine physiologische Analyse. *Lohmann Information*, Juli/August, 1 – 10.
- Weiler U., Dehnhard M., Herbert E. und Claus R., 1995. Einfluss von Geschlecht, Genotyp und Mastendgewicht auf die Androstenon- und Skatol-konzentrationen im Fett von Mastschweinen, 14 – 32. In: *Die Ebermast*, Angewandte Wissenschaft Heft **449**, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landwirtschaftsverlag Münster
- Weiler U., Fischer K., Kemmer H., Dobrowolski A. and Claus R., 1997. Influence of androstenone sensitivity on consumer reactions to boar meat, 147 – 151. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Pers
- Weiler U., Fonti i Furnols M., Fischer K., Kemmer H., Oliver M.A., Gispert M., Dobrowolski A. and Claus R., 2000. Influence of differences in sensitivity of Spanish

- and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Science* **54**, 297-304
- Willeke H., 1993. Possibilities of breeding for low 5 α -androstenone content in pigs. *Pig News and Information* **14**, 31N – 33N.
- Wiseman J., Redshaw M.S., Jagger S., Nute G.R., Whittington F.W. and Wood J.D., 1999. Influence of type and dietary rate of inclusion of non-starch polysaccharides on skatole content and meat quality of finishing pigs. *Animal Science* **69**, 123-133
- Wisner-Pedersen J., 1968. Boars as meat producers. *World Review of Animal Production* **4**, 100-109
- Xue J.L., Dial G.D., Bartsh S., Kerkaert B., Squires E.J., Marsh W.E. and Ferre G., 1994. Influence of a gonadotropin-releasing hormone agonist on circulating concentrations of luteinizing hormone and testosterone and tissue concentrations of compounds associated with boar taint. *J. Anim. Sci.* **72**, 1290 – 1298.
- Xue J.L., Dial G.D. and Morrison R.B., 1996. Comparison of the accuracies of chemical and sensory tests for detecting taint in pork. *Livest. Prod. Sci.* **46**, 203-211
- Xue J.L., Dial G.D., Holton E.E., Vickers Z., Squires E.J., Lou Y., Godbout D. and Morel N., 1996. Breed Differences in Boar Taint: Relationship between Tissue Levels of Boar Taint Compounds and Sensory Analysis of Taint. *J. Anim. Sci.* **74**, 2170-2177
- Yen H.T., Cole D.J.A. and Lewis D., 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. *Animal Production* **43**, 141-154
- Yen H.T., Cole D.J.A. and Lewis D., 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. *Animal Production* **43**, 155-165