

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität Kiel¹⁾ und dem Institut für Tierzuchtwissenschaft der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn²⁾

JOACHIM KRIETER¹⁾ und ERNST THOLEN²⁾

Berücksichtigung der Fleischqualität bei der Selektion innerhalb Linien beim Schwein - eine Studie

Herrn Professor Dr. Erhard Kallweit zum 65. Geburtstag gewidmet

Summary

Title of the paper: Selection for meat quality within pure bred lines in swine – a study

The main criticism of the operators at the present final products concern the variance in valuable cuts and meat quality traits and the absence of any favourable attributes. The paper reviews traits which can be used to determine pig meat quality in terms of methods, genetic parameters, economic importance and selection response (index, QTL). Heritability estimates of meat quality traits from the literature and own analyses show low or moderate values. In halothane negative populations heritabilities are diminished which is also true for the correlations between meat quality and carcass traits. The relationship among intramuscular fat and sensoric attributes is in general low so the role of intramuscular fat for sensoric aspects should not be overestimated. The economic values of meat quality depend on the population level and the monetary evaluation. Due to the optimum values for most quality traits the relationship between population mean and valuation is nonlinear. Using different hypothetical payment system the economic value for IMF is calculated. The results show that only in the situation where the population mean is close to the optimum of 2.5 % a high economic value for IMF can be justified. Finally improving meat quality by selection index and QTL-information is discussed. The future selection strategy should focus on halothane negative lines (using MHS-information) due to the minimization of meat failures and reduction of variance in carcass and meat quality traits. At present the inclusion of further traits (e.g. intramuscular fat) is not indicated. Requirements for special market segments can be performed using complementary levels of different breeds.

Key Words: pig, meat quality, genetic foundation, selection response, QTL, economic values

Zusammenfassung

Die wesentlichen Kritikpunkte der Vermarkter an den derzeitigen Endprodukten konzentrieren sich auf eine zu hohe Varianz in dem Anteil wertvoller Teilstücke und den wichtigsten Fleischbeschaffenheitskriterien sowie auf das Fehlen besonderer Qualitätseigenschaften. Vor diesem Hintergrund befasst sich der vorliegende Beitrag mit der Selektionswürdigkeit (Genauigkeit der Merkmalserfassung, genetische Fundierung, ökonomische Bedeutung) von Merkmalen der Fleischbeschaffenheit innerhalb von Zuchtlinien.

Die Auswertung der Literaturergebnisse und eigene Schätzungen zeigen, dass die Merkmale der Fleischbeschaffenheit (Verarbeitung, Sensorik) niedrige bis mittlere h^2 -Werte aufweisen. In MHS stressfreien NN-Linien sind tendenziell niedrigere Heritabilitäten zu finden. In ähnlicher Weise ist die antagonistische Beziehung zwischen der Fleischqualität und dem Fleischanteil in diesen Linien weniger deutlich ausgeprägt. Auffällend sind die niedrigen Korrelationen zwischen dem Intramuskulären Fettgehalt und den sensorischen Kriterien in stressfreien Linien, so dass die Bedeutung des Intramuskulären Fettgehaltes als Hilfskriterium für sensorische Eigenschaften nicht überschätzt werden sollte.

Bei der Ableitung ökonomischer Gewichte für die Merkmale der Fleischbeschaffenheit ist die nichtlineare Beziehung zwischen Werteskala und monetärer Bewertung zu beachten. Am Beispiel des Intramuskulären Fettgehaltes (IMF) wird der Wirtschaftlichkeitskoeffizient in Abhängigkeit vom Populationsniveau, der Streuung und verschiedener hypothetischer Bezahlungssysteme abgeleitet. Abschließend wird die Verbesserung der Fleischbeschaffenheit über die Einbeziehung in den Gesamtzuchtwert und über Markerinformationen diskutiert. Hierbei lässt sich schlussfolgern, dass die künftigen Selektionsstrate-

gien auf eine konsequente Elimination des MHS-Schadallels P der Vaterlinien ausgerichtet sein sollte. Diese Vorgehensweise beinhaltet die Minimierung von Fleischbeschaffenheitsmängeln und verbessert zugleich die Uniformität der Endprodukte bezüglich der Kriterien der Fleischbeschaffenheit und Fleischfülle. Eine Berücksichtigung weiterer Qualitätsparameter bei der Selektion innerhalb von Linien ist derzeit nicht angezeigt, da eine Einbeziehung in ein generelles Bezahlungssystem nicht absehbar ist. Spezielle Anforderungen in bestimmten Marktsegmenten können über die Nutzung komplementärer Populationsdifferenzen einzelner Linien erfüllt werden.

Schlüsselwörter: Schwein, Fleischqualität, Selektionswürdigkeit, genetische Fundierung, Selektionserfolg, QTL

1. Einleitung

Der Wert eines Schlachtieres hängt im Wesentlichen vom Schlachtertrag und der Schlachtkörperqualität ab. Die Schlachtkörperqualität beinhaltet neben der Schlachtkörperzusammensetzung die Fleisch- und Fettqualität. Die wesentlichen Kritikpunkte der Vermarkter an den derzeitigen Endprodukten konzentrieren sich auf eine zu hohe Varianz des Anteils wertvoller Teilstücke und der wichtigsten Fleischbeschaffenheitskriterien. Darüber hinaus wird das Fehlen besonderer Qualitätseigenschaften bemängelt. Vor diesem Hintergrund befasst sich der vorliegende Beitrag mit der Selektionswürdigkeit der Fleischbeschaffenheit in Reinzuchlinien. Diskutiert werden Fragen der Merkmalserfassung und genetischen Fundierung von Fleischbeschaffenheitsmerkmalen sowie Selektionsstrategien einschließlich der Verwendung von Markerinformationen.

2. Merkmalserfassung

Tabelle 1 beinhaltet die charakterisierenden Eigenschaften für die derzeitig züchterisch und ökonomisch bedeutsamen Merkmale der Fleischqualität.

Tabelle 1

Ausgewählte Merkmale der Fleischbeschaffenheit – Methoden, Mittelwerte (\bar{x}) Standardabweichung (s) und Wiederholbarkeiten (w) (Selected meat quality traits – methods, means, standard deviation and repeatability)

Merkmal	Interesse	Methode	\bar{x}	s	w
pH-Wert	Verbraucher/	pH-Meter	45 Min	5,50 – 6,60	0,12
	Industrie		24 Std.	5,40 – 6,20	0,12
Leitfähigkeit	Verbraucher/	LF 191	45 Min	3,68 – 4,34	0,9 – 3,0
	Industrie		24 Std.	4,17 – 6,19	1,8 – 2,4
Wasserbindung	Industrie	Tropfsaftverlust	2 – 9 %	0,2 – 4 %	0,30 – 0,90
		Papierpressmethode	0,2 – 0,5	0,10	0,00 – 0,82
Farbe	Verbraucher	Optistar	50 – 90	12	0,60 – 0,89
		Cielab L*	50 – 66	6	0,47 – 0,85
Zartheit	Verbraucher	Scherkraft	19 – 56 N	3 – 10 N	0,40 – 0,90
		Testpanel	–	–	0,55
Intramuskuläres Fett	Verbraucher	Soxhlet	0,55 – 4,90	0,2 – 0,9	> 0,90
		NIR			

Die am häufigsten anzutreffende Methode zur Abgrenzung von PSE (Pale, Soft and Exudative) und DFD (Dry, Firm and Dark) – Fleisch ist die pH-Wert Messung. Im Muskelgewebe findet nach dem Schlachten durch den anaeroben Abbau des Glykogens zu Milchsäure eine Senkung des pH-Wertes statt, der 24 Stunden p.m. Werte von 5,4 bis 5,6 aufweist. Ein rascher pH-Wert Abfall 30 bis 60 Minuten p.m. führt zu einem Anstieg der Temperatur und einer Denaturierung der Proteine, so dass das Fleisch blass und wässrig erscheint (PSE-Fleisch; HONIKEL, 1998). DFD-Fleisch kann nur

nach Erreichen des End-pH-Wertes abgegrenzt werden. Für die praktische Messung ist entscheidend, dass die erforderliche Zweipunkte-Eichung vorgenommen wird, die Messtemperatur sowie die notwendige Messdauer (6 bis 10 Sekunden) beachtet und der Messzeitpunkt eingehalten wird (FISCHER, 2000). Angaben über die Wiederholbarkeit der pH-Wert-Messung liegen in der Literatur kaum vor. HOVENIER et al. (1993b) schätzten für den End-pH-Wert eine Wiederholbarkeit von $w=0,64$.

Die Denaturierungsprozesse post mortem führen auch zu Läsionen an den Zellmembranen. Durch den erleichterten Ionenaustausch zwischen dem Zellinneren und -äußerem erhöht sich die Leitfähigkeit (LF). Eine sichere Trennung zwischen normalem und PSE-Fleisch ist nach zwei bis mindestens 50 Stunden möglich (HONIKEL et al., 1995). Als Grenzwert für das Auftreten von PSE-Fleisch wird von LÜTJENS (1994) ein LF-Wert (2 Std. p.m.) von <4,0 angegeben. Die Wiederholbarkeiten betragen nach Untersuchungen von SCHMITTEN (1985) und REUL (1988) über 90 %. Diese hohe Reproduzierbarkeit ist jedoch nur zu erwarten, wenn die Elektrodenspitzen der LF-Messgeräte definitiv in dem zu messenden Muskel eingedrungen sind (HONIKEL, 1998). Darüber hinaus liefert die Leitfähigkeitsmessung nur an vollständigen Schlachtkörperhälften reguläre Ergebnisse; Messungen an Teilstücken führen dagegen zu verzerrten Resultaten (FISCHER, 2000).

In der Literatur wird eine Vielzahl von Methoden zur Bestimmung des Wasserbindungsvermögens beschrieben (HONIKEL, 1998). Die während der Lagerung auftretenden Saftverluste können mit der Tropfsaftbestimmung ermittelt werden, wobei Verluste unterhalb von 5 % (24 bis 48 Std. p.m.) als gute Fleischbeschaffenheit charakterisiert werden (LÜTJENS, 1994). Die Wiederholbarkeiten schwanken zwischen $w=0,3$ und $w=0,9$ (HOVERNIR et al., 1993b; LÜTJENS, 1994). Die Pressprobe nach Grau/Hamm ist eine im Vergleich zur Tropfsaftbestimmung weniger aufwendige, mehr praxisbezogene Bestimmungsmethode des Safthaltevermögens (PFEIFFER et al., 1984). Bei guter Fleischqualität sollte der Anteil des zwischen zwei Glasplatten „ausgepressten“ Wassers einer Fleischprobe kleiner 25 % sein. Die Reproduzierbarkeit dieser Methode ist - wie der in der Literatur festzustellende Schwankungsbereich der Wiederholbarkeiten von $w = 0,0$ bis $0,8$ (HOVERNIR et al., 1993a) zeigt - umstritten. Darüber hinaus sind die Korrelationen zwischen den Methoden zur Bestimmung des Wasserbindungsvermögens vielfach nur gering, da durch die unterschiedlichen Verfahren verschiedene Bereiche des Wassers im Fleisch gemessen werden (HONIKEL, 1998).

Für die Kaufentscheidung des Verbrauchers besitzt die Farbe eine hohe Priorität. In der Literatur werden eine Reihe von Methoden zur Bestimmung der Farbe beschrieben. Das $L^* a^* b^*$ -System von Cielab erlaubt die Bestimmung der Helligkeit und des Farbtöns. L^* zeigt die Helligkeit (0=schwarz; 100=reinweiß), a^* entspricht dem Farbtönn für rot (rot-gelb Skala) und b^* beschreibt den Anteil grün-violett auf einer Skala. Beim Schwein befinden sich die Parameter des $L^* a^* b^*$ -Systems zwischen $L^*=50-66$, $a^*=3,0-7,7$ und $b^*=5,4-14,4$ (HOVERNIR et al., 1993a; LÜTJENS, 1994; SCHWERDTFEGER, 1992). Die Wiederholbarkeitskoeffizienten weisen Werte von $w=0,54$ bis $w=0,83$ auf (LÜTJENS, 1994; SCHWERDTFEGER, 1992; HOVERNIR et al., 1993b). Als Grenzwert für PSE-Fleisch gilt ein L^* -Wert von < 50 (HONIKEL, 1998). Die Opto-Star-Messung ermittelt ähnlich wie der L -Wert des Cielab-Systems die Farbhelligkeit. Mittels einer Photodiode wird die von der Prüffläche reflektierte

Lichtstärke gemessen. Die Skala des Opto-Stars reicht von 50 bis 80. Die Wiederholbarkeit wird von LÜTJENS (1994) mit $w=0,63$ bis $w=0,89$ angegeben.

Die sensorische Analyse von Fleisch wird maßgeblich von der Probenaufbereitung, der Zusammensetzung des Testpanels bis hin zur Gestaltung des Prüfraums und der Prüfumwelt beeinflusst. Die schwierige Standardisierung des Testverfahrens und die damit verbundene Subjektivität verdeutlichen die stark schwankenden Wiederholbarkeiten von $w=0,02$ bis $w=0,91$ (BRENNER und SURMANN, 1990; MEYER, 1991; STUMPE, 1989). Als ein weiterer wesentlicher Nachteil der sensorischen Prüfung sind die erheblichen Kosten durch den hohen personellen und zeitlichen Aufwand zu nennen. Zur Quantifizierung der Zartheit anhand objektiv erfasster Textureigenschaften ist die Scherkraftmessung mit der Warner-Bratzler-Schere verbreitet. Eine ausführliche Beschreibung und Bewertung der Scherkraftmessung findet sich bei STUMPE (1989) und HONIKEL (1998). Die Messwertskala (Mittelwerte) reicht von 26 bis 56N, wobei Wiederholbarkeitskoeffizienten von $w=0,42$ bis $w=0,73$ geschätzt wurden (HOVENIER et al., 1993b; STUMPE, 1989). Die phänotypischen Korrelationen zwischen den sensorisch und instrumentell erfassten Zartheitskennzahlen überschreiten i.d.R. nicht den Wert $r_p=0,5$, was möglicherweise auf die begrenzte Reproduzierbarkeit der sensorischen Testverfahren zurückzuführen ist.

Dem intramuskulären Fettgehalt (IMF) wird als Vorstufe und Träger von Aromastoffen eine hohe Bedeutung für die sensorischen Eigenschaften des Fleisches beigemessen. Nach BARTON-GADE und BJERHOLM (1985) ist mit einem IMF-Gehalt von ca. 2,5 % (in der Frischsubstanz) ein Optimum hinsichtlich der sensorischen Beurteilung erreicht. Die in Tabelle 1 angegebene Streubreite von 0,55 bis 4,90 ist sehr hoch. Maßgebliche Einflussfaktoren auf den IMF üben die Rasse (SCHWÖRER, 1988), das Geschlecht und Gewicht (KRIETER et al., 1989) sowie die Fütterungsintensität aus (MOREL, 1987). Weiterhin bestimmen das verwendete Analyseverfahren (REICHARDT et al., 1998) und die Lokalisation der Probenentnahme (HEYLEN, 1999) den IMF-Gehalt. Untersuchungen von HEYLEN (1999) über den IMF-Gehalt im Längsverlauf des Rückenmuskels (M.l.d.) zeigen die jeweils höchsten Werte im cranialen und caudalen Bereich, während der IMF-Anteil am 13./14. Brustwirbel deutlich geringer ausfällt. Die Reproduzierbarkeit der IMF-Messung ist bei entsprechender Standardisierung mit $w=0,96$ (Soxhlet) als hoch zu bezeichnen.

Neben der Genauigkeit der verschiedenen Methoden zur Erfassung der Fleischbeschaffenheit ist die Möglichkeit der Integration der Methoden in existierende Leistungsprüfformen von wesentlicher Bedeutung. Im Rahmen der Eigenleistungsprüfung kann die Fleischbeschaffenheit lediglich indirekt über gendiagnostische Verfahren (MHS-Test) oder über den Creatin-Kinase Test (CK-Wert) bestimmt werden. Die Erfassung der Fleischbeschaffenheit am lebenden Tier mittels Biopsie ist genehmigungspflichtig nur im Rahmen von wissenschaftlichen Untersuchungen möglich. Direkte Anhaltspunkte über die verarbeitungstechnologischen und sensorischen Kriterien liefert nur die Messung am Schlachtkörper, so dass Halb- und Vollgeschwisterinformationen von gemerzten Tieren der Eigenleistungsprüfung (Rejects) oder aus der stationären Geschwister-/Nachkommenprüfung der Schweineherdbuchzucht (LPA-Prüfung) vorliegen müssen. Praktische Probleme ergeben sich bei der Prüfung von Rejects aufgrund des nur sehr frühen möglichen Messzeitpunktes (<30 Min.). Der hinsichtlich der Aussagegenauigkeit optimale Zeitpunkt zur Erfassung von PSE-Kriterien wird damit deutlich unterschritten. Darüber hinaus ist eine Identifizierung der Schlachtkörper nach

24 Stunden p.m. unter praktischen Schlachthofbedingungen kaum mehr möglich. Die exakte Erfassung der Fleischqualitätskriterien ist demnach nur im Rahmen der aufwendigen, standardisierten stationären LPA-Prüfung möglich.

3. Heritabilitäten und genetische Korrelationen

Die Beurteilung der Sektionswürdigkeit von Merkmalen der Fleischqualität setzt die Kenntnis der genetischen Parameter voraus. In Abbildung 1 sind die Heritabilitäten (h^2) für ausgewählte Merkmale der Fleischqualität grafisch dargestellt. Die angegebenen Werte sind den Übersichtsarbeiten von SELLIER (1998), HERMESCH (1996) und HOVENIER et al. (1993a) entnommen und um aktuelle Arbeiten ergänzt worden (TRIBOUT und BIDANEL, 2000; ANDERSEN und PEDERSEN, 2000; KRIETER und THOLEN, 2000).

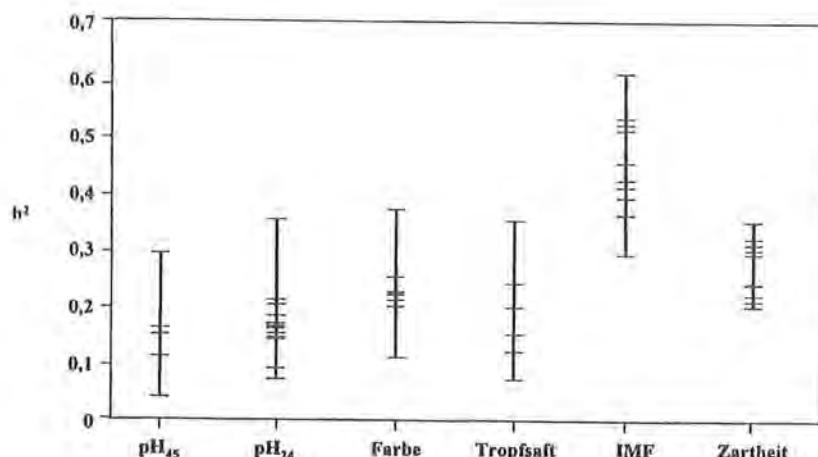


Abb. 1: Heritabilitäten für ausgewählte Merkmale der Fleischbeschaffenheit (Heritabilities of meat quality traits)

Die h^2 -Werte für die pH-Werte 45 Minuten (pH₄₅) und 24 Stunden (pH₂₄) reichen von $h^2=0,04$ bis $h^2=0,37$. Für die Rasse Pietrain wurden im Vergleich zu den Rassen Large White und Landrasse tendenziell niedrigere Heritabilitäten geschätzt (BIDANEL et al., 1994). Der Einfluss des MHS-Status auf die Schätzwerte wurde von KRIETER und THOLEN (2000) untersucht. Die PSE-Kriterien pH₄₅- und LF₂₄-Kotelett lassen in homozygot stressstabilen Linien geringere Koeffizienten erkennen.

Die Heritabilitäten des Tropfsaftverlusts schwanken in neueren Untersuchungen zwischen $h^2=0,05$ und $h^2=0,40$. HOVENIER et al. (1993a) geben eine größere Streubreite von $h^2=0$ bis $h^2=0,63$ an, die insbesondere durch unterschiedliche Methoden und Merkmalsdefinitionen zu erklären ist.

Für die Farbhelligkeit wurden im Vergleich zu den verarbeitungstechnologischen Kriterien geringfügig höhere Heritabilitätskoeffizienten geschätzt ($h^2=0,25$), was von HERMESCH (1996) und SELLIER (1998) bestätigt wird. HOVENIER et al. (1993a)

betonen, dass verschiedene Messverfahren zur Bestimmung der Helligkeit keinen Einfluss auf die Schätzwerte nehmen.

Übereinstimmend werden für den IMF-Gehalt die höchsten h^2 -Werte aufgeführt ($h^2=0,47$; HERMESCH, 1996; HOVENIER et al., 1993a; HOFER und SCHWÖRER, 1995), so dass nach HOFER und SCHWÖRER (1995) günstige Voraussetzungen für eine Steigerung des IMF innerhalb von Zuchtlinien bestehen. BRANDT (1997) führt dagegen an, dass trotz einer mittleren Heritabilität die genetische absolut nutzbare Variation gering und damit der Selektionserfolg eingeschränkt ist.

Für das Merkmal Zartheit geben HOVENIER et al. (1993a) eine Heritabilität von $h^2=0,30$ an. Die instrumentelle oder sensorische Erfassung übt auf die Höhe der Koefizienten nur einen unbedeutenden Einfluss aus (SELLIER, 1998). Die h^2 -Werte für die sensorischen Kriterien Geschmack und Saftigkeit fallen mit $h^2=0,08$ deutlich geringer aus (SELLIER, 1998).

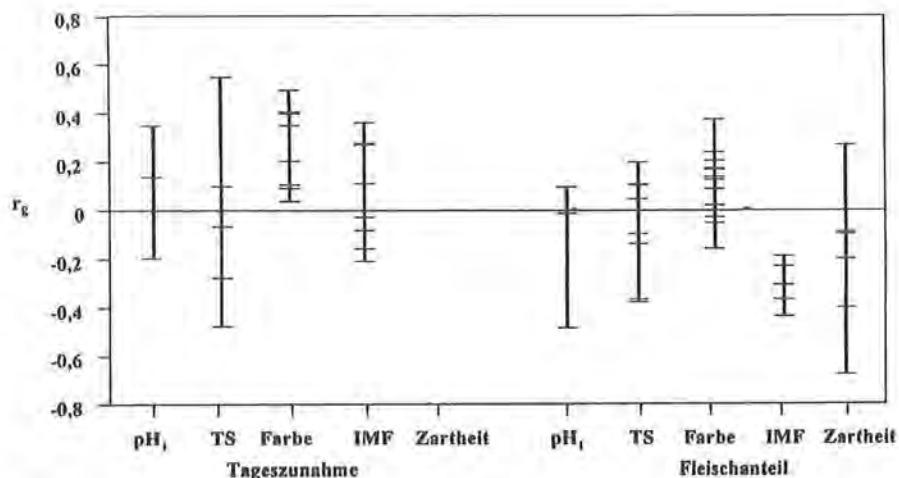


Abb. 2: Genetische Korrelationen zwischen Produktions- und Fleischbeschaffenheitsmerkmalen (Genetic correlations between traits of production and meat quality)

Neben den Heritabilitäten entscheiden die genetischen Korrelationen über die Selektionswürdigkeit eines Merkmals. In Abbildung 2 sind die genetischen Korrelationen zwischen ausgewählten Produktions- und Fleischqualitätskriterien dargestellt. Für die Beziehungen zur Tageszunahme ergibt sich mit Ausnahme der Farbhelligkeit ein sehr uneinheitliches Bild, was durch verschiedene Methoden, Rassen (u.a. MHS-Status) und Fütterungsvorgaben erklärbar ist. Zwischen Tageszunahme und Tropfsaftverlust (TS) schwanken die Korrelationen von $r_g=-0,50$ bis $r_g=0,55$. Genetische Korrelationen mit ähnlichem Schwankungsbereich sind auch in den Arbeiten von HOVENIER et al. (1993a) und HERMESCH (1996) angeführt. Auch zum IMF treten sowohl positive als auch negative Korrelationen auf. HOFER und SCHWÖRER (1995) sowie KNAPP et al. (1995) fanden positive genetische Beziehungen zwischen Tageszunahme und IMF von $r_g=0,11$ bis $r_g=0,36$, während KNAPP et al. (1995) und HERMESCH (1996) eine negative Korrelation ($r_g=-0,16$, $r_g=-0,21$) ermittelten. Lediglich für den Zusammenhang

zwischen Tageszunahme und Farbhelligkeit lässt sich ein einheitliches Muster erkennen. Mit steigender täglicher Zunahme erhöht sich die Farbhelligkeit.

Auch für die Beziehungen zwischen dem Fleischanteil und der Fleischqualität ist eine erhebliche Variation der Schätzwerte zu verzeichnen. Es sind aber überwiegend die bekannten antagonistischen Korrelationen zur Farbe, Zartheit und zum IMF zu finden. Große Bedeutung für die Intensität dieser Zusammenhänge besitzt der MHS-Status der analysierten Linien. In homozygot stressnegativen Populationen sind die Beziehungen deutlich schwächer ausgeprägt (KRIETER und THOLEN, 2000).

Tabelle 2

Genetische Korrelationen zwischen Merkmalen der Fleischbeschaffenheit (SELLIER, 1998; HERMESCH, 1996) (Genetic correlations between meat quality traits)

		Mittelwert	Streubreite
pH1	Tropfsaftverlust	-0,27	-0,55 - 0,01
	IMF	0,17	-0,04 - 0,48
	Zartheit	0,27	-
pH ₂₄	Tropfsaftverlust	-0,71	-0,99 - 0,50
	IMF	0,04	-0,20 - 0,39
	Zartheit	0,49	0,40 - 0,68
IMF	Tropfsaftverlust	-0,08	-0,23 - 0,05
	Zartheit	-0,15	-0,08 - 0,53

Tabelle 2 informiert über die genetischen Korrelationen zwischen den Fleischqualitätsmerkmalen. Der IMF und die pH-Werte sind im Mittel nur schwach miteinander korreliert. Auffallend ist die mittlere Korrelation zwischen dem End-pH-Wert (pH₂₄) und der Zartheit von $r_g=0,49$. Dagegen ist nur ein loser genetischer Zusammenhang ($r_g=-0,15$) zwischen dem Hilfskriterium IMF und der Zartheit nachweisbar. Dieses Ergebnis wird von FERNANDEZ et al. (1999) bestätigt, die bei Tieren der Kombination Duroc*Landrasse keine systematischen Unterschiede in der Festigkeit und dem Aroma in Abhängigkeit vom IMF-Anteil (<1,5 %, 1,5-2,5 %, >2,5-3,5 %, >3,5 %) beobachten konnten. MERKS et al. (2000) untersuchten die Verbraucherpräferenz von Fleisch mit einem unterschiedlichen IMF-Gehalt ($\leq 0,5 \%$, $> 0,5 \leq 1,0 \%$, $> 1,0 \leq 1,5 \%$, $> 1,5 \%$) auf Basis eines Testpanels (256 Verbraucher, 4 Fleischproben, 13 Merkmale). Unterschiede in den Merkmalen Saftigkeit, Zartheit und allgemeine Akzeptanz wurden lediglich für die IMF-Klasse <0,5% festgestellt. Demzufolge ist letztlich ein Mindestgehalt für die sensorische Qualität des Fleisches erforderlich, die Bedeutung des IMF für die Wertschätzung sollte daher nicht überbewertet werden.

4. Ökonomische Bedeutung

Qualitätskriterien wie z.B. der pH-Wert, die Farbe oder der intramuskuläre Fettgehalt weisen ein Optimum auf, so dass die Wirtschaftlichkeitskoeffizienten vom Populationsmittel (μ) abhängen. HOVENIER et al. (1993c) stellten eine Methode zur Berechnung des marginalen Erlöses und zur Schätzung der wirtschaftlichen Gewichte für Merkmale mit einem Optimum vor. VON ROHR (1998) erweiterte diesen Ansatz, um mehrere Qualitätsklassen mit unterschiedlichen Preisen zu berücksichtigen. In Abbildung 3 ist der Wirtschaftlichkeitskoeffizient des IMF in Abhängigkeit vom Populationsniveau, der Standardabweichung und dem Bezahlungssystem anhand eigener Kalkulationen dargestellt. Im optimalen Bereich von $2,0\% \leq \mu \leq 2,5\%$ werden Zuschläge

von $0,11$ DM je kg Schlachtkörpergewicht gewährt, für $1,5\% \leq \mu < 2,0\%$ und $2,5\% < \mu \leq 3,0\%$ reduzieren sich die Qualitätszuschläge auf $0,06$ DM je kg. Werte außerhalb dieser Grenzen bleiben bei der Bezahlung unberücksichtigt. Die wirtschaftlichen Gewichte lassen sich aus den marginalen Änderungen der Erlöse durch vorgegebene selektionsbedingte Veränderungen des Populationsniveaus ableiten (Abb. 3), wobei Kostenneutralität für die unterschiedlichen Qualitätsklassen angenommen wird. Treten negative Abweichungen vom Optimum auf, resultieren ökonomische Gewichte mit einem positiven Vorzeichen. Bei Werten oberhalb des optimalen Bereichs werden die Wirtschaftlichkeitskoeffizienten negativ. Erwartungsgemäß erreichen die Koeffizienten ein Maximum in den Grenzbereichen zum Optimum. Mit einer Verschiebung des Populationsmittels auf das anzustrebende Niveau vermindern sich die wirtschaftlichen Gewichte, da sich im Optimum der Anteil Tiere mit erwünschten Werten nur geringfügig erhöht. Weicht das Mittel sehr deutlich vom Optimum ab, nähern sich die ökonomischen Koeffizienten dem Wert Null. Unter diesem Szenarium sollte der Einsatz einer geeigneten Linie oder Rasse gegenüber der Selektion innerhalb einer Linie erwogen werden.

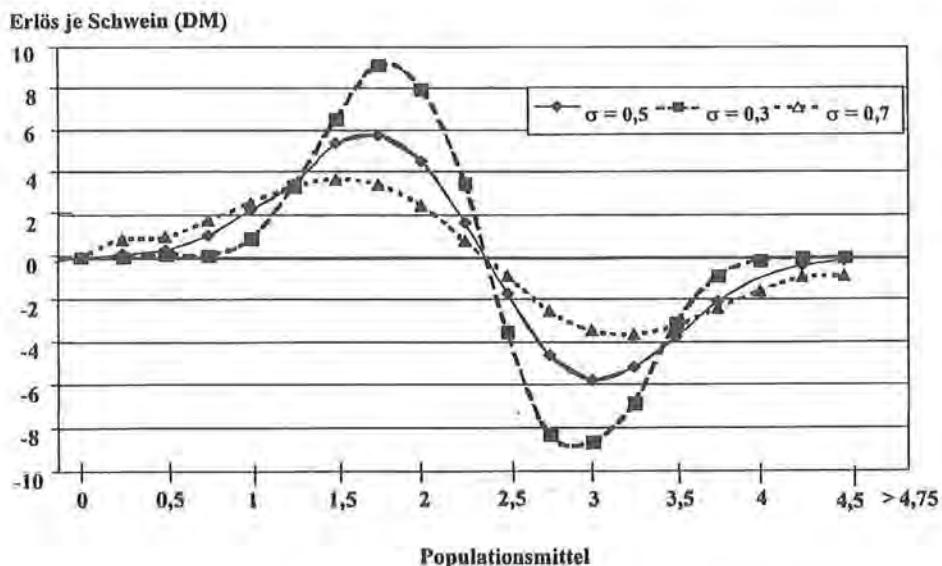


Abb. 3: Marginale Erlösfunktion des Intramuskulären Fettgehaltes in Abhängigkeit vom Populationsniveau
(Marginal income functions of intramuscular fat depending of population level)

In Tabelle 3 sind für ausgewählte Merkmale der Fleischqualität die Wirtschaftlichkeitskoeffizienten angegeben, die auf eigenen Berechnungen für deutsche Marktbedingungen und Analysen von VON ROHR (1998) für Schweizer Verhältnisse beruhen. VON ROHR (1998) nutzte zur Ableitung der Gewichte die „Contingent Valuation Method“, die eine Preisdifferenzierung zwischen Qualitätsklassen aus einer Expertenbefragung ermöglicht ohne eine genaue Kenntnis der Kosten und des Nutzens. Die eigenen Berechnungen berücksichtigen in Anlehnung an die Bezahlung in Markenfleischprogrammen die Zuschläge je markenfleischfähigem Tier (10,- DM je

Schwein bei $\text{pH}_1 > 5,8$ oder LF_2 -Wert $< 4,0$). Der Anteil markenfleischtauglicher Tiere beträgt bei diesen unterstellten Grenzwerten 80%. Für den intramuskulären Fettgehalt wurde ein Populationsniveau von 1,5% festgesetzt. Darüber hinaus erfolgte die Bezahlung nach dem derzeitig gültigen Nord-West Abrechnungssystem für Schlachschweine. Hierbei wurde ein Populationsmittel für den Fleischanteil der Schlachtkörperhälfte von 56,3 % mit einer phänotypischen Standardabweichung von 3% unterstellt.

Tabelle 3

Wirtschaftlichkeitskoeffizienten für die Parameter der Produktqualität (Economic values for meat quality traits)

Merkmal	DM je Phänotyp. Standardabweichung und Mastschwein Eigene Berechnungen ¹⁾	VON ROHR (1998) ²⁾
Fleischanteil	8,66	13,43
pH ₄₅	2,64	14,15
Leitfähigkeit	2,87	k.A. ³⁾
Farbe	k.A.	-28,19
Intramuskärer Fettgehalt	2,68	13,33

1) Siehe Text

2) „Contingent Valuation Method“

3) k.A.: Keine Angaben

Unter Schweizer Marktverhältnissen resultiert für die Fleischfarbe ein ökonomischer Wert von 28,- DM je Standardabweichung und Mastschwein. Der Fleischanteil erreicht vergleichbare Werte wie der pH-Wert und der IMF-Gehalt. Unter deutschen Verhältnissen wird dem Fleischanteil nach wie vor die höchste Bedeutung beigemessen, gefolgt vom IMF-Gehalt und der Leitfähigkeit. Letztere Werte werden vorrangig von der Höhe der Zuschläge für markenfleischfähige Schweine bestimmt. Der unterstellte Wert von 10,- DM je Schwein liegt jedoch bereits an der oberen vertretbaren Grenze.

5. Selektionserfolg

Unter den Voraussetzungen der Kenntnis der genetischen und ökonomischen Parameter können für definierte Szenarien die Selektionserfolge mittels Computersimulation geschätzt werden. Für die nachfolgende Ableitung des Selektionserfolges in den Zuchtwertmerkmalen wurde eine Mutterlinie (NN-MHS-Status) mit 300 Sauen unterstellt. Je Jahr werden 40 Eber (8 Eber zeitgleich) eingesetzt. Die Testkapazität für Eber und Sauen beträgt 50 bzw. 100% der aufzuchtfähigen Ferkel. Die Schätzung des Selektionserfolges basiert auf dem Ansatz von WRAY (1989), der das Kopplungsungleichgewicht und die inzuchtbedingte Reduktion der genetischen Varianz einbezieht. Bei der Berechnung der Selektionsintensität wurde die Verminderung des Selektionsdifferentials in einer zahlenmäßig begrenzten Population beachtet (BURROWS, 1972). Der Simulationszeitraum wurde auf 10 Generationen festgelegt. In Tabelle 4 sind die verwendeten Merkmale und deren Populationsparameter aufgeführt. Als Informationsquellen sind die Merkmale Lebenstagszunahme (LTZ) und Rückenspeckdicke der eigenleistungsgeprüften Sauen und Eber sowie die Halbgeschwisterinformationen ($n=4$) über Tageszunahme, Fleischanteil der Schlachtkörperhälfte und Intramuskulären Fettgehalt verfügbar. Für die Zartheit (Scherkraft) werden die korrelierten Selektionserfolge ermittelt. Verarbeitungstechnologische Faktoren wie z.B. pH-Werte bleiben unberücksichtigt, da sich die stressstabilen Mutterlinien im Optimum befinden und die korrelierten Selektionserfolge gering ausfallen.

Unabhängig von der Gewichtung des IMF ergeben sich für die Wachstumsmerkmale Lebentagszunahme und tägliche Zunahme die höchsten standardisierten Selektionserfolge (Tab. 5), gefolgt von der Speckdicke und dem Fleischanteil. Für die Variante $a_{IMF}=0$ tritt im IMF erwartungsgemäß ein unerwünschter Selektionserfolg (-0,08 genetische Standardabweichungen) auf. Wird der IMF mit 5,36 DM je % gewichtet, bleibt der IMF-Gehalt über den gewählten Zeithorizont nahezu konstant. Die korrelierten Selektionserfolge in dem eigentlichen Zielmerkmal Zartheit fallen allerdings sehr niedrig aus. Unter Beachtung der möglichen Selektionserfolge sowie der anfallenden Kosten für die Probennahme und Analyse sollte der IMF derzeit nicht in den Gesamtzuchtwert der Reinzuchlinien integriert werden. Spezielle Anforderungen in bestimmten Marktsegmenten können über die Nutzung komplementärer Populationsdifferenzen einzelner Linien erfüllt werden (LAUBE et al., 2000; PAULUS et al., 2000)

Tabelle 4

Populationsparameter für die Produktions- und Fleischbeschaffenheitsmerkmale der simulierten Population
(Parameter for production and meat quality traits of the simulated population)

Merkmal	Einheit	σ_p	h^2	a	LTZ	RS	TZ	MFA	IMF	Z
LTZ	g	60	0,30	-	-	0	0,5	0	0	0
RS	cm	2,0	0,40	-	0	-	0	-0,3	0,1	0
TZ	g	80	0,35	,17	0,7	0,1	-	0	0	0
MFA	%	3,0	0,50	2,95	0	-0,4	-0,1	-	-0,2	0,1
IMF	%	0,5	0,45	5,36	0	0,2	0,1	-0,3	-	-0,1
Z ¹⁾	N	7	0,25	-	0	0	0	0,2	-0,15	-

¹⁾ Scherkraft

Tabelle 5

Selektionserfolg je Jahr und genetischer Standardabweichung (Selection response per year and genetic standard deviation)

Merkmal	Alternative		
	σ_g	$a_{IMF} = 0$	$a_{IMF} = 5,36$
Lebenstagszunahme (LTZ)	32	0,59	0,57
Rückenspeckdicke (RS)	1,2	-0,28	-0,23
Tageszunahme (TS)	47	0,47	0,47
Fleischanteil (MFA)	2,1	0,25	0,21
Intramuskuläres Fett (IMF)	,34	-0,08	-0,01
Zartheit ¹⁾ (Z)	3,5	0,04	0,03

¹⁾ Korrelierte Selektionserfolge

6. QTLs und Major-Genes

Maligne Hyperthermie Syndrom

Das bisher bedeutendste Beispiel für eine erfolgreiche Anwendung eines funktionellen Kandidatengenansatzes beim Schwein war die Identifizierung der genetischen Ursache einer durch Belastung auslösbaren Myopathie, die schwere Störungen des Muskelstoffwechsels zur Folge hat. Durch vergleichende Sequenzierung von stressanfälligen

und normalen Schweinen konnten FUJII et al. (1991) eine Mutation identifizieren, die die Ausprägung der Malignen Hyperthermie maßgeblich bestimmt.

Übersichtsarbeiten von SELLIER (1998), HERMESCH (1996) und LARZUL et al. (1997) verdeutlichen den Effekt des MHS-Status auf die ökonomisch relevanten Leistungsmerkmale.

Die deutlichsten Unterschiede zwischen den NN- (homozygot stressstabilen) und PP- (homozygot stressempfindlichen) Genotypen finden sich erwartungsgemäß für den pH₄₅ (bis 4 σ_p) und den Fleischanteil der Schlachtkörperhälfte (1 bis 2 σ_p), für die Farbhelligkeit und den IMF-Gehalt sind die ermittelten Differenzen tendenziell geringer. Für die tägliche Zunahme resultiert ein indifferentes Bild. PESCHKE et al. (1993) beobachteten bei stressstabilen Tieren der Rasse Pietrain eine um 48 g verminderte Zunahme gegenüber den PP-Genotypen. Vergleichbare Resultate wurden von BIEDERMANN et al. (1997) und WITTMANN et al. (1998) berichtet. Untersuchungen von BIEDERMANN et al. (2000; Piétrain) und LARZUL et al. (1997; PI*LW-Kreuzungstiere) weisen dagegen auf eine Überlegenheit der stressnegativen Tiere hin. Die Wirkung des MHS-Status ist somit u.a. von der genetischen Herkunft und der verfügbaren Stichprobe abhängig.

Nach SELLIER (1998) beeinflusst der NN-Status die sensorischen Eigenschaften in die erwünschte Richtung. Auf das glykolytische Potenzial und den End-pH-Wert wirkt sich der MHS-Status dagegen nicht aus.

RN-Gen

SAYRE et al. (1963) stellten bei der Rasse Hampshire einen im Vergleich zu anderen Rassen auffallend niedrigen End-pH-Wert fest. Dieses Phänomen ist stets von einem erhöhten glykolytischen Potenzial begleitet (MONIN und SELLIER, 1985; KRIETER et al., 1990; SURMANN, 1991; FEDDERN, 1994). In französischen Studien wurde zusätzlich die Verarbeitungseigenschaft von Fleisch bei der Herstellung von Kochschinken überprüft. Bei Tieren der Rasse Hampshire wurden mit 1,5 bis 11% deutlich höhere Kochverluste festgestellt als bei anderen Rassen (MONIN und SELLIER, 1985; FERNANDEZ et al., 1991; KRIETER et al., 1990). Bereits NAVEAU (1986) vermutete als Ursache für das sog. 'acid meat' ein Major-Gen (RN-Gen), was nachfolgend durchgeführte Segregationsanalysen bestätigten (LE ROY et al., 1990). 1995 wurde das RN-Gen auf Chromosom 15 lokalisiert (MILAN et al., 1995). Deutliche Unterschiede zwischen dem RN⁻- und rn⁺-Genotyp lassen sich für den pH₂₄-Wert und den Tropfsaftverlust zugunsten des rn⁺-Allels aufzeigen. Dagegen erweist sich das RN⁻-Allel im Fleischanteil überlegen. Differenzen in der sensorischen Beurteilung sind nicht sehr deutlich ausgeprägt. LE ROY et al. (2000) ordneten dem RN⁻-Allel eine geringfügig schlechtere Note in der Zartheit zu, während für die Geschmacksintensität das rn⁺-Allel ungünstiger bonitiert wurde.

Heart-Fatty Acid-Binding Protein Gen (H-FABP)

GERBENS et al. (1997) beschrieben einen Polymorphismus des H-FABP-Gens. Das H-FABP Protein wird hauptsächlich im Herz- und Skelettmuskel exprimiert. FABPs übernehmen wichtige Regulationsfunktionen im Fettstoffwechsel und sind am Transport von Fettsäuren von der Zellmembran in das Zellinnere beteiligt (GERBENS et al., 1999). Assoziationsstudien von GERBENS et al. (1999) zeigten für die Rasse Duroc einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem H-FABP-Polymorphismus

und dem IMF. Zwischen den homozygoten Genotypen wurden Unterschiede im IMF-Gehalt von 0,4% geschätzt. Der Genotyp aaddHH wies den höchsten IMF-Gehalt auf. CHEN et al. (2000) konnten an Tieren der Rassen Large White und Landrasse keinen Effekt des H-FABP-Gens nachweisen. Gegenläufige Ergebnisse für das d-Allel erzielten OVILO et al. (2000) mit der F₂-Generation aus iberischen und Landrasseschweinen.

Quantitative Trait Loci (QTLs)

In der Literatur liegen zahlreiche Untersuchungen über den Einfluß von QTLs auf die Merkmale der Fleischqualität vor (aktuelle Übersichten z.B. in YUE, 1999; HARDGE, 1999). YUE (1999) kartierten in Kreuzungsexperimenten (Wildschwein, Meishan, Pietrain) QTLs auf den Chromosomen 6, 7, 12 und 13. Sowohl auf Chromosom 6 als auch auf 7 konnten die Autoren für die Merkmale der Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität signifikante QTL-Effekte feststellen. In Abhängigkeit des Merkmals und der Familie erklärten die QTLs zwischen 4 und 60% der Varianz. MALEK et al. (2000) wiesen QTL-Effekte für die sensorischen Eigenschaften des Fleisches nach, deren Varianzanteile 6 bis 16% betragen.

7. Schlussfolgerungen

Die züchterische Verbesserung und Vereinheitlichung der Fleischqualität muß zunächst auf die Eliminierung des MHS-Schadallels P in den Vaterlinien ausgerichtet sein. Homozygot stressstabile NN-Endprodukte zeichnen sich durch ein höheres Niveau in den Fleischqualitätsmerkmalen aus, die Frequenz von PSE-Fleisch ist reduziert und die Varianz in den Schlachtkörper- und Fleischqualitätsmerkmalen verringert. Die Einbeziehung weiterer Kriterien (z.B. pH-Wert) zur Charakterisierung der verarbeitungstechnologischen Faktoren in einem Gesamtzuchtwert erscheint unter diesen Voraussetzungen wenig sinnvoll. Die Merkmalserfassung bedeutet einen erheblichen Aufwand (Zeitpunkt, Schlachttiere), zudem nimmt die Heritabilität in stressnegativen Linien ab, was die Selektionswürdigkeit der Merkmale weiter einschränkt. Daneben befindet sich die mittlere verarbeitungstechnologische Qualität der NN-Linien im Optimum, so dass sich die ökonomische Bedeutung selbst unter der Annahme eines bereits eingeführten Bezahlungssystems nivelliert. Eine stichprobenartige Überprüfung der Reinzuchtlinien ist allerdings zu empfehlen, bei der zugleich DNA-Material gewonnen werden sollte. Dies erlaubt eine rasche Anwendung neu entwickelter DNA-Technologien, die insbesondere für die züchterische Verbesserung und Uniformität der Fleischqualitätsmerkmale in einer Zuchlinie an Bedeutung gewinnen werden.

Die Berücksichtigung des IMF bei der Selektion ist bei einer Standardisierung der Messstelle und des Analyseverfahrens grundsätzlich möglich. Die Bedeutung des IMF für die sensorische Qualität sollte allerdings nicht überschätzt werden, da die genetischen Korrelationen zwischen den sensorischen Eigenschaften und dem IMF insbesondere in stressnegativen Linien allerdings sehr niedrig sind. Ein Mindestgehalt ist jedoch zweifelsohne erforderlich. Ferner ist zu beachten, dass der Zuchtfortschritt je Zeiteinheit aufgrund der geringen absolut nutzbaren genetischen Variation und den negativ korrelierten Selektionserfolgen im Schlachtkörperwert begrenzt ist. Ein Bezahlungssystem unter Einbeziehung des IMF ist allein schon wegen fehlender praktikabler Methoden am Schlachtbrett derzeit nicht absehbar. Aber selbst Zuschläge von

10,- DM je Schwein führen zu vernachlässigbaren Wirtschaftlichkeitskoeffizienten. Unter diesen Voraussetzungen ist für bestimmte Marktsegmente der Einsatz spezieller Linien oder Rassen zur Nutzung komplementärer Populationsdifferenzen gegenüber einer Selektion in Reinzuchlinien zu bevorzugen. Die Arbeiten von LAUBE et al. (2000) und PAULUS et al. (2000) geben wertvolle Hinweise auf die Eignung verschiedener Schweinekreuzungen für die Erzeugung von Fleisch mit besonderen Qualitätseigenschaften.

References

- ANDERSEN, S.; PEDERSEN, B.: Genetic parameters for colour traits and pH and correlations to production traits. EAAP publication no. 100, Zurich, Wageningen Pers., 123-128, 2000
- BARTON-GADE, P.A.; BJORHOLM, C.: Eating quality of pork - what the Danes have found. Pig Farm. (1985) Suppl., 56-57
- BIDANEL, J.P.; DUCOS, A.; GUEBLEZ, R.; GASNIER, C.: Genetic parameters of backfat thickness, age at 100kg and meat quality traits in Piétrain pigs. Annales de Zootechnie 43 (1994), 141-149
- BIEDERMANN, G.; PESCHKE, W.; WITTMANN, W.; BRANDT, C.: Stand der Zucht-, Mast- und Schlachtleistung von Pietrain Schweinen unterschiedlichen MHS-Genotyps aus zwei Zuchtherden. Arch. Tierz., Dummerstorf 40 (1997), 535-547
- BIEDERMANN, G.; JATSCH, C.; PESCHKE, W.; LINDNER, J.P.; WITTMANN, W.: Mast- und Schlachtleistung sowie Fleisch- und Fettqualität von Pietrain-Schweinen unterschiedlichen MHS-Genotyps und Geschlechts. I. Mitt.: Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität. Arch. Tierz., Dummerstorf 43 (2000), 151-164
- BRANDT, H.: Möglichkeiten der Zucht auf höheren intramuskulären Fettgehalt unter deutschen Marktverhältnissen. In: Tagungsband - Kolloquium zum Intramuskulären Fettgehalt (Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft), Jena, 1997, 98-104
- BRENNER, K.V.; SURMANN, H.: Sensorische Bewertung von Koteletts verschiedener Schweineherküünfte aus Weser-Ems. In: Tagungsband - Schweinefleisch nach der Halothansanierung (Hrsg.: GLODEK, v. LENGERKEN, PFEIFFER), Workshop Nordhausen, 1990, 20-25
- BURROWS, P.M.: Expected selection differentials for directional selection. Biometrics 28 (1972), 1091-1100
- CHEN, K.; KERR, R.J.; LEE, J.H.; LUXFORD, B.G.; MORAN, C.: Effect of H-FABP gene variants on intramuscular fat in commercial pigs in Australia. ISAAG-Meeting, B049, 2000
- FEDDERN, E.: Verlauf der postmortalen Glykogenolyse und Muskelstrukturmerkmale bei Hampshire-Reinzuchttieren und verschiedenen Kreuzungskombinationen. Schriftenreihe des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Heft 80, 1994
- FERNANDEZ, X.; LEFAUCHEUR, L.; GUEBLEZ, R.; MONIN, G.: Paris ham processing: technological yield as affected by residual glycogen content of muscle. Meat Sci. 29 (1991), 121-128
- FERNANDEZ, X.; MONIN, G.; TALMAN, A.; MOUROT, J.; LEBRET, B.: Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat - I. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of *m. longissimus lumborum*. Meat Sci. 53 (1999), 59-65
- FISCHER, K.: Sinnvolle Erfassung PSE-abhängiger Qualitätsparameter bei Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 7 (2000), 92-94
- FUJII, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; DE LEON, S.; KHANNA, V.K.; WEILER, J.E.; O'BRIEN, P.J.; MACLENNAN, D.H.: Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. Science 253 (1991), 448-451
- GERBENS, F.; RETTENBERGER, G.; LENSTRA, J.A.; VEERKAMP, J.H.; TE PAS, M.F.W.: Characterization, chromosomal localization and genetic variation of the porcine heart fatty acid-binding protein gene. Mamm. Genome 8 (1997), 328-332

- GERBENS, F.; VAN ERP, A.J.M.; HARDERS, F.L.; VERBURG, F.J.; MEUWISSEN, T.H.E.; VEERKAMP, J.H.; TE PAS, M.F.W.: Effect of genetic variants of the heart fatty acid-binding protein gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 77 (1999) 846-852
- HARDGE, T.: Untersuchungen zu den genetischen Ursachen von quantitativen Leistungsmerkmalen mittels Kandidatengenanalyse beim Schwein. *Habilitationsschrift*, Berlin, 1999
- HERMESCH, S.: Genetic parameters for lean meat yield, meat quality, reproduction and feed efficiency traits for Australian pigs. *PhD Thesis*, University of New England, Armidale, 1996
- HEYLEN, K.: Variation von anatomisch-physiologischen Merkmalen sowie Merkmalen im *M. longissimus thoracis et lumborum* des Schweines unter besonderer Berücksichtigung des intramuskulären Fettgehaltes. *Univ. Halle, Diss.*, 1999
- HOFER, A.; SCHWÖRER, D.: Genetic parameters of production and meat quality traits in station tested Swiss Large White pigs. *46th EAAP meeting, Prague, G5.15, 1995*
- HONIKEL, K.-O.: In: *Qualität von Fleisch und Fleischwaren*. W. BRANSCHEID, K.-O. HONIKEL, G. v. LENGERKEN, K. TROEGER (Hrsg.), Deutscher Fachverlag, Frankfurt, 1998
- HONIKEL, K.-O.; ESTEVES, A.; RAUH, S.: Die Messung der Impulsimpedanz zur Feststellung der Qualität von Schweinefleisch. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach*, 34, 13, 1995
- HOVENIER, R.; KANIS, E.; VAN ASSELDONK, Th.; WESTERINK, N.G.: Breeding for pig meat quality in halothane negative populations – a review. *Pig News and Information* 14, 17N-25N, 1993a
- HOVENIER, R.; KANIS, E.; VERHOEVEN, J.A.M.: Repeatability of taste panel tenderness scores and their relationships to objective pig meat quality traits. *J. Anim. Sci.* 71 (1993b), 2018-2025
- HOVENIER, R.; BRASCAMP, E.W.; KANIS, E.; J.H.J. VAN DER WERF, J.H.J.; WASSENBERG, A.P.A.M.: Economic values of optimum traits: The example of meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.* 71 (1993c), 1429-1433
- KNAPP, P.; WILLIAM, A.; SOELKNER, J.: Genetische Beziehungen zwischen dem intramuskulären Fettgehalt und Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung bei österreichischen Schweinerassen. *Vortragstagung der DGfZ/GfT, Hannover, Polykopie, A28*, 1995
- KRIETER, J.; SCHWERDTFERGER, R.; HÖLSCHER, T.; KALM, E.: Fleischbeschaffenheit und intramuskuläres Fett von Schweinen in der Mastperiode von 30kg bis 120kg Lebendgewicht. *40th Ann. Meet. EAAP, Dublin GP 3.22, 1989*
- KRIETER, J.; LANG, J.; C. LOOPT, C.; KALM, E.: Verlauf der postmortalen Glykogenolyse beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 70 (1990), 1097-1098
- KRIETER, J.; THOLEN, E.: Berücksichtigung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein. 79. Sitzung des Genetisch-Statistischen Ausschusses der DGfZ, 4.-6.10.2000, Verden, Polykopie, 2000
- LARZUL, C.; LE ROY, P.; GUEBLEZ, R.; TALMANT, A.; GOGUE, J.; SELLIER, P.; MONIN, G.: Effect of halothane genotype (NN,Nn,nn) on growth, carcass and meat quality traits of pigs slaughtered at 95 kg or 125 kg live weight. *J. Anim. Breed. Genet.* 114 (1997), 309-320
- LAUBE, S.; HENNING, M.; BRANDT, H.; KALLWEIT, E.; GLODEK, P.: Die Fleischbeschaffenheit von Schweinekreuzungen mit besonderen Qualitätseigenschaften in Vergleich zu heutigen Standard- und Mastschweineangebot. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 43 (2000), 463-476
- LE ROY, P.; NAVEAU, J.; ELSEN, J.M.; SELLIER, P.: Evidence for a new major gene influencing meat quality in pigs. *Genet. Res. Camb.* 55 (1990), 33-40
- LE ROY, P.; ELSEN, J.M.; CARITEZ, J.C.; TALMANT, A.; JUIN, H.; SELLIER, P.; MONIN, G.: Comparison between the three porcine RN genotypes for growth, carcass composition and meat quality traits. *Genet. Sel. Evol.* 32 (2000), 165-186
- LÜTJENS, A.: Ansätze zur Qualitätssicherung in der Schweinefleischproduktion. *Schriftenreihe des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Heft 82*, 1994

- MALEK, M.; DEKKERS, J.C.M.; LEE, H.K.; BAAS, T.J.; PRUSA, K.; HUFF-LONERGAN, E.; ROTHSCHILD, M.F.: A quantitative trait loci analysis for growth and meat quality traits in the pig. 51st EAAP Meeting, The Hague, G5.15, 2000
- MERKS, J.; WALSTRA, P.; KANIS, E.: Effect of IMF-level on consumers' perception. 51st EAAP Meeting, The Hague, P2.22, 2000
- MEYER, E.: Technologische und sensorische Bewertung der Fleischbeschaffenheit praktischer Mehrfachkreuzungen und Hybriden unter besonderer Berücksichtigung des intramuskulären Fettgehaltes. Univ. Göttingen, Diss., 1991
- MILAN, D.; LE ROY, P.; WOLSZYN, N.; CARITEZ, J.C.; ELSEN, J.M.; SELLIER, P.: The RN locus for meat quality maps to pig chromosome 15, Gent. Sel. Evol. 27 (1995), 195-199
- MONIN, G.; SELLIER, P.: Pork of low technological quality with normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: the case of the Hampshire breed. Meat Sci. 13 (1985), 49-63
- MOREL, P.C.H.: Influence de la consommation journalière d'alimentation sur la croissance des porcs: Le cas d'une lignée maigre et d'une lignée grasse. ETH, 8339, Diss., 1987
- NAVEAU, J.: Contribution à l'étude du déterminisme génétique de la qualité de viande porcine. Heritabilité du rendement technologique NAPOLE. Journées de la Recherche Porcine en France, 18 (1986), 265-276
- OVILO, C.; OLIVER, M.A.; NOGUERA, J.L.; CLOP, A.; BARRAGAN, C.; VARONA, L.; RODRIGUEZ, M.C.; TORO, M.; SANCHEZ, A.; PEREZ-ENCISO, M.; SILIO, L.: H-FABP gene association study for body composition traits. ISAAG Meeting, B102, 2000
- PAULUS, E.-D.; HENNING, M.; BRANDT, H.; KALLWEIT, E.; GLODEK, P.: Die Fleischleistung und der Markterlös von Schweinekreuzungen mit besonderen Qualitätseigenschaften im Vergleich zum heutigen Standard- und Markenschweinangebot. Züchtungskunde, Stuttgart 72 (2000), 290-307
- PESCHKE, W.; FÖRSTER, M.; WITTMANN, W.; DOVE, P.; BEHRINGER, J.; ODEBRECHT, S.: Leistungsunterschiede MHS-reinerbig positiver und mischerbiger Piétrain-Schweine aus der Stationsprüfung. Gruber Info 4/93, 29-33
- PFEIFFER, H.; LENGERKEN, G. v.; GEBHARDT, G.: Wachstum und Schlachtkörperqualität – Schweine. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1984
- REICHARDT, W.; MÜLLER, S.; SCHUSTER, M.; PESCHKE, W.: Methodenvergleich zur extraktiven Analyse des intramuskulären Fettgehaltes im *Musculus longissimus dorsi* beim Schwein. Arch. Tierz., Dummerstorf 41 (1998), 167-178
- REUL, U.: Untersuchungen über die Eignung der Leitfähigkeitsmessung zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Inst. f. Tierzuchtwissenschaft der Rhein. F.-W.-Uni. Bonn, Diss., 1988, Heft 80
- SAYRE, R.N.; BRISKEY, E.J.; HOEKSTRA, W.G.: Comparison of muscle characteristics and post mortem glycolysis in three breeds of swine. J. Anim. Sci. 23 (1963), 1012-1020
- SCHWERDTFEGER, R.: Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit von Mastendprodukten beim Schwein unter Berücksichtigung der Fettbeschaffenheit und der Bauchbeurteilung. Schriftenreihe des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Heft 69, 1991
- SCHWÖRER, D.: Berücksichtigung des intramuskulären Fettgehaltes in der Schweinezucht. In: Tagungsband (Hrsg.: Institut für Tierzucht, Kiel; DGfZ, Bonn) Schweine-Workshop, Kiel, 1988, 82-94
- SELLIER, P.: Genetics of meat and carcass traits. In: The genetics of the pig. M. ROTHSCHILD und A. RUVINSKY, CAB International, 1998
- SCHMITTEN, F.: Bewertung der Schlachtkörperqualität beim Schwein in der Schlachtkette. Züchtungskunde, Stuttgart 57 (1985), 412-421
- STUMPE, A.: Zusammenhänge zwischen sensorischen und technologischen Qualitätseigenschaften des Schweinefleisches. Arbeiten aus dem Institut für Tierzuchtwissenschaft der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Heft 83, 1989

SURMANN, H.:

Vergleich verschiedener Vaterrassenkombinationen mit und ohne Hampshireanteil im Hinblick auf die Fleischbeschaffenheit und Gesamtwirtschaftlichkeit ihrer Mastendprodukte. Univ. Göttingen, Diss., 1991

TRIBOUT, T.; BIDANEL, J.P.:

Genetic parameters of meat quality traits recorded on Large White and French Landrace station-tested pigs in France. EAAP publication no. 100, Zürich, Wageningen Pers., 2000, 37-42

VON ROHR, P.:

Wirtschaftliche Gewichte für Mastleistungs- und Schlachtkörperqualitätsmerkmale beim Schwein. ETH, Zürich, Diss., 1998, Nr. 12733

WITTMANN, W.; GÖTZ, K.-U.; PESCHKE, W.; LINDNER, W.; HAUSER, J.-P.:

Einfluß des MHS-Genotyps auf die Mast- und Schlachtleistung von Pietrainschweinen und PI*DL-Mastendprodukten in der Stationsprüfung. Arch. Tierz., Dummerstorf 42 (1998), 139-147

WRAY, N.:

Consequences of selection in finite populations with particular reference to closed nucleus herds of pigs. PhD Thesis, Edinburgh, 1989

YUE, G.:

Gen- und QTL-Kartierung für die Chromosomen 6, 7, 12 und 13 beim Schwein unter Verwendung informativer F₂-Familien. Hohenheim, Diss., 1999

Eingegangen: 16.01.2001

Akzeptiert: 22.06.2001

Anschriften der Verfasser

Prof. Dr. JOACHIM KRIETER

Institut für Tierzucht und Tierhaltung der

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Olshausenstr. 40

D-24118 Kiel

Dr. ERNST THOLEN

Institut für Tierzuchtwissenschaft,

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15

D-51115 Bonn