

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik  
der Universität Göttingen

Institut für Tierzucht und Tierverhalten (Mariensee) der Bundesforschungsanstalt für  
Landwirtschaft

Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,  
Zentrumsabteilung für Lebensmittelkunde, Fleischhygiene und -technologie  
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

---

**Die Eignung spezieller Schweinekreuzungen zur Qualitätsverbesserung von  
Markenschweinefleisch unter besonderer Berücksichtigung von MHS-  
Status, Hampshirefaktor und intramuskulärem Fettgehalt**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines  
DOCTOR MEDICINAE VETERINARIAE  
durch die Tierärztliche Hochschule Hannover

vorgelegt von  
**Sigurd Laube**  
aus Hildesheim

Hannover 2000

Wissenschaftliche Betreuung:

Univ.-Prof. Dr. P. Glodek

Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität  
Göttingen

Univ.-Prof. Dr. S. Wenzel

Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,  
Zentrumsabteilung für Lebensmittelkunde,  
Fleischhygiene und- technologie  
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. S. Wenzel

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. O. Distl

Tag der mündlichen Prüfung: 30.05.2000

Meinen Eltern  
zum Dank und zur Freude

## **Inhaltsverzeichnis:**

<b>Kapitel</b>		<b>Seite</b>
<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	1
<b>2.</b>	<b>Literaturübersicht</b>	3
2.1.	Qualitätseigenschaften von Schweinefleisch	3
2.1.1.	Fleischqualität	3
2.1.2.	Fleischbeschaffenheitsfehler (PSE, DFD)	5
2.2.	Der Hampshirefaktor (HF)	10
2.3.	Geschmacks- und Genußqualität	14
<b>3.</b>	<b>Eigene Untersuchungen</b>	18
3.1.	Planung und Durchführung des Feldversuches	18
3.2.	Material und Methode	25
3.3.	Ergebnisse	28
3.3.1.	Signifikanz der Effekte	28
3.3.2.	Der Einfluß der Vaterlinie auf die Fleischbeschaffenheitsmeßwerte nach der Schlachtung und die 24-Stunden-Meßwerte	29
3.3.3.	PSE / DFD-Anteile innerhalb der Kreuzungsendprodukte	34
3.3.4.	Der Einfluß der Vaterlinie auf die Gehaltsmeßwerte	35
3.3.	Die Variabilität der Endprodukte	41
<b>4.</b>	<b>Diskussion</b>	44
4.1.	Der Einfluß der Vaterlinie auf die am Schlachthof erhobenen Meßwerte der Fleischbeschaffenheit	44
4.1.1.	Beurteilung der auf dem Schlachthof ermittelten Meßwerte	44
4.1.2.	Korrelationen zwischen den Meßwerten der Fleischbeschaffenheit	46
4.2.	Vergleich der Vaterlinien mit unterschiedlichem MHS-Status in ihrer Fleischbeschaffenheit	48
4.3.	Gehaltsmeßwerte der Nachkommen verschiedener Vaterlinien (Intramuskulärer Fettgehalt und Hampshirefaktor)	49
4.3.1.	Der intramuskuläre Fettgehalt	49
4.3.2.	Der Hampshirefaktor	50

<u>Kapitel</u>		<u>Seite</u>
4.4.	Die Uniformität der Endprodukte in ihrer Fleischbeschaffenheit	52
4.5.	Qualitätsanforderungen an heutige Kreuzungsendprodukte in der Schweinezucht	57
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung / Summary</b>	61
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	65
<b>7.</b>	<b>Tabellen-, Abbildungs- und Abkürzungsverzeichnis</b>	69

## 1. Einleitung

Die Begründung für dieses Forschungsvorhaben lieferten Klagen aus dem Vermarkter- (Premiumfleisch AG, Zeven) und Abnehmerkreis (z.B EDEKA) von Markenschweinen über das Angebot der Bauernsiegel-Erzeugergemeinschaft. Dabei kristallisierten sich drei Kritikpunkte am damaligen Markenschweineangebot heraus (GLODEK,1999):

1. Eine zu große Unausgeglichenheit im FOM-Fleischanteil und der Ausprägung der wertvollen Teilstücke.
2. Zu große Schwankungen wichtiger Fleischbeschaffenheitskriterien unter variablen Schlachtbedingungen.
3. Das Fehlen besonders auslobungsfähiger Qualitätseigenschaften gegenüber den zahlreichen Konkurrenzangeboten am Markt.

Als wesentliche Ursachen für diese Mängel waren zu vermuten:

zu 1.) Die Verwendung zu vieler verschiedener und oft nicht systematisch selektierter Vaterrassen und -kombinationen sowie Managementschwächen in der Produktion und Bestandshygiene vieler kleiner Produktionsbetriebe.

zu 2.) Die Verwendung rein- und mischerbig streßanfälliger (MHS-Status) Endproduktväter, deren Nachkommen nicht oder nur zum Teil reinerbig MHS-negative Nachkommen (wie in Holland und Dänemark üblich) an den Markt liefern können. Außerdem werden besonders in Markenprogrammen Hampshire-Kreuzungseber eingesetzt, welche das dominante RN<sup>-</sup> Gen (den sog. "Hampshirefaktor") an ihre Nachkommen vererben, das zu Wasserbindungsdefekten führt ("Spät-PSE"), welche vor allem in der französischen Kochschinkenherstellung zu Beanstandungen geführt haben.

zu 3.) Das wichtigste, bisher am deutschen Markt wie in der Zucht gar nicht berücksichtigte Geschmackskriterium ist der intramuskuläre Fettgehalt (IMF), der sich bei allen wichtigen Herkünften seit Jahren verringert und heute nur noch weniger als halb so groß wie eigentlich erwünscht ist. Wenn es gelänge, für diesen eine deutliche Verbesserung zu erreichen und gewisse Mindestgehalte garantieren zu können, wäre das eine wichtige auslobungsfähige

Markenqualitätseigenschaft. Es muß aber befürchtet werden, daß das mit erhöhten subkutanen Speckdicken und damit Preisabschlägen in der Hälftenklassifizierung verbunden wäre. Auch wäre möglicherweise mit einer ungünstigen Futtermittelverwertung solcher Schweine zu rechnen; etwaige negative Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit mußten daher unter Praxisbedingungen quantifiziert werden. Zudem wäre eine kontrollierte Steigerung des Anteils ungesättigter Fettsäuren im Schweinefleisch, ohne stärkere Einbußen in der Haltbarkeit des Fleisches, ernährungsphysiologisch für den Menschen vorteilhaft.

Die drei Fragestellungen wurden in einem vom Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem VZF-Verbund Uelzen, der Premiumfleisch AG Zeven und der Züchtungszentrale Deutsches Hybridschwein Lüneburg geförderten gemeinsamen Forschungsvorhaben des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Göttingen (Prof. Dr. P. Glodek) und der FAL-Institute für Tierzucht und Tiervershalten, Mariensee (Prof. Dr. E. Kallweit) und für Tierernährung, Braunschweig (Prof. Dr. G. Flachowsky) bearbeitet. Die Kriterien der Fleischleistung und der Wirtschaftlichkeit der verglichenen Kreuzungsendprodukte wurden von PAULUS (1999) untersucht. Der Einfluß von Geschlecht, Endgewicht, Fütterungsintensität und Futterzusammensetzung auf den intramuskulären Fettgehalt und das Fettsäuremuster von Markenschweinen wird von KRATZ untersucht.

In dieser Untersuchung werden die Aspekte der Fleischbeschaffenheit bearbeitet, und es sollen Qualitätsanforderungen an zukünftige Markenschweine entwickelt werden. Dabei geht es insbesondere um die Auswirkungen des MHS-Status, des Hampshirefaktors (RN<sup>-</sup> Gen) und des intramuskulären Fettgehaltes auf die Fleischbeschaffenheit wichtiger europäischer Kreuzungsendprodukte.

## **2. Literaturübersicht**

### **2.1. Qualitätseigenschaften von Schweinefleisch**

#### **2.1.1. Fleischqualität**

Das Wort Qualität leitet sich vom lateinischen Wort "qualitas" ab und bedeutet Beschaffenheit. Die reale, objektiv vorhandene Qualität eines Lebensmittels wird durch Eigenschaften und Merkmale, welche wissenschaftlich erfaßt, analysiert und gemessen werden können, bestimmt. Dementsprechend läßt sich die Fleischqualität als die Gesamtheit aller Eigenschaften und Merkmale des Fleisches definieren, die für seinen Nährwert, seinen Genußwert, die Gesundheit des Menschen und die Verarbeitung des Fleisches von Bedeutung sind. Die Qualitätsfaktoren des Fleisches werden unterschieden in: sensorische Eigenschaften, Nährwert-Eigenschaften, technologische Eigenschaften und hygienisch-toxikologische Eigenschaften. Die sensorischen Eigenschaften des Fleisches werden durch Aussehen (Farbe, Form, Marmorierung), Geruch, Geschmack, Saftigkeit und Zartheit, bzw. Festigkeit des Fleisches bestimmt. Das Aroma ergibt sich aus mehreren Komponenten (Geruch, Geschmack, Saftigkeit) und bestimmt den Genußwert des Fleisches. Die Nährwerteigenschaften sind vor allem der Gehalt und die Art der Fette, des Proteins, der Vitamine und der Mineralstoffe. Die Proteine des Fleisches besitzen eine hohe biologische Wertigkeit und Verdaulichkeit. Unter den technologischen Eigenschaften sind besonders der Gehalt und Zustand des Eiweißes, die Wasserbindung, bzw. Safthaltung, der Gehalt und Zustand des Fettes, die Gewebestruktur, der pH-Wert, die Farbe des Fleisches und bestimmte Mikroorganismen (Fleischreifung) wichtig. Die hygienisch- toxikologischen Eigenschaften ergeben sich aus der Besiedlung des Fleisches mit Mikroorganismen und aus pharmakologischen- toxikologischen Rückständen (HOFMANN,1993).

SCHMITTEN (1993) definiert Schweinefleischqualität als einen Merkmalskomplex, der sich aus Produktqualität (Qualitätsfaktoren des Fleisches) und Produktionsqualität zusammensetzt. Unter dem Begriff der Produktionsqualität werden Einflußfaktoren verstanden, die die Fleischqualitätsfaktoren beeinflussen. Faktoren der Produktionsqualität sind: Genetik, Gesundheit, Haltung, Fütterung, Transport, Schlachttechnik und Kühlung. Zusätzlich können



physiologische, physikalische und biochemische (postmortale) Faktoren unterschieden werden. Physiologische Faktoren sind: die Spezies, das Alter, das Geschlecht, die Haltung, die Fütterung, der Transport und die Schlachtung der Tiere. Physikalische Faktoren sind: das Kühlen, das Zerlegen, die mechanische Behandlung, das Zerkleinern und der Transport der Schlachtkörper. Die postmortalen Faktoren erfassen biochemische Prozesse nach dem Schlachten (ATP-Abbau), Fleischreifung und Proteinabbau. Die Optimierung und Stabilisierung der Produktionsbedingungen (Produktionsqualität) führt zu einer bestimmten Beschaffenheit des Fleisches und ist Gegenstand der Qualitätssicherung.

Als Ziele der Produktion von Qualitätsschweinefleisch werden ein hoher Genuß-, Nähr- und Gesundheitswert des Fleisches angestrebt, tiergerecht und umweltverträglich erzeugt, bei hoher Produktsicherheit und Qualitätsgarantie. Für den Verbraucher sind vor allem sensorische, für den Verarbeiter müssen zusätzlich technologische und für die Überwachung die hygienisch-toxikologischen Faktoren von besonderem Interesse sein (SCHMITTEN, 1993; HOFMANN, 1993).

GLODEK (1996) definiert die Qualität der Endprodukte in der Schweinezucht bzw. -erzeugung anhand der Wirtschaftlichkeit der Produktion, der Qualität des Fleisches bzw. Fettes und unter ethischen und Umweltaspekten. Die Wirtschaftlichkeit der Produktion ist gekennzeichnet durch Mastleistung, Fleischanteil (Erlös) und Tierverluste. Die Qualität des Fleisches und Fettes ist durch die PSE/DFD-Häufigkeit, den Hampshirefaktor und den intramuskulären Fettgehalt bestimmt. Zu den ethischen und Umweltaspekten der Produktion gehört die Berücksichtigung tierschutzrelevanter Zucht- und Haltungsverfahren, sowie die Eignung für umweltschonende Fütterung und Haltung.

Hinter dem Begriff des Qualitätsfleisches verbergen sich subjektive Vorstellungen und Erwartungen der Verbraucher und Produzenten und er ist aus diesem Grunde von der objektivierbaren Fleischqualität abzugrenzen (HOFMANN, 1993). Das Verbraucherinteresse erstreckt sich zunehmend auf die Produktionsbedingungen (Prozeßqualität) in der Schweinehaltung. Die Öffentlichkeit verlangt insbesondere eine tiergerechte und umweltverträgliche Produktion, sodaß integrierte Qualitätsfleischprogramme auf diesen Verbraucherwunsch eingehen sollten (SCHMITTEN, 1993; HOFMANN, 1993).

Von bestimmten Verbrauchergruppen wird die Verwendung streßanfälliger Rassen in der Tierproduktion als ethisch bedenklich angesehen, und dazu gehört die homozygot

streßanfällige Pietrain Population (PI (PP)), die auf Grund ihrer extremen Bemuskelung als wichtigste Vaterlinie in Deutschland den Hauptanteil aller eingesetzten Endproduktväter stellt. Gefördert durch die in der Bundesrepublik geltenden Bewertungs- und Bezahlungssysteme haben die Schweinezüchter sich auf extrem fleischreiche Mastendprodukte ausrichten müssen. Dadurch wird dem Fleischanteil eine hohe Gewichtung in der Zucht gegeben und mit der Pietrain- Population wird einer extrem fleischreichen Vaterlinie mit nahezu 100%iger Frequenz eines tierschutzrelevanten Defektgens ein hoher Stellenwert in den Gebrauchs-kreuzungsprogrammen eingeräumt (GLODEK, 1996).

### **2.1.2. Fleischbeschaffenheitsfehler (PSE, DFD)**

PSE (**P**ale, **S**oft, **E**xudative) und DFD (**D**ark, **F**irm, **D**ry) sind die beiden extremen Abweichungen von der normalen, erwünschten Fleischbeschaffenheit (KALLWEIT, 1988).

PSE/DFD Fleisch ist eine Manifestation von Streßempfindlichkeit und Belastungsmypathie (Malignes Hyperthermie Syndrom = MHS). Physiologische und pathophysiologische Grundlagen sollen im folgenden erörtert werden:

#### **Physiologie**

Die Aktivierung der quergestreiften Muskulatur erfolgt in mehreren Stufen: Ein Aktionspotential (AP) wird an der motorischen Endplatte vom Nerven auf die Muskelzelle übertragen, wodurch auf der Muskellzellmembran (Sarkolemm) ein Aktionspotential ausgelöst wird. Das Aktionspotential polarisiert das Membranpotential des Sarkolemms sowie des T-Systems um. Innerhalb des T-Systems ruft das Membranpotential Veränderungen am Dihydropyridin-Rezeptor (Voltage Sensor) hervor, die auf den Ryanodin-Rezeptor am sarkoplasmatischem Retikulum (SR) übertragen werden und dadurch die Freisetzung von Kalzium aus dem SR bewirken. Das Kalzium vermittelt indirekt die Interaktion zwischen Aktin und Myosin und damit die Muskelkontraktion. Zusätzlich wird durch Kalzium die Glykolyse beschleunigt und dadurch Adenosintriphosphat (ATP) produziert. Das freigesetzte Kalzium wird mittels einer Ca-ATPase wieder in das SR gepumpt. Der Ryanodin-Rezeptor bewirkt zusammen mit dem Voltage Sensor die Umsetzung des elektrischen Signals (AP) in die Muskelkontraktion (elektromechanische Kopplung) (MARTENS,1997).

Der Ryanodin- Rezeptor besteht aus vier identischen Untereinheiten, wobei jede Untereinheit aus einer großen "Foot-Region" und einem Membranteil, das in die Membran des SR integriert ist und als Kalziumkanal fungiert, besteht (MCPHERSON UND CAMPBELL, 1993). Nach der Aktivierung des Ryanodin-Rezeptors wird Kalzium aus dem SR in das Zytosol abgegeben und induziert die Interaktion zwischen Aktin und Myosin, dabei ist zu beobachten, daß niedrige intrazelluläre Kalziumkonzentrationen den Rezeptor aktivieren, hohe intrazelluläre Konzentrationen hemmend wirken. Unkontrollierten Kontraktionen wirkt Magnesium in physiologischen Konzentrationen entgegen (MARTENS, 1997).

### **Pathophysiologie**

Bei der malignen Hyperthermie des Schweines ist seit langem bekannt, daß es sich um eine genetische Krankheitsdisposition handelt, die eng mit der Ausbildung von PSE-Fleisch verbunden ist. Der Defekt wird von einem einzigen Genlocus, dem sog. "Halothan-Gen" oder "MHS-Gen", verursacht, welches auf dem Chromosom 6p12-q22 lokalisiert wurde und autosomal rezessiv vererbt wird. Durch in vivo und in vitro Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß die Ursache der malignen Hyperthermie in einer Fehlregulation der  $\text{Ca}^{2+}$  Freisetzung aus dem SR zu suchen ist (BRENIG UND BREM, 1992). Bei der Mutation des "Halothan-Gens" handelt es sich um eine Punktmutation am Nukleotid 1843 auf der DNA, wodurch anstatt einer Cytosin- eine Thymin- Base in der Nukleotidsequenz zu finden ist. Dadurch wird bei der Translation anstatt von Arginin Cystein in dem als "Foot-Region" bezeichneten Abschnitt des Ryanodin-Rezeptors eingesetzt (FUJII ET AL., 1991).

Aus dieser Mutation ergeben sich weitreichende Folgen für die Funktion des veränderten Ryanodin-Rezeptors: Der Rezeptor ist, bedingt durch eine verringerte Empfindlichkeit gegenüber Magnesium, leichter aktivierbar, und hohe intrazelluläre Kalziumkonzentrationen führen nur unzureichend oder gar nicht zu seiner Inaktivierung (MARTENS, 1997). SHOMER ET AL. (1994) prüften die Aktivität des Ryanodin-Rezeptors bei unterschiedlichen pH-Werten im Zytosol und stellten fest, daß mit sinkendem pH-Wert die Aktivität des Rezeptors abnimmt. Dieser Schutzmechanismus wird bei einer Überlastung des Muskels, bei der durch anaerobe Glykolyse der pH-Wert im Zytosol absinkt, aktiviert. Bei MHS positiven Tieren wurde eine 50%ige Hemmung des Rezeptors erst bei einem pH-Wert von 6,86 erreicht, während die Kontrollgruppe dieses schon bei einem signifikant höherem Wert von 7,08 erreichte.

Bei Tieren mit mutiertem Ryanodin-Rezeptor erhöht sich mit zunehmender Belastung permanent die intrazelluläre Kalziumkonzentration, weil der Rezeptor durch hohe intrazelluläre Kalziumkonzentrationen nicht mehr ausreichend gehemmt wird. Dadurch entstehen vermehrt unkontrollierte Muskelkontraktionen, die durch die (indirekt) kalziumabhängige Interaktion von Myosin und Aktin unter Verbrauch von ATP zu erklären sind. ATP wird zusätzlich von der Ca-ATPase des SR verbraucht. ATP wird zunächst durch Kreatinphosphat regeneriert, muß aber dann durch aerobe Glykolyse, bei anhaltender Belastung durch anaerobe Glykolyse neu synthetisiert werden. Bei übermäßiger Belastung erschöpfen sich die Energiereserven, Laktat akkumuliert und in Folge des ATP-Mangels kann die Ionenverteilung zwischen intra- und extrazellulär (Na und K) nicht mehr aufrechterhalten werden, wodurch osmotische Effekte ausgelöst werden (MARTENS, 1997).

Die azidotische Belastung und die osmotischen Veränderungen verursachen mikrostrukturelle Veränderungen im Muskelgewebe, die sich in Zellschwellung und Degeneration (degeneratives Zellödem) mit Austritt von Muskelenzymen zeigen. Degenerative Veränderungen wurden an Proteinen, Membranen und an komplexen Strukturen wie Kapillaren nachgewiesen (BICKHARDT, 1992).

Die Effekte des mutierten Ryanodin-Rezeptors sind eng verbunden mit der Muskelmorphologie und üben einen erheblichen Einfluß auf die Streifenfälligkeit und die Fleischqualität aus. FIEDLER ET AL. (1997) stellten in einer Untersuchung fest, daß halothanpositive Schweine der Landrasse im Vergleich zu halothannegativen Tieren eine größere Kotelettfäche und im Muskel größere Durchmesser der drei Fasertypen (rot, weiß, intermediär) sowie einen um 5% erhöhten Anteil weißer glykolytischer Muskelfasern aufweisen. Die Anzahl der Zellkerne und die Anzahl der Kapillaren pro mm<sup>2</sup> Muskelfläche waren erniedrigt, und es traten häufiger Faseranomalien in Form kleiner winkliger Faserquerschnitte auf, woraus eine suboptimale Versorgung des Gewebes mit Sauerstoff und Nährstoffen resultiert.

Vergrößerte Faserdurchmesser bei Muskelhypertrophie führen zu längeren Diffusionsstrecken zwischen Kapillaren und Muskelzellen, weil bei großen Muskelfasern der Flächenanteil der Kapillaren signifikant vermindert ist. Dies beeinträchtigt die Versorgung der Muskelzellen mit Nährstoffen und Sauerstoff, was in Folge der anaeroben Glykolyse zu einer Anhäufung von Laktat und damit zum Absinken des pH-Wertes im Zytosol führt. Nach diesen

Zusammenhängen ist ein Merkmalsantagonismus zwischen vergrößerten Muskelfasern und der Fleischbeschaffenheit zu erwarten (FEWSON ET AL, 1993).

BICKHARDT (1997) weist darauf hin, daß die übermäßig dicken weißen II B Muskelfasern sich durch eine hohe Kontraktilität, schlechtere Blutversorgung, große Sauerstoffdiffusionswege, geringe intrazelluläre Sauerstofftransportkapazität und eine geringe Mitochondrienzahl auszeichnen, wodurch bei Belastung innerhalb kürzester Zeit eine anaerobe Glykolyse resultiert, welche zu Laktatanhäufung und Muskelübersäuerung führt. Bei schwereren körperlichen Belastungen streßempfindlicher Schweine entsteht eine generalisierte Laktazidose, die eine Herz- und Kreislaufinsuffizienz hervorruft und im Extremfall zum kardiogenen Schock und Tod führen kann. Die muskuläre Azidose mit muskulärem Energiedefizit führt zu Muskeldegeneration und Nekrosen mit Austritt von Enzymen in die Blutbahn (Creatin-Kinase, CK-Test). Sofern bei der Schlachtung Streß und unvermeidbare Muskelkontraktionen zu einer beschleunigten postmortalen Glykolyse und muskulären Laktazidose führen, kommt es zu Störungen der postmortalen Fleischreifung und zu Fleischqualitätsmängeln. Die höhere Laktatbildung und Wärmebildung und die daraus resultierende schnelle und überhöhte pH-Wertsenkung führen zur Denaturierung der Myofibrillen-, Sarkoplasma- und Zellmembranproteine und damit zu blassem, weichem, wässrigem Fleisch. Weil Muskelfasern durch pH-Wertsenkung, Bildung von Seitenverbindungen während des Rigor mortis und Denaturierung vom Myosin schrumpfen, verändert sich dabei auch die Wasserverteilung im Muskel. Die Muskelfaserschrumpfung führt zu einer größeren Menge freien Wassers, das dem Fleisch bei der Verarbeitung und Zubereitung potentiell verloren geht. Je mehr sich der pH-Wert des Muskels dem isoelektrischen Punkt der Muskelproteine nähert, desto weniger Wasser wird gebunden, d.h. das Wasserbindungsvermögen sinkt, die Lichtreflexion steigt, und das Fleisch erscheint heller (SMULDERS UND VAN LAACK, 1992)

**DFD-Fleisch** entsteht durch verzögerte oder ganz ausbleibende postmortale Glykolyse mit der Folge eines hohen End-pH-Wertes in der Muskulatur und einer trockenen, leimigen und dunklen Muskulatur mit hohem Wasserbindungsvermögen und mikrobieller Anfälligkeit, verursacht durch Glykogenabbau ante mortem und einer damit verbundenen ungenügenden Milchsäurebildung post mortem (FRIES, 1992). Durch den hohen End-pH-Wert ist eine zufriedenstellende Fleischreifung nicht gewährleistet. BICKHARDT (1992) weist darauf hin,

daß die Ausbildung von DFD-Fleisch eine Manifestation einer Belastungsmiopathie ist. Werden Tiere nach größeren Anstrengungen und überstandener Laktazidämie geschlachtet, dann kann sich infolge der Glykogenverarmung der Muskeln nur eine ungenügende Fleischreifung ausbilden und DFD-Fleisch entstehen. KALLWEIT ET AL. (1988) stellten fest, daß das Vorkommen von DFD-Fleisch bei Mastprüfungstieren überwiegend auf die Empfindlichkeit des Tiermaterials zurückzuführen ist, weil derartige Tiere unter kontrollierten Bedingungen zur Schlachtung gelangen. Die Ausbildung von DFD-Fleisch ist demnach abhängig von den Energiereserven im Muskel zum Zeitpunkt des Schlachtens. In einer Streßsituation vor dem Schlachten wird die Milchsäure (Lactat) schnell wieder resynthetisiert, ohne daß der Glykogenvorrat der Muskeln entsprechend schnell erneuert werden kann. Wird das Tier zu einem Zeitpunkt (z.B. 15 min) nach Ende der Belastung geschlachtet, führt der schon hohe Milchsäurespiegel und das für den glykolytischen Abbau noch vorhandene Glykogen zu einem überstürzten pH-Abfall p.m. in der Muskulatur und zur Bildung von PSE-Fleisch. Die Schlachtung zu einem späterem Zeitpunkt (z.B. ab 120 min) kann DFD-Fleisch zur Folge haben, weil die Milchsäure bereits metabolisiert wurde und die andererseits geringen Glykogenreserven zur Bildung neuer Milchsäure nicht ausreichen: der pH-Wert bleibt auf einem hohen Niveau, und es entsteht DFD-Fleisch.

Die allgemeinen Qualitätsanforderungen an Schweinefleisch lassen sich derzeit wie folgt formulieren:

Farbe:	rosa bis rot, feuchtglänzend
Konsistenz:	hohe Zartheit, aber schnittfest
Wasserbindevermögen:	hohes Wasser- und Safthaltevermögen
Fettgehalt:	insgesamt fettarm, aber mindestens 2% intramuskuläres Fett (IMF) im Kotelett
Fettkonsistenz:	weiß, oxidationsstabil
Sensorik:	gute Geschmackseigenschaften
pH- Wert:	kein PSE-Fleisch, d.h. pH-Wert im Kotelett 45 Minuten p.m. > 5,6; kein DFD-Fleisch, d.h. pH-Wert im Kotelett 24 Stunden p.m. < 5,8;

(MÜLLER ET AL. 1996)

Die Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft MBH (CMA) verleiht das CMA-Prüfsiegel "Deutsches Qualitätsfleisch aus kontrollierter Aufzucht" nur bei Einhaltung folgender Grenzwerte:

1.: Ausschluß von PSE:

Messung im M. longissimus dorsi zwischen der 12. u. 13. Rippe oder im Schinken / Oberschale

Minuten post mortem	pH- Wert	
	M. longissimus dorsi	M. semimembranosus
30	$\geq 6,1$	$\geq 6,1$
45	$\geq 6,0$	$\geq 6,0$
50	$\geq 5,9$	$\geq 5,9$
Leitfähigkeitswert (LF)		
Stunden post mortem	M. longissimus dorsi	M. semimembranosus
3	$< 5,0$	$< 6,0$
5	$< 5,5$	$< 6,5$
24-48	$< 6,0$	$< 9,5$

2.: Ausschluß von DFD:

Grenz-End-pH-Wert:  $\leq 6,0$  ab 24 h p.m.

(CMA LASTENHEFTE "SCHWEINEFLEISCH", 1998)

## 2.2. Der Hampshirefaktor (HF)

Der Hampshirefaktor ist gekennzeichnet durch einen verspäteten postmortalen pH-Wertabfall, der bei Hampshireschweinen und deren Kreuzungen trotz bester frühpostmortalen pH- und Leitfähigkeitswerte, spätpostmortal (pH 24) zu auffallend niedrigen End-pH-Werten und deutlich schlechteren Kochpöckeleigenschaften (Wasserbindung) führt. Die Hampshireschweine und deren Kreuzungen weisen in der Muskulatur ein erhöhtes Glykolytisches Potential auf, wodurch der End-pH-Wert ein niedrigeres Niveau ("Acid meat") als bei Vergleichstieren ohne Hampshire-Anteil erreicht. Die hohen Verarbeitungsverluste bei

der Kochschinkenherstellung (RN = Rendement Napole, Hilfsmerkmal zur Abschätzung der Kochschinkenausbeute) sind auf den höheren Glykogengehalt (+70% in der weißen Muskulatur), den geringeren Proteingehalt (-1%) und den niedrigen End-pH-Wert in der Muskulatur zurückzuführen. Je niedriger der End-pH-Wert ist, desto mehr nähert er sich dem isoelektrischen Punkt von Aktomyosin, was ein Minimum an Wasserbindungsvermögen bedeutet. Das Glykogen und das Protein sind gleichwertige Bindungspartner für das im Muskel vorhandene Wasser, wodurch die an Glykogen gebundene Wassermenge zu-, die dem Protein anhaftende Wassermenge abnimmt. Durch die Erhitzung bei der Verarbeitung wird der Restglykogengehalt umgewandelt, und das gebundene Wasser geht verloren. (MONIN UND SELLIER, 1985; SURMANN, 1991; WABMUTH, 1991; FEDDERN ET AL., 1994; LARZUL ET AL., 1998; LEBRET ET AL., 1999).

Das Glykolytische Potential (GP) wird definiert als ein Potential der Laktatproduktion während der postmortalen Glykolyse und kann aus der Summe der glykolytischen Kennwerte Glykogen, Glukose-6-phosphat, Glukose und Laktat nach der Formel:

$$\text{GP } [\mu\text{mol/g Muskelgewebe}] = 2 \cdot (\text{Glykogen} + \text{Glucose} + \text{Glucose-6-phosphat}) + \text{Laktat}$$
berechnet werden. (MONIN UND SELLIER, 1985; LARZUL ET AL., 1998). Die Höhe des GP ist von der Zusammensetzung der Muskulatur und vom Meßzeitpunkt abhängig: Das GP in der weißen Muskulatur ist höher als das in der roten. Die Messung des GP in einer Muskelprobe von einem lebenden, ausgeruhtem Schwein ergibt höhere Werte als die von einer Schlachtkörperprobe eine Stunde p.m.. Die Beziehung zwischen dem End-pH-Wert und dem GP ist linear, bis ein Plateauwert erreicht wird, welcher durch ein muskelspezifisches GP charakterisiert ist. Das GP zeigt eine positive Beziehung zum Fleisch/Fett Verhältnis und zum Restglykogengehalt des Muskels, eine negative Beziehung zum End-pH-Wert und zur Kochschinkenausbeute (LARZUL ET AL., 1998).

Der Hampshirefaktor oder Hampshireeffekt wird durch ein dominantes Hauptgen (RN<sup>-</sup>) verursacht, welches in der Rasse Hampshire mit einer hohen Frequenz vorkommt. Das "RN<sup>-</sup> Gen" beeinflusst den Energie- sowie den Proteinhaushalt im Muskel (MONIN UND SELLIER, 1985; WABMUTH, 1991; LARZUL ET AL., 1998; LEBRET, 1999).

LEBRET ET AL. (1999) untersuchten den Einfluß der drei RN<sup>-</sup> Genotypen: rn<sup>+</sup>/rn<sup>+</sup>, RN<sup>-</sup>/rn<sup>+</sup>, RN<sup>-</sup>/RN<sup>-</sup> auf die chemische Zusammensetzung, die Enzymaktivität und die Muskelfaserstruktur in der Skelettmuskulatur. Die Tiere wurden dabei hinsichtlich des RTN



(Rendement Technologique Napole) mit einer Segregationsanalyse genotypisiert. Es wurden Muskelproben aus dem M. longissimus dorsi und dem M. semispinalis capitis untersucht. Dabei zeigte sich, daß der energetische Metabolismus der weißen Muskulatur (M. longissimus dorsi) bei RN/RN Tieren mehr oxidativ ist als bei rn<sup>+</sup>/rn<sup>+</sup> Tieren, was sich: durch einem Anstieg der Enzymaktivität von Citrat-Synthetase und  $\beta$ -hydroxy-acyl-coenzym-A-Dehydrogenase, durch einen Aktivitätsabfall der Lactat-Dehydrogenase, durch einen größeren Querschnitt der IIA- und roten IIB- Fasern, durch einem höheren Anteil der IIA Fasern und durch einem geringeren Anteil der IIB- Fasern zeigte. Im M. longissimus dorsi bewirkt das RN<sup>-</sup> Allel eine hohe Zunahme des GP (+ 3,5 phänotypische SD zwischen den Homozygoten) und der Fleischhelligkeit (L-Wert, + 0,7 phänot. SD), bzw. einen Abfall des End-pH-Werts, der Trockensubstanz und des Proteingehaltes (- 1,7 bis - 2 SD für die letzten drei Merkmale). Keine Unterschiede zwischen den Genotypen waren für den Gehalt an intramuskulärem Fett festzustellen. Das RN<sup>-</sup> Allel zeigte keinen Einfluß auf die Enzymaktivität in der roten Muskulatur (M. semispinalis capitis). SURMANN (1991) verglich verschiedene Vaterkombinationen mit und ohne Hampshireanteil in Hinblick auf die Fleischbeschaffenheit: Die Vaterherkunft Hampshire zeigte bei frühpostmortal zufriedenstellender Fleischbeschaffenheit spätpostmortal die niedrigsten End-pH-Werte, eine blässere Fleischfarbe, höhere Tropfsaft-, Grill- und Gesamtverluste und höhere spätpostmortale Leitfähigkeitswerte. Bei den frühpostmortalen Kriterien (pH1 u. LF1) zeigten die Nachkommen der untersuchten PI und PI\*(PI\*HA)-Väter die höchsten PSE-Anteile, während für die Vaterherkünfte HA\*DU, HA und PI\*DU besonders gute Werte ermittelt werden konnten. Die Leitfähigkeit als Kriterium für den Grad der Zellschädigung läßt frühpostmortal noch keine Differenzierung zwischen den einzelnen Vaterherkünften erkennen, weil durch die gute Fleischbeschaffenheit und den geringen Laktatanfall keine umfangreichen Zellmembranschäden auftreten. Als frühpostmortalem Fleischbeschaffenheitskriterium ist daher dem pH-Wert der Vorzug zu geben. Durch die spätpostmortale Leitfähigkeit werden die Auswirkungen niedriger End-pH-Werte bei der Vaterherkunft Hampshire sichtbar. Als spätpostmortale PSE-Kriterien werden ein pH24-Wert von unter 5,40 und ein Leitfähigkeitswert von über 7,8 im Kotelett angegeben; bei frühpostmortal guter Fleischbeschaffenheit wiesen in SURMANN'S Studie über 18% der Nachkommen der Vaterherkunft Hampshire End-pH-Werte von unter 5,40 auf.

WABMUTH (1991) untersuchte einheimische Hampshire-Kreuzungen und bestätigte den Einfluß des RN<sup>-</sup> Gens auf den Proteingehalt und den pH<sub>24</sub>-Wert, sowie den dominanten Erbgang des RN<sup>-</sup> Gens mit Hilfe einer Segregationsanalyse. Zusätzlich wurden der Einfluß der Standzeit vor der Schlachtung auf das glykolytische Potential des Muskels und die Fleischbeschaffenheit bei Schweinen mit und ohne Hampshire-Genanteil untersucht, um festzustellen, ob eine verlängerte Standzeit nach vorheriger Nüchterung bei Schweinen ohne den Hampshirefaktor zu einer Regenerierung der Energiereserven führt und nach schonender Schlachtung einen den "HF"- Tieren ähnlichen Verlauf verursacht. Dazu wurden zwei Herkünfte (LW \* DL und PI \* HA) mit jeweils zwei Standzeiten vor der Schlachtung (2 h und 18 h) ausgewertet. Aufgrund dieser Untersuchung stellt WABMUTH fest, daß eine Verlängerung der Standzeit vor der Schlachtung in keiner der beiden Herkünfte die Gehalte an Glykogen, Glukose und Laktat, sowie des resultierenden glykolytischen Potentials, im M. longissimus dorsi beeinflusst. Bei einer verlängerten Standzeit ergeben sich tendenziell niedrigere End-pH-Werte, LF<sub>24</sub>-Werte und Wassergehalte sowie stark verringerte Grillverluste und höhere GÖFO- und Wasserbindungswerte. Es kommt jedoch zu keiner Interaktion zwischen Standzeit und Herkunft. Die Ausprägung des "Hampshirefaktors" mit höherem glykolytischen Potential, niedrigerem End-pH-Wert und geringerem Proteingehalt ist weitgehend unabhängig von der Standzeit.

FEDDERN ET AL. (1994) untersuchten den Verlauf der postmortalen Glykolyse bei reinrassigen Hampshireschweinen, Schweinen der Einfachkreuzung HA\*PI bzw. Large White\*Landrasse (LW\*LR) und Schweinen der Vierrassenkreuzung (HA\*PI)\*(LW\*LR). Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen deutlich, daß im M. long. dorsi reinrassiger Hampshiretiere zu allen Untersuchungszeitpunkten die höchsten Glykogengehalte und das höchste GP gemessen werden, während Tiere der Kreuzung LW\*LR das niedrigste GP im Fleisch haben. Die untersuchten Hampshires zeigen unmittelbar nach dem Schlachten (eine Stunde p.m.) die höchsten pH-Werte (pH<sub>1</sub> = 6,49), 24 Stunden p.m. die niedrigsten Werte (pH<sub>24</sub> = 5,29). Weiterhin sind bei den Hampshiretieren und der Kreuzung HA\*PI im Kotelett deutlich höhere Koch- und Tropfsaftverluste festzustellen. Die Mängel in den Verarbeitungseigenschaften des Fleisches von Hampshiretieren äußern sich in einer verringerten Ausbeute in der Kochschinkenherstellung, bedingt durch deutlich höheren Kochverluste. Weniger deutliche

Hinweise auf den Hampshireeffekt liefern in dieser Untersuchung Leitfähigkeitsmessungen und die Fleischfarbe.

### 2.3. Geschmacks- und Genußqualität

Die Geschmacks- und Genußqualität umfaßt alle mit den menschlichen Sinnen erfassbaren Wahrnehmungen zum Zeitpunkt des Kaufes, der Zubereitung und des Verzehrs von Fleisch (SCHWÖRER,1987). Als physiologische Grundlage der Genußqualität werden von SMULDERS UND VAN LAAK (1992) die Muskelfarbe, die Zartheit und der Geschmack des Fleisches genannt:

Die Muskelfarbe wird vom Pigmentgehalt (Myoglobin, Hämoglobin), vom chemischen Zustand des Pigments (Myoglobin-Oximyoglobin-Metmyoglobin), der Farbstabilität, sowie der Lichtabsorption bzw. -reflektion bestimmt. Die Zartheit des Fleisches hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die Menge an Bindegewebe bestimmt die sogenannte "Hintergrundzähigkeit", ein Ausdruck der besagt, daß nur wenig getan werden kann, um deren Beitrag zur Zartheit des Fleisches zu beeinflussen. Im Gegensatz dazu läßt sich die "Myofibrillärkomponente" der Zartheit erheblich beeinflussen. Wenn sich "Rigor-Brücken" gebildet haben, werden die Sarkomere kürzer, und folglich wird die Proteinmatrix auch dichter. Besonders in Muskeln mit einer langsam verlaufenden Glykolyse kann dieser Prozeß die Zähigkeit stark vergrößern. Während des Reifungsprozesses bauen neutrale kalziumaktivierte Proteinaseen möglicherweise in Zusammenarbeit mit sauren lysosomalen Enzymen die Muskelfaserstruktur ab. Auf diese Weise wird die Zartheit während der Lagerung verbessert. Ein hoher Fettgehalt kann die Zartheit in gewissen Maßen ebenfalls verbessern, weil er den Beitrag der anderen Faktoren dazu "verdünnt". Für den Fleischgeschmack sind hauptsächlich wasserlösliche Verbindungen verantwortlich. Viele aromatischen Substanzen sind mit dem Fett assoziiert.

EIKELENBOOM ET AL. (1996) untersuchten die Verzehrsqualität von Schweinefleisch unter dem Einfluß des End-pH-Wertes und unter dem Einfluß des intramuskulären Fettes (IMF). Der End-pH-Wert (13 Stunden p.m.) schwankt zwischen 5,42 und 6,25 ( $\bar{x} = 5,71$ ) und ist signifikant mit der Farbe und dem Wasserbindungsvermögen korreliert. Der End-pH-Wert zeigt einen positiven Zusammenhang mit der sensorisch festgestellten Bewertung für Zartheit

( $r = 0,78$ ) und Saftigkeit ( $r = 0,68$ ), nicht jedoch mit dem Geschmack ( $r = 0,02$ ). Der intramuskuläre Fettgehalt (Soxhlet) schwankt zwischen 0,7 und 5,0 % ( $\bar{x} = 1,9\%$ ) und ist negativ mit den mehrfach ungesättigten Fettsäuren Linolsäure und Linolensäure und positiv mit der gesättigten Palmitinsäure korreliert. Mit zunehmendem prozentualen Fleischanteil im Schlachtkörper nehmen die Gehalte für IMF ab und für ungesättigte Fettsäuren zu, was zu einer signifikant niedrigeren sensorischen Zartheit ( $r = -0,44$ ) führt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten darauf hin, daß IMF und die Fettsäurezusammensetzung mit der Verzehrsqualität von Schweinefleisch zusammenhängen, es scheint aber, daß im vorselektiertem Material der IMF für die Verzehrsqualität weniger wichtig ist als der End-pH-Wert.

In zahlreichen Arbeiten wird der Zusammenhang zwischen IMF und der Genußqualität stärker hervorgehoben:

SCHWÖRER (1987) weist darauf hin, daß die sensorische Qualität nicht allein bei PSE- und DFD- Fleisch vermindert ist. Auch ein geringer Gehalt an intramuskulärem Fett wirkt sich negativ auf den Genusswert aus, weil Fett im Fleisch der wichtigste Geschmacksträger ist und der IMF in Beziehung zur Zartheit und Saftigkeit von Schweinefleisch steht. Durch die Zucht wurde allgemein das in den vierziger und fünfziger Jahren noch erwünschte Fettschwein, gemäss den Wünschen des Konsumenten nach möglichst wenig Fett, durch das Typ betonte Fleischschwein verdrängt. Diese einseitige Zucht nach fleischigen und fettarmen Tieren führte einerseits zu einer Abnahme des Gehaltes an Fett im Muskelfleisch und damit zur Verschlechterung des Genußwertes von Fleisch, andererseits auch zu einem Anstieg an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und an Wasser im Speck, verbunden mit einer Abnahme der Festigkeit der Fettgewebe und einer Zunahme der Verderbnisanfälligkeit derselben. MEYER (1991) untersuchte die technologische und sensorische Bewertung der Fleischbeschaffenheit unter besonderer Berücksichtigung des intramuskulären Fettgehaltes. Zwischen der Fleischleistung und den Merkmalen der sensorischen Beurteilung lassen sich demnach kaum Beziehungen nachweisen. Lediglich beim Magerfleischanteil und der FOM-Muskeldicke können signifikant negative Korrelationen zu den sensorischen Merkmalen sowie zum IMF-Gehalt berechnet werden. Die Korrelationen zwischen den Merkmalen der Fleischbeschaffenheit und den sensorischen Merkmalen fallen sehr unterschiedlich aus. Die höchste Korrelation wurde zwischen dem sensorischem Merkmal Zartheit und Leitfähigkeit

nach 24 Stunden mit  $-0,38$  berechnet. Die Korrelation zwischen dem intramuskulären Fettgehalt und den sensorischen Merkmalen lag im Bereich  $r = 0,2$ . Splittet man das Tiermaterial gemäß dem IMF-Gehalt in verschiedene Gruppen, so lassen sich Korrelationen zu den Merkmalen der Verzehrsqualität erst ab einem IMF-Gehalt von 2% nachweisen bzw. sind signifikant. MEYER (1991) schlägt vor, den IMF-Gehalt im Selektionsindex zu berücksichtigen, um über die Zucht eine zusätzliche Möglichkeit zu schaffen, die Fleischbeschaffenheit von Schweinefleisch zu verbessern.

KIRCHHEIM ET AL. (1996) fanden eine hochsignifikante Beziehung zwischen IMF und Zartheit ( $r = 0,03$ ). Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen IMF und Aroma-Geschmack ist in dieser Studie ab einem IMF- Gehalt von 2,5% feststellbar.

SCHWÖRER (1996) stellt fest, daß der Genußwert mit steigendem Gehalt an IMF zunimmt, wobei der Optimalwert bei 2% freiem Fett in der Muskelmasse liegt. Da mit zunehmendem Gehalt an IMF im Karree der Anteil an ungesättigten Fettsäuren im Rückenspeck sinkt, erhofft man durch die züchterische Steigerung des Anteils an IMF auch eine Verbesserung der Haltbarkeit und der Verarbeitung von Fettgewebe.

STEINBERG (1996) zeigte, daß die sensorischen Merkmale mit dem intramuskulären Fettgehalt korrelieren. Mit steigendem IMF werden bessere Bewertungen für die Zartheit, den Geschmack und den sensorischen Gesamteindruck registriert. Die Korrelation zwischen IMF und der Zartheit beträgt  $r = 0,33$ , zwischen IMF und Geschmack-Aroma  $r = 0,32$ , zwischen IMF und dem Gesamteindruck  $r = 0,43$  bei jeweils hoher Signifikanz. Der intramuskuläre Fettgehalt ist der am besten geeignete Parameter zur umfassenden Verbesserung der sensorischen und technologischen Fleischbeschaffenheit.

KALLWEIT ET AL (1996) untersuchten den Fettgehalt (IMF) im M. longissimus dorsi verschiedener Schweinerassen anhand von Tieren aus Leistungsprüfungsanstalten. Die höchsten Durchschnittswerte wurden bei der Rasse Leicoma (1,62%), die niedrigsten bei der Belgischen Landrasse (0,49%) bzw. Pietrain (0,64%) gemessen. Die Basislinien des Bundeshybridzuchtprogramms (BHZP) unterliegen einem eigenen Selektionsprogramm und müssen daher in ihrem IMF nicht unbedingt in der gleichen Größenordnung liegen wie die übrigen Vertreter der Rasse. Die Basislinie Pietrain erreicht einen Durchschnittswert von 0,9%, Hampshire 1,47%, der höchste Wert wird von der Rasse Duroc mit 2,11% erreicht. Für

die geprüften Endprodukte (Warentest Haus Düsse, 1993) ergaben sich ebenfalls erhebliche Unterschiede, wenn auch alle beteiligten Populationen weit unterhalb der Grenze von 2% bleiben. Weiterhin wurden in dieser Untersuchung die phänotypischen Korrelationen zwischen dem IMF und den Merkmalen der Fleischbeschaffenheit bestimmt. Es zeigt sich, daß diese Beziehungen sehr eng sind und in ihrem Zusammenwirken die sensorischen Eigenschaften des Fleisches prägen. Der Gehalt an IMF kann also nicht als isolierter Einflußfaktor auf sensorische Merkmale betrachtet werden, vielmehr wird aus dem Zusammenhang mit dem pH-Wert-Verlauf ersichtlich, daß das IMF am Muskelstoffwechsel als Energiequelle unmittelbar beteiligt ist und damit einen günstigen Einfluß auf die Fleischreifung ausübt.

Die direkte Selektion auf intramuskuläres Fett innerhalb von Rassen ist eine Möglichkeit, den Genußwert von Fleisch zu verbessern, der Einsatz von Rassen mit einem hohem Anteil an IMF in Gebrauchskreuzungen die andere (SCHWÖRER, 1996). Der IMF-Gehalt zeigt eine hohe Heritabilität, aber aufgrund einer sehr geringen Variabilität ist nur mit unzureichenden Selektionserfolgen zu rechnen. Die genetischen Beziehungen des IMF zu anderen Mast- und Schlachtleistungsmerkmalen sind stark rassenspezifisch mit der Tendenz zu einer positiven Korrelation zur täglichen Zunahme (Mastleistung) und zur Fleischbeschaffenheit. Eine Selektion auf einen höheren IMF ist unter den gegebenen deutschen Marktverhältnissen nicht zu befürworten, weil zum Fleischanteil eine antagonistische Beziehung besteht. Die Verbesserung des Genußwertes über eine Erhöhung des IMF ist langfristig erforderlich, um den steigenden Qualitätsanforderungen gerecht zu werden. Eine kurzfristige Erhöhung des IMF ist nur durch den Einsatz der Endprodukte von Rassen mit einem hohen Anteil an IMF zu erreichen. Auch die Einkreuzung von fettreichen Populationen in die Vater- und Mutterlinien von Kreuzungsprogrammen kann mittelfristig den IMF verbessern (BRANDT, 1996). In Gebrauchskreuzungen bietet sich die Rasse Duroc an. Die Kreuzungstiere fallen durch ihre gute Fleischfülle, die gute Fleischbeschaffenheit und den gleichzeitig optimalen Gehalt an IMF ( $\bar{x} = 2,24\%$ ) auf (SCHWÖRER, 1996).

### 3. Eigene Untersuchungen

#### 3.1. Planung und Durchführung des Feldversuches

In diesem Versuch wurden sechs Kreuzungskombinationen, die sich durch Rasse und MHS-Status der verwendeten Vaterlinien unterscheiden, geprüft. Die Anpaarung aller Eber erfolgte mit reinerbig MHS-negativen (NN) BHZP-Sauen (Linie 31 = Large White\*Landrasse).

**Tabelle 1:** Vaterlinien und MHS-Status der Endprodukte

Vaterlinie	MHS-Status Vater	MHS-Status Endprodukte	Durchgang
Pietrain (PI)	reinerbig negativ (NN)	NN	1+2
Pietrain (PI)	reinerbig positiv (PP)	NP	1
Pietrain*Hampshire (PI*HA)	reinerbig negativ (NN)	NN	1+2
Pietrain*Hampshire (PI*HA)	mischerbig (NP)	½ NN + ½ NP	1
Duroc (DU)	reinerbig negativ (NN)	NN	2
Hampshire*Duroc (HA*DU)	reinerbig negativ (NN)	NN	2

Der Versuch gliederte sich in zwei Besamungsdurchgänge, wobei ein Besamungsdurchgang 20 Wochen dauern sollte. Pro Durchgang sollten zehn Besamungseber je Vaterlinie mit jeweils zehn Besamungen, pro Woche je ein Besamungseber aus zwei der Vaterlinien eingesetzt werden. Die Vaterlinien PI(NN) und PI\*HA(NN) wurden in beiden Versuchsdurchgängen eingesetzt. Die Endprodukte der Vaterlinie PI\*HA(NP) stellen den derzeitigen Markenstandard, die Endprodukte der Vaterlinie PI(PP) das Normalangebot am deutschen Markt dar.

Im ersten Durchgang war das Angebot an NN-Ebern gering, sodaß bei diesen Anpaarungen ein Eber wegen unbrauchbaren Spermias ausfiel und ein weiterer bei zehn Belegungen keinen Besamungserfolg zeigte. Der zweite Durchgang mußte aufgrund einer falschen Spermalieferung um eine Woche verlängert werden. Die Besamungen des ersten Durchganges

erfolgten von der 23. bis zur 42. Kalenderwoche des Jahres 1997, die des zweiten von der 43. Kalenderwoche 1997 bis zur 11. Kalenderwoche 1998, wodurch sich die gesamten Besamungen über 41 Wochen erstreckten.

Alle Versuchstiere wurden auf dem Ferkelerzeugerbetrieb der Agrargenossenschaft Kletzke (Kreis Prignitz) der Ferkel EG Hannover im VZF (Verein zur Förderung der bäuerlichen Veredelungswirtschaft) produziert. Der Betrieb hält 500 Sauen und strebt 20 Abferkelungen pro Woche an.

Die Spermaverteilung wurde von der BHZP-Besamungsstation Suderburg durchgeführt, wobei Sperma aus fünf deutschen und einer dänischen Station bestellt werden mußte. Die Ebereinsatzpläne für den Ferkelerzeugerbetrieb wurden im Institut für Tierzucht und Haustiergenetik in Göttingen erstellt. Sämtliche Produktionsdaten wurden auf dem Betrieb mit Hilfe des db-Sauenplaners erfaßt, sodaß eine ständige Kontrolle des Ebereinsatzplanes möglich war. Aufgrund dieser Daten konnten in Göttingen Ferkelkennzeichnungslisten erstellt werden. Die produzierten Versuchsferkel wurden auf dem Betrieb nach Vorgabe der Listen vor dem Absetzen mit einer Ohrmarke (Farbe und fortlaufende Nummer) eindeutig gekennzeichnet.



**Tabelle 2:** Anzahl KB-Eber pro Vaterlinie und gekennzeichnete Ferkel pro Versuchsgruppe innerhalb Durchgang

Durchgang	Versuchsgruppe	Vaterlinie	Anzahl KB- Eber	Ferkel gekennzeichnet
1	1	PI (NN)	10	511
	2	PI (PP)	10	551
	3	PI*HA (NN)	9 (8)	619
	4	PI*HA (NP)	10	482
		$\Sigma$	39 (38)	<b>2163</b>
2	1	PI (NN)	11	455
	3	PI*HA (NN)	11	581
	5	DU (NN)	10	547
	6	HA*DU (NN)	10	657
		$\Sigma$	42	<b>2240</b>

Insgesamt sind in den Versuchsgruppen 4403 Ferkel gekennzeichnet worden, die von 80 KB-Ebern abstammten, wobei zwei der PI(NN)- und fünf der PI\*HA-Eber in beiden Durchgängen eingesetzt wurden.

Als innerbetriebliche Kontrolle wurden wöchentlich in beiden Versuchsdurchgängen aus jeweils drei Würfen Ferkel von im Betrieb eingesetzten PI\*HA(NP) Natursprungebern (Betriebskontrolle) gekennzeichnet. Zusammen mit der innerbetrieblichen Kontrolle konnten in der Datenbank 5685 gekennzeichnete Ferkel erfaßt werden. Umgesetzte Ferkel wurden gekerbt und nicht gekennzeichnet. Alle zusätzlich produzierten Ferkel von Natursprungebern des Ferkelerzeugerbetriebes wurden ebenfalls nicht mit einer Versuchsohrmarke gekennzeichnet, konnten aber aufgrund der VVO (Viehverkehrsverordnung)-Ohrmarke weiterhin bis zum Schlachthof verfolgt werden (Gruppe 0). Nach dem Absetzen wurden die Ferkel bis zu einem durchschnittlichem Alter von 72 Tagen auf Flatdecks aufgestellt.

Im Institut für Tierzucht und Haustiergenetik ist mit Hilfe der Daten aus dem Sauenplaner und den Ferkelkennzeichnungslisten eine erweiterte Datenbank aufgebaut worden, die die individuellen Informationen über jedes Versuchsferkel (Vater, Mutter, Wurf, Geburtsdatum, Ohrmarke, Versuchsdurchgang) enthält.

Die Mast der Versuchsschweine erfolgte auf vier Mastbetrieben der BEG (Bauensiegel-Erzeugergemeinschaft Elbe-Weser im Verein zur Förderung der Veredelungswirtschaft), die sich in ihrem Management nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Unterschiedliche Aufstellungs- und Fütterungssysteme wurden als Betriebseffekt berücksichtigt. Alle Tiere wurden nach Geschlecht aufgestellt. Pro Ferkellieferung wurden in allen vier Betrieben jeweils mindestens zwei Abteile mit Versuchsferkeln und nicht gekennzeichneten Ferkeln beschickt. Bei im Durchschnitt ca. 160 anfallenden Ferkeln pro Woche aus dem Ferkelerzeugerbetrieb konnte jeder Mäster über mindestens zwei Wochen beliefert werden. Dadurch war eine annähernd gleichmäßige Verteilung aller Vaterlinien über die Mastbetriebe gewährleistet. Zusätzlich wurden pro Durchgang 96 Versuchsferkel an das Institut für Tierernährung der FAL Braunschweig-Völkenrode für einen Fütterungsversuch geliefert (KRATZ). Der Transport der Versuchsschweine vom Ferkelerzeugerbetrieb zum Mäster und vom Mäster zum Schlachthof wurde über den gesamten Versuchszeitraum von demselben Transporteur durchgeführt.

**Tabelle 3:** *Verteilung der Tiere nach Versuchsgruppen auf die Mastbetriebe über beide Versuchsdurchgänge*

Mast- betrieb	Vaterlinie						$\Sigma$
	PI (NN)	PI (PP)	PI*HA (NN)	PI*HA (NP)	DU (NN)	HA*DU (NN)	
1	99	33	107	27	72	101	439
2	296	164	313	237	131	170	1311
3	188	127	266	74	69	68	792
4	127	87	171	32	87	98	602
$\Sigma$	710	411	857	370	359	437	3144

## Datenerhebung

Die Schlachtung aller Versuchsschweine erfolgte auf dem Schlachthof der Premium Fleisch AG in Zeven. Die Schweine wurden in aller Regel am Donnerstag geschlachtet und gingen am Freitag in die Zerlegung. Die erste Schlachtung wurde am 19.03.1998 die letzte Schlachtung am 21.01.1999 durchgeführt.

Am Schlachttag wurden die Schweine nach einer zweistündigen Ruhepause mit einer Butina CO<sub>2</sub> Anlage in Zweiergondeln ca. 90 Sekunden lang betäubt. Unmittelbar danach wurden die Tiere an einer Hintergliedmaße aufgehängt und im Hängen mit dem Hohlmesser entblutet. Nach dem Entbluten gelangten die Schweine in den Brühkessel und wurden nach dem Brühen in ihrer endgültigen Reihenfolge in das Schlachtband eingehängt. Dabei stellte sich heraus, daß ein kleiner Anteil der eingezogenen Versuchsohrmarken im Brühkessel herausgerissen wurde und sich einzelne Schlachtkörper im Brühkessel überholten. Zur sicheren Identifizierung der Schlachtkörper wurden deshalb die Ohrmarkenfarbe, die Nummer und das Geschlecht vor dem Brühkessel und nochmals nach dem Einhängen in das Schlachtband erfaßt. Die Schlachtkörper durchfuhren den Peitschenwäscher und gelangten nach dem Aufdruck der Schlachtnummer in den reinen Teil der Schlachtkette.

Im reinen Teil wurden das FOM-Protokoll (23 min p.m.) und der pH-Wert 25 min p.m. (pH1.1) bestimmt. Nach der Messung durchfuhren die Schlachtkörper den Schocktunnel bei einer Temperatur von -18 ° C. Aufgrund der Schlachtgeschwindigkeit konnte der pH 45 min p.m. nicht gemessen werden. Erst nach dem Schocktunnel wurden im Kühlhaus 85 min p.m. (1. Durchgang), bzw. nach 145 min p.m. (2. Durchgang) der zweite pH-Wert (pH 1.2) und der erste Leitfähigkeitswert (LF1) ermittelt. Die Messung der pH- und Leitfähigkeit erfolgte zwischen der 13. und 14. Rippe im M. longissimus dorsi der jeweils rechten Schlachtkörperhälfte. Die unterschiedlichen pH1.2- und LF1- Meßzeiten sind durch eine Verlängerung der Passagedauer im Schocktunnel aufgrund von Umbaumaßnahmen entstanden. Glücklicherweise erfolgte dieser Umbau genau zwischen den beiden Schlachtdurchgängen, so daß er sich in deren Einfluß wiederfand und mit dem Schlachttageffekt eliminiert wurde.

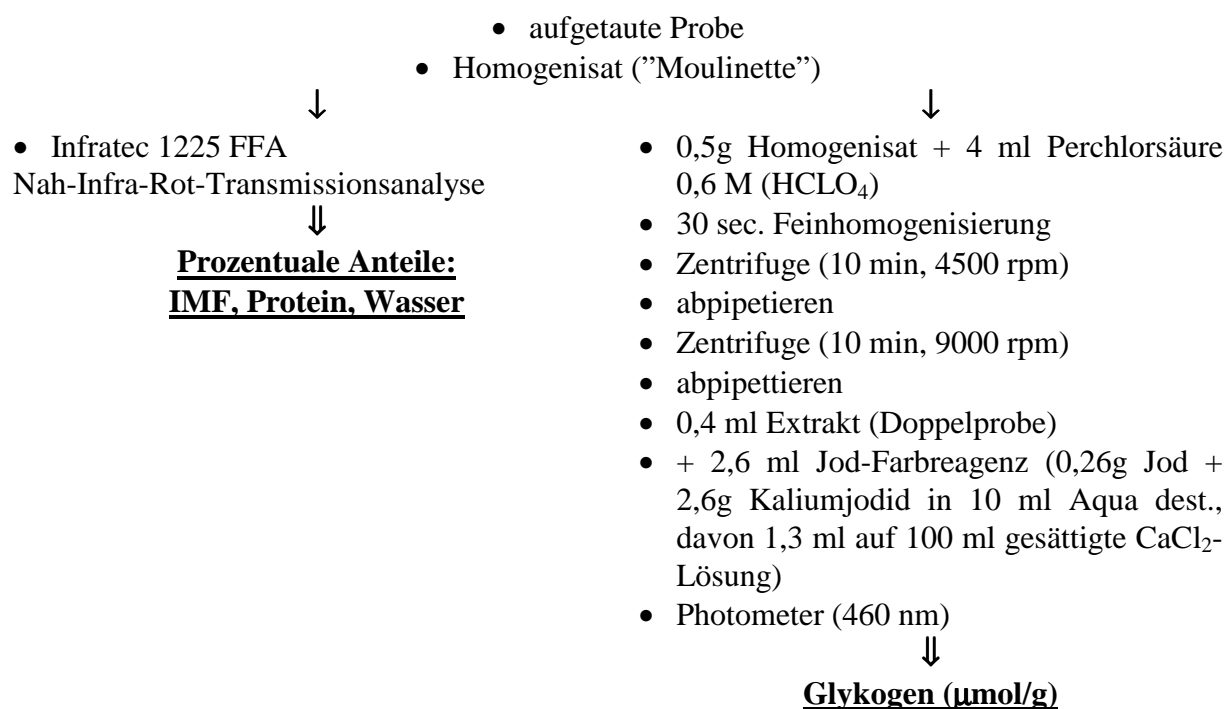
Am Zerlegetag wurden die Hälften sortiert, wobei die linken Hälften in die Zerlegung gelangten und an den rechten Hälften 24 h p.m. die Leitfähigkeit (LF24) und der pH-Wert

(pH24) mittels Doppelmessung zwischen der 13. und 14. Rippe im M. longissimus dorsi gemessen wurden. Danach wurde die Schlachtkörperhälfte zwischen der 13. und 14. Rippe angeschnitten und aufgesägt. Auf der Kotelettfläche wurde eine Minolta Farbmessung ( $L^*a^*b$ ) durchgeführt. Hiernach wurde eine Kotelettprobe (zwischen 14. u. 15. Rippe) aus dem M. longissimus dorsi entnommen und im Schlachthof auf Eis gekühlt. Die Kotelettproben wurden in Kühlbehältern in die FAL Mariensee gebracht und dort sofort bei  $-18^{\circ}\text{C}$  eingefroren.

Die Messungen der pH-Werte wurden mit dem Knick pH-Meter, die Leitfähigkeitsmessungen mit dem LF-Star (Matthäus) durchgeführt. Der Reflexionswert konnte dem FOM-Protokoll entnommen werden. Die Farbmessung auf der Kotelettoberfläche erfolgte mit dem Chroma-Meter (Minolta).

Die prozentualen Anteile an Protein, Wasser und IMF wurden durch Nah-Infra-Rot-Transmissionsmessung (NIT; Infratec 1255), der Gehalt an Glykogen durch photometrische Messung nach Extrakterstellung ermittelt, wobei die in Darstellung 1 schematisch aufgeführten Arbeitsschritte notwendig waren. Die Kalibrierkurve für das NIT Gerät wurde anhand einer naßchemischen Analyse (Extraktion mit vorgeschalteter Hydrolyse; § 35 LMBG) und der parallel durchgeführten Spektralanalyse für 120 Proben erstellt. Die Regressionsgleichung konnte durch einen unabhängigen Probensatz validiert werden.

Die am Tag der Schlachtung erhobenen Merkmale der Fleischbeschaffenheit (bis 145 min p.m.) werden im folgendem als ”Fleischbeschaffenheitsmeßwerte nach der Schlachtung”, die am Zerlegetag erhobenen Merkmale als ”24-Stunden-Meßwerte der Fleischbeschaffenheit” und die im Labor der FAL Mariensee gemessenen Merkmale als ”Gehaltsmeßwerte” bezeichnet.

**Darstellung 1:****Bestimmung der Gehaltsmeßwerte (FAL Mariensee)**

Eine Übersicht über die gesamte Datenerhebung zur Bestimmung der Fleischbeschaffenheit findet sich in Tabelle 4.

**Tabelle 4:** *Datenerhebung im Schlachthof und im Labor*

Ort	Meßwert	Meßzeitpunkt p.m.	Meßmethodik
Schlachthof 1. Tag	pH 1.1	25 min	Knick pH-Meter
	pH 1.2	85 min / 145 min	Knick pH-Meter
	LF 1	85 min / 145 min	LF-Star (Matthäus)
	RW	23 min	FOM
Schlachthof 2. Tag	LF 24	24 h p.m.	LF-Star (Matthäus)
	pH 24	24 h p.m.	Knick pH-Meter
	L*a*b	24 h p.m.	Chroma-Meter (Minolta)
Labor, FAL	IMF, Wasser, Protein (%)	tiefgefrorenes Probenmaterial	NIT (Infratec 1255)
Mariensee	Glykogen (µmol/g)		photometrische Messung

### 3.2. Material und Methode

Insgesamt wurden an 36 Schlachttagen 7002 Schweine aus den Versuchsbetrieben (Versuchsgruppen 1-6 + Betriebskontrolle + Gruppe 0) geschlachtet, wovon den sechs Versuchsgruppen die in Tabelle 5 wiedergegebenen Tierzahlen zugeordnet werden konnten.

**Tabelle 5:** Anzahl an Beobachtungen innerhalb der Vaterlinien

Meßwert	Vaterlinie					
	PI (NN)	PI (PP)	PI*HA (NN)	PI*HA (NP)	DU (NN)	HA*DU (NN)
pH 1.1	681	406	840	369	351	421
pH 1.2	657	400	823	361	345	414
RW	709	409	856	370	359	436
LF 1	673	376	788	325	342	408
pH 24	651	403	782	359	341	426
LF 24	660	405	788	364	340	426
L*	579	351	723	324	304	351
a*	579	351	723	324	304	351
b*	579	351	721	324	304	351
Wasser %	609	364	717	291	325	400
IMF %	609	364	717	291	325	400
Protein %	609	364	717	291	325	400
Glykogen ( $\mu\text{mol/g}$ )	478	319	558	244	233	271

Die Anzahl an Beobachtungen, der Rohmittelwert, die Standardabweichung, sowie die Minimal- und Maximalwerte für die erhobenen Merkmale sind in Tabelle 6 dargestellt. Weil der pH1.2 im ersten Durchgang 85 min p.m, im zweiten Durchgang 145 min p.m. gemessen worden ist, werden die Werte gesondert aufgeführt. Dabei fällt auf, daß die im 2. Durchgang eine Stunde später gemessenen pH1.2-Werte höher waren als die früher gemessenen im 1. Durchgang. Dies wird dadurch begründet, daß im 2. Durchgang nur MHS(NN)-Tiere

gemessen wurden, während im 1. Durchgang PI(PP)- und PI\*HA(NP)-Nachkommen statt der beiden dänischen Herkünfte mit hohen pH-Werten geprüft wurden. Die im Labor gemessenen Glykogenwerte der Endprodukte unterscheiden sich erheblich zwischen den Vaterlinien, sodaß eine Unterteilung der Vaterlinien in eine Gruppe mit Hampshire- (Glykogen 1) und eine ohne Hampshireanteil (Glykogen 2) notwendig ist.

**Tabelle 6:** Anzahl an Beobachtungen, Rohmittelwert, Standardabweichung, Minimal und Maximalwert der untersuchten Meßwerte

Meßwert	N	Mittelwert	Std.-abw.	Minimum	Maximum
pH 1.1	3068	6,41	0,21	5,55	7,12
pH 1.2 (85 min)	1573	6,10	0,34	5,20	7,19
pH 1.2 (145 min)	1427	6,22	0,27	5,23	6,99
RW	3139	24,33	4,22	14,00	58,00
LF 1	2906	3,03	0,88	1,00	9,90
pH 24	2962	5,51	0,14	5,15	6,35
LF 24	2981	3,39	1,03	1,42	9,74
L*	2632	47,24	2,78	38,45	56,41
a*	2632	8,07	1,05	4,69	12,47
b*	2629	2,20	1,51	- 3,33	7,11
Wasser %	2706	74,96	0,68	68,44	78,45
IMF %	2706	1,49	0,60	0,41	10,82
Protein %	2706	23,22	0,91	19,96	26,41
Glykogen 1 *	1073	12,68	16,71	0,05	71,69
Glykogen 2 *	1030	1,35	1,52	0,05	20,79 **

\* Glykogen 1(µmol/g) = Väter mit Hampshireanteil: PI\*HA(NN), PI\*HA(NP), HA\*DU(NN)

Glykogen 2(µmol/g) = Väter ohne Hampshireanteil: PI (NN), PI(PP), DU (NN)

\*\* innerhalb dieser Glykogengruppe wurden nur drei Proben mit über 10,0 µmol/g Glykogen analysiert !

Für die statistische Auswertung wurden die auf dem Schlachthof erhobenen Meßwerte schlachttagskorrigiert. Die Schlachttagskorrektur wurde anhand der Schlachttagsmittel über

die Nachkommen der drei an jedem Schlachttag vorhandenen Vaterlinien (PI(NN), PI\*HA(NN), PI\*HA(NP)=Betriebskontrolle) berechnet. Für die weiterführenden Berechnungen wurden nur die Versuchsgruppen 1-6 berücksichtigt. Der Einfluß der fixen Effekte wurden mit Hilfe der Prozedur GLM (SAS, 1996) geschätzt, wobei der Varianzanalyse folgendes Modell zugrunde lag:

$$Y_{ijkl} = \mu + VI_i + Sex_j + Mb_k + (VI*Sex)_{ij} + (VI*Mb)_{ik} + (Sex*Mb)_{jk} + e_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$	= Beobachtungswert des l-ten Tieres
$\mu$	= Gesamtmittel
$VI_i$	= fixer Effekt der i-ten Vaterlinie (i = 1-6)
$Sex_j$	= fixer Effekt des j-ten Geschlechtes
$Mb_k$	= fixer Effekt des k-ten Mastbetriebes (k = 1-4)
$(VI*Sex)_{ij}$	= Interaktionseffekt zwischen i-ter Vaterlinie und j-tem Geschlecht
$(VI*Mb)_{ik}$	= Interaktionseffekt zwischen i-ter Vaterlinie und k-tem Mastbetrieb
$(Sex *Mb)_{jk}$	= Interaktionseffekt zwischen j-tem Geschlecht und k-tem Mastbetrieb
$e_{ijkl}$	= zufälliger Restfehler



### 3.3. Ergebnisse

#### 3.3.1. Signifikanz der Effekte

Die folgende Tabelle 7 zeigt die im F-Test berechneten Signifikanzen der fixen Effekte und der Interaktionseffekte:

**Tabelle 7:** *Signifikanzen der fixen Effekte und Interaktionseffekte*

Meßwert	Effekte					
	Vaterlinie	Geschlecht	Mastbetrieb	VL*Sex	VL*Mb	Sex*Mb
pH 1.1	***	**	n.s.	n.s.	**	n.s.
pH 1.2	***	n.s.	**	n.s.	*	n.s.
RW	***	***	n.s.	n.s.	***	n.s.
LF 1	***	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
pH 24	***	n.s.	***	**	***	n.s.
LF 24	***	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
L*	***	***	n.s.	**	***	n.s.
a*	***	*	***	n.s.	***	n.s.
b*	***	*	***	*	*	n.s.
Wasser %	***	*	***	n.s.	***	n.s.
IMF %	***	***	***	*	***	**
Protein %	***	***	***	n.s.	***	*
Glykogen ( $\mu\text{mol/g}$ )	***	n.s.	**	n.s.	***	n.s.

$p \leq 0,001 = \text{***}$ ;  $p \leq 0,01 = \text{**}$ ;  $p \leq 0,05 = \text{*}$ ;  $p > 0,05 = \text{n.s.}$

Für sämtliche auf dem Schlachthof erhobenen Meßwerte der Fleischbeschaffenheit, sowie für die im Labor gemessenen Gehaltsmeßwerte, zeigt sich ein hochsignifikanter Einfluß der Vaterlinie. Der Interaktionseffekt zwischen Vaterlinie und Mastbetrieb (VL\*Mb) übt auf alle Meßwerte einen geringen bis hochsignifikanten Einfluß aus.

Das Geschlecht zeigt eine hohe Signifikanz für die Meßwerte Reflexionswert, Minolta L, IMF und Protein. Eine mittlere Signifikanz kann für den pH1.1-Wert, eine geringe Signifikanz für den Wasseranteil berechnet werden.

Der Mastbetrieb übt einen hochsignifikanten Einfluß auf den pH24, den Minolta a- und b-Wert, sowie auf den Wasser-, IMF- und Proteingehalt aus. Mittlere Signifikanz wird bei dem Meßwerten pH1.2 und Glykogen festgestellt.

Der Interaktionseffekt zwischen Vaterlinie und Geschlecht (VL\*Sex) ist mittelgradig signifikant für den pH24- und Minolta L-Wert, geringe Signifikanz zeigt sich für die Meßwerte Minolta b und IMF.

Der Interaktionseffekt zwischen Geschlecht und Mastbetrieb (Sex\*Mb) ist mittelgradig signifikant für den IMF und gering signifikant für den Proteinanteil.

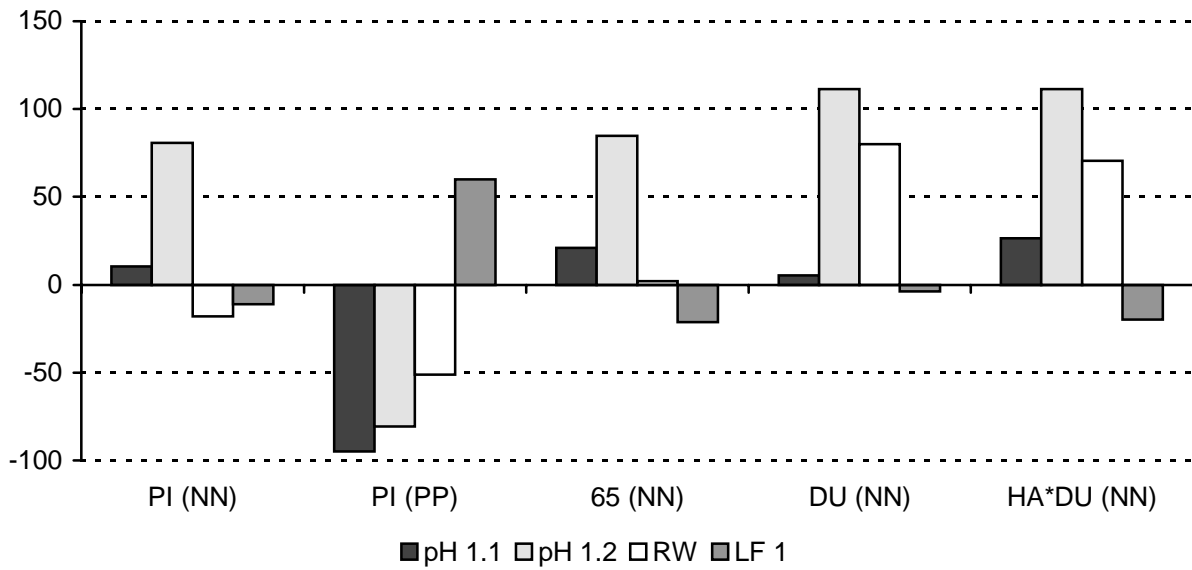
### **3.3.2. Der Einfluß der Vaterlinie auf die Fleischbeschaffenheitsmeßwerte nach der Schlachtung und die 24-Stunden-Meßwerte**

In der folgenden Tabelle 8 werden die LSQ-Mittelwerte und deren Standardfehler, die Gesamtmittel und die Reststandardabweichungen für die Fleischbeschaffenheitsmeßwerte nach der Schlachtung aufgeführt. Weiterhin werden die Abweichungen des jeweiligen Meßwertes für die Gesamtheit der MHS-negativen Nachkommenschaft gegenüber dem Normalangebot am deutschen Markt (PI(PP)) und dem Markenstandard (PI\*HA(NP)) in prozentualen Einheiten der Reststandardabweichung (SE%) angegeben, um eine Vergleichbarkeit der Werte herzustellen.

**Tabelle 8:** *Meßwerte nach der Schlachtung für Vaterlinien: LSQ-Mittelwerte und deren (Standardfehler), Gesamtmittel und Reststandardabweichung; Differenzen zwischen der reinerbig MHS-negativen Nachkommenschaft(  $\bar{x}$  (NN)) und dem Normalangebot (PI(PP)) sowie dem Markenstandard (PI\*HA(NP)), absolut und in SE%*

Vaterlinie	Meßwert			
	pH 1.1	pH 1.2	RW	LF 1
<b>PI (NN)</b>	6,40 (0,01)	6,18 (0,01)	23,82 (0,12)	3,06 (0,03)
<b>PI (PP)</b>	6,20 (0,01)	5,76 (0,02)	22,84 (0,18)	3,63 (0,05)
<b>PI*HA (NN)</b>	6,42 (0,01)	6,19 (0,01)	24,42 (0,11)	2,98 (0,03)
<b>PI*HA (NP)</b>	6,38 (0,01)	5,97 (0,02)	24,36 (0,22)	3,15 (0,06)
<b>DU (NN)</b>	6,39 (0,01)	6,26 (0,01)	26,74 (0,16)	3,12 (0,04)
<b>HA*DU (NN)</b>	6,43 (0,01)	6,26 (0,01)	26,46 (0,15)	2,99 (0,04)
<b>Gesamtmittel</b>	6,38	6,12	24,58	3,11
<b>Reststand.abw</b>	0,19	0,26	2,97	0,8
<b>PI(PP)- <math>\bar{x}</math> (NN)</b>	-0,21	-0,46	-2,52	0,59
<b>SE%</b>	111	177	85	74
<b>PI*HA(NP)- <math>\bar{x}</math> (NN)</b>	-0,03	-0,25	-0,73	0,11
<b>SE%</b>	16	97	25	14

In der folgenden Abbildung 1 werden graphisch die Abweichungen der Meßwerte für die Endprodukte der Versuchsgruppen in prozentualen Einheiten der Reststandardabweichung (SE%) gegenüber der Nachkommenschaft der Markenstandardvaterlinie PI\*HA(NP) dargestellt.



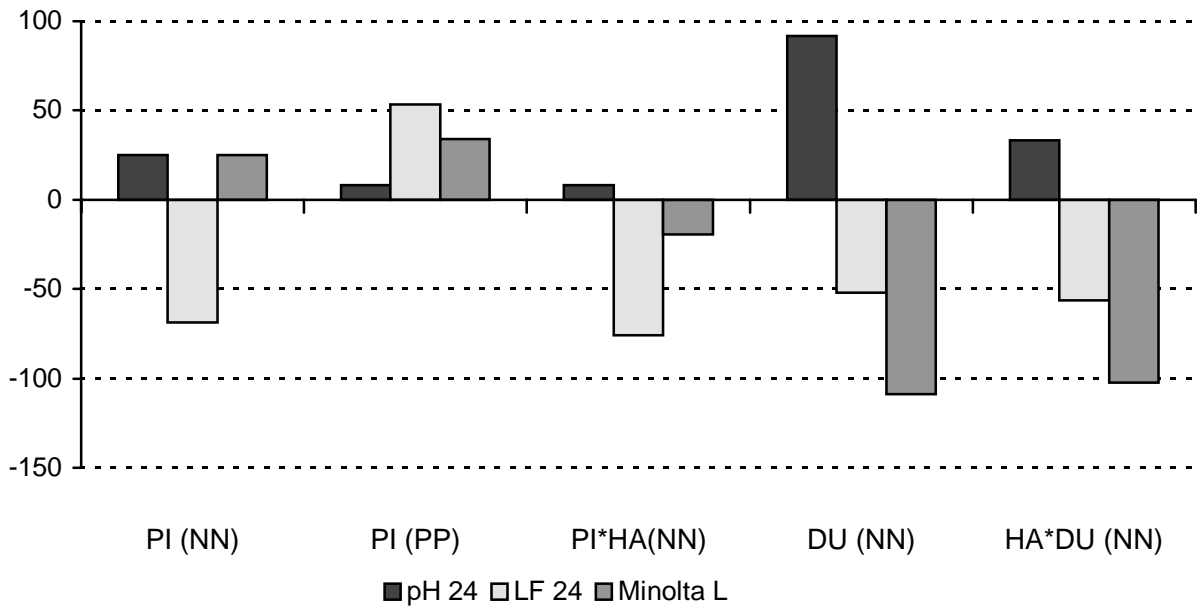
**Abbildung 1** Abweichung der Meßwerte nach der Schlachtung in SE% von der Markenstandardlinie PI\*HA(NP)

In der Tabelle 9 sind die LSQ-Mittelwerte und deren Standardfehler, die Gesamtmittel und die Reststandardabweichungen für die 24 Stunden Merkmale der Fleischbeschaffenheit aufgeführt. Ebenso wie in der vorherigen Tabelle werden die Abweichungen des jeweiligen Meßwertes für die Gesamtheit der MHS-negativen Nachkommenschaft gegenüber dem Normalangebot am deutschen Markt (PI(PP)) und dem Markenstandard (PI\*HA(NP)) absolut und in prozentualen Einheiten der Reststandardabweichung (SE%) angegeben.

**Tabelle 9:** *24 Stunden Meßwerte der Fleischbeschaffenheit für Vaterlinien: LSQ-Mittelwerte und deren (Standardfehler), Gesamtmittel und Reststandardabweichung; Differenzen zwischen der reinerbig MHS-negativen Nachkommenschaft ( $\bar{x}$  (NN)) und dem Normalangebot (PI(PP)) sowie dem Markenstandard (PI\*HA(NP)), absolut und in SE%*

Vaterlinie	Meßwert				
	pH 24	LF 24	Minolta L	Minolta a	Minolta b
<b>PI (NN)</b>	5,51 (0,01)	3,37 (0,04)	47,43 (0,12)	7,88 (0,05)	2,26 (0,04)
<b>PI (PP)</b>	5,49 (0,01)	4,49 (0,05)	47,15 (0,16)	7,84 (0,06)	2,22 (0,06)
<b>PI*HA (NN)</b>	5,49 (0,01)	3,31 (0,04)	47,02 (0,10)	8,12 (0,04)	2,15 (0,04)
<b>PI*HA (NP)</b>	5,48 (0,01)	4,00 (0,07)	47,20 (0,20)	8,33 (0,08)	2,31 (0,08)
<b>DU (NN)</b>	5,59 (0,01)	3,52 (0,05)	46,20 (0,15)	7,99 (0,06)	1,95 (0,06)
<b>HA*DU (NN)</b>	5,52 (0,01)	3,48 (0,05)	46,26 (0,14)	8,09 (0,06)	1,97 (0,05)
<b>Gesamtmittel</b>	5,51	3,62	46,92	8,07	2,17
<b>Reststand.abw.</b>	0,12	0,92	2,52	0,99	0,95
<b>PI(PP)- <math>\bar{x}</math> (NN)</b>	-0,04	1,07	-0,42	-0,18	0,14
<b>SE%</b>	33	116	17	18	15
<b>PI*HA(NP)-<math>\bar{x}</math> (NN)</b>	-0,05	0,58	0,47	0,31	0,23
<b>SE%</b>	42	63	19	31	24

In der nachfolgenden Abbildung 2 werden graphisch die Abweichungen der 24-Stunden-Meßwerte der Versuchsgruppen in prozentualen Einheiten der Reststandardabweichung (SE%) gegenüber der Nachkommenschaft der Markenstandardvaterlinie PI\*HA(NP) dargestellt.



**Abbildung 2** Abweichung der 24-Stunden-Meßwerte in SE% von der Markenstandardlinie PI\*HA(NP)

Die Tabellen 8 und 9, sowie die Abbildungen 1 und 2 veranschaulichen, daß im pH1.1 (25 min p.m.) die PI(PP)-Nachkommen sich schon deutlich (111 SE%) von dem Mittel der vier reinerbigen streßresistenten Endprodukte abheben, die der PI\*HA(NP)-Eber jedoch noch nicht (16 SE%). Die entsprechenden Unterschiede werden beim pH1.2 (85/145 min p.m.) wesentlich deutlicher sichtbar, nämlich 177 SE% für die PI(PP)-Nachkommen und 97 SE% für die PI\*HA(NP)-Nachkommen, was etwa der Erwartung bei intermediärer Vererbung entspricht.

Ähnlich verhält es sich bei der LF1 (85/145 min p.m.) mit 74 SE%, bzw 14 SE% höheren Werten bei PI(PP)- bzw. PI\*HA(NP)-Nachkommen gegenüber 116 SE% bzw. 63 SE% bei der LF24.

Weniger aussagekräftig für PSE-Fleisch erscheint der Reflexionswert, der wie der pH1.1 zu früh gemessen wird und in welchem die beiden dänischen weit über dem Niveau der deutschen Herkünfte liegen. Auch keine der Minolta-Farbmessungen ergibt die bei pH1.2 und LF24 sichtbare deutliche Differenzierung zwischen den beiden MHS belasteten und den vier

reinerbig streßresistenten Herkünften. Der Minolta L-Wert der dänischen Endprodukte liegt weit unter dem der Endprodukte der Markenstandardlinie (Abb. 2.)

### 3.3.3. PSE / DFD- Anteile innerhalb der Kreuzungsendprodukte

Zur Feststellung von Fleischbeschaffenheitsfehlern konnte der pH 45 min p.m. nicht benutzt werden, weil die Schlachtkörper bereits 23 min p.m. klassifiziert und danach im Schocktunnel gekühlt wurden. Es konnte aber der pH1.1 (25 min p.m.), der pH1.2 (85 min p.m./ 145 min p.m.), der pH24 (24 h p.m.) sowie die LF24 (24 h p.m.) genutzt werden, um die prozentualen Anteile an PSE- und DFD- Fleisch in den Kreuzungsgruppen zu berechnen. Dabei wurden die PSE-Grenze als Mittel aus folgenden drei Grenzwerten festgelegt (Tabelle10).

**Tabelle 10:** *PSE-Anteile innerhalb Kreuzungsgruppen (%)*

Vaterlinie	pH 1.1 < 6,0	pH 1.2 < 5,6	LF 24 > 5,5	Mittel
PI (NN)	2,20	1,98	1,97	2,1
PI (PP)	21,92	26,00	17,53	21,8
PI*HA (NN)	1,31	1,46	1,27	1,4
PI*HA (NP)	3,52	14,96	12,09	10,2
DU (NN)	2,56	1,45	1,76	1,9
HA*DU (NN)	0,95	1,21	2,35	1,5

Die DFD-Anteile (Tabelle 11) in den Kreuzungsgruppen lassen sich anhand der folgenden Tabelle ablesen. Die Grenzwerte von pH24 > 5,8 und pH24 > 6,0 sind Werte aus der Literatur. Der Grenzwert von pH24 > 5,9 stellt den von uns festgelegten Wert dar.

**Tabelle 11 :** DFD-Anteile innerhalb Kreuzungsgruppen (%)

Vaterlinie	pH 24 > 5,8	pH 24 > 5,9	pH > 6,0
PI (NN)	2,00	0,77	0,15
PI (PP)	0,74	0,25	0,00
PI*HA (NN)	2,30	1,15	0,38
PI*HA (NP)	2,51	1,11	0,84
DU (NN)	7,62	2,93	1,76
HA*DU (NN)	2,35	0,94	0,23

Die verwendeten Grenzwerte der Tabelle 10 sind als streng zu charakterisieren, bei denen für die Nachkommenschaft der PI(PP)-Eber mit über 20% und für die Nachkommen der PI\*HA(NP)-Eber mit etwa 10% PSE verdächtiger Schlachtkörper zu rechnen ist.

Die reinerbig MHS-negative Nachkommenschaft zeigt prozentuale Anteile von etwa 2% und darunter und liegt damit im PSE-unbedenklichem Bereich.

Die Anteile DFD-verdächtiger Schlachtkörper (Tabelle 11) innerhalb der Kreuzungsgruppen liegt bei dem von uns gewählten Grenzwert von pH24 > 5,9 um 1% und ist somit ebenfalls unbedenklich. Lediglich die dänischen DU-Nachkommen erreichen fast 3%, welches möglicherweise eine rassespezifische Abweichung darstellt, die mit den ebenfalls deutlich erniedrigten Minolta-L-Werten bei DU-Kreuzungen zusammenhängt und nicht sicher als ein höherer DFD-Anteil eingestuft werden kann.

### 3.3.4. Der Einfluß der Vaterlinie auf die Gehaltsmeßwerte

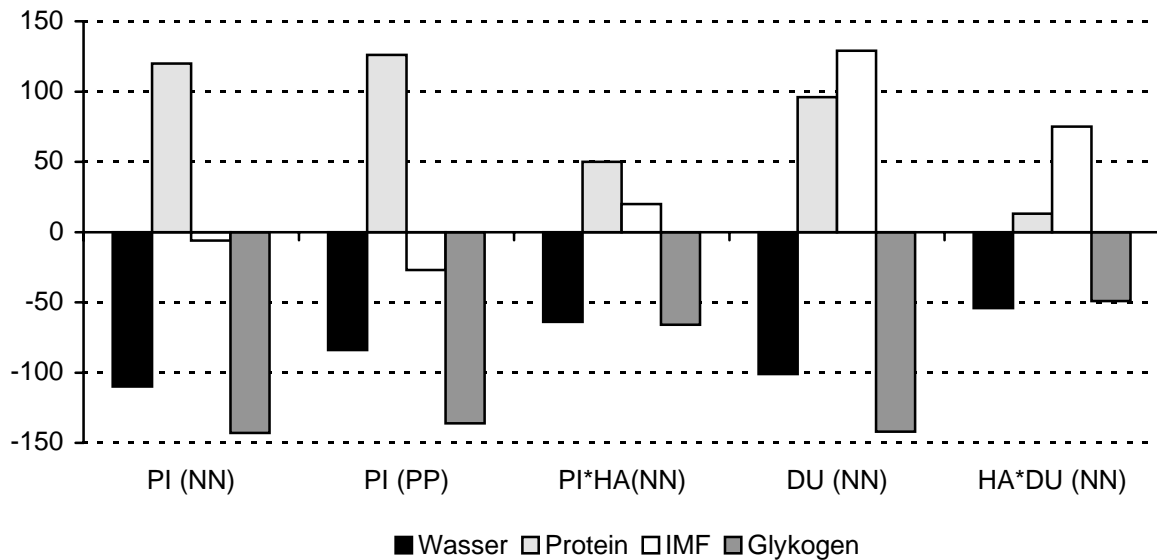
In Tabelle 12 werden die im Labor der FAL Mariensee gemessenen Werte als LSQ-Mittelwerte und deren Standardfehler für die jeweiligen Vaterlinien aufgeführt. Ebenfalls sind aus der Tabelle das Gesamtmittel und die Reststandardabweichung, sowie die Differenz der Gehaltsmeßwerte zwischen den Hampshirekreuzungen ( $\bar{x}$  HA) und den anderen Nachkommen ( $\bar{x}$  Rest) absolut und in prozentualen Abweichungen der Reststandardabweichung für die einzelnen Werte ersichtlich.



**Tabelle 12:** *Gehaltsmeßwerte für Vaterlinien: LSQ-Mittelwerte und deren (Standardfehler), Gesamtmittel und Reststandardabweichung; Differenz zwischen den Werten der HA-Kreuzungen ( $\bar{x}$  HA) und den anderen Nachkommen ( $\bar{x}$  Rest), absolut und in SE%*

Vaterlinie	Meßwert			
	Wasser (%)	Protein (%)	IMF (%)	Glykogen ( $\mu\text{mol/g}$ )
PI (NN)	74,81 (0,03)	23,56 (0,03)	1,34 (0,02)	1,07 (0,55)
PI (PP)	74,97 (0,04)	23,61 (0,05)	1,23 (0,03)	1,82 (0,74)
PI*HA (NN)	75,09 (0,02)	23,00 (0,03)	1,47 (0,02)	9,93 (0,52)
PI*HA (NP)	75,48 (0,05)	22,60 (0,06)	1,37 (0,05)	17,58 (1,08)
DU (NN)	74,47 (0,04)	23,37 (0,05)	2,03 (0,04)	1,10 (0,82)
HA*DU (NN)	75,15 (0,03)	22,70 (0,04)	1,75 (0,03)	11,94 (0,76)
<b>Gesamtmittel</b>	74,96	23,25	1,49	7,13
<b>Reststand.abw.</b>	0,61	0,80	0,51	11,57
$\bar{x}$ HA - $\bar{x}$ Rest	0,49	- 0,75	0	11,82
SE%	80	93	0	102

In der Abbildung 3 werden graphisch die Abweichungen der Gehaltsmeßwerte in prozentualen Einheiten der Reststandardabweichung von der Markenstandardlinie PI\*HA(NP) dargestellt.



**Abbildung 3:** Abweichungen der Gehaltsmeßwerte in SE% von der Markenstandardlinie

### Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF)

Die Tabelle 12 und die Abbildung 3 zeigen, daß der Gehalt an intramuskulärem Fett (IMF) nur bei den Nachkommen der dänischen Duroc Eber bei über 2,0% liegt, gefolgt von den Nachkommen der dänischen HA\*DU(NN) Eber mit 1,75% IMF. Die Abweichung der Durocnachkommenschaft gegenüber dem Markenstandard beträgt 129 SE%, die der HA\*DU-Nachkommenschaft 75 SE% der jeweiligen Reststandardabweichung.

### Der Hampshireeffekt (RN<sup>-</sup>-Gen)

Im Mittel (Tabelle 12, Abbildung 3) ist der Wasseranteil bei den drei Hampshirekreuzungen um 0,49 % (80 SE%) höher, der korrespondierende Proteinanteil um 0,8 % (93 SE%) niedriger als bei Tieren ohne Hampshireanteil.

Drastisch sind die Mittelwertsunterschiede zwischen den Herkünften mit und ohne Hampshireanteil im Glykogengehalt, sie betragen mehr als eine Standardeinheit. In den hampshirefreien Herkünften liegen die Glykogenwerte weit unter denen der Hampshireherkünfte (<10,0 µmol/g Glykogen). Innerhalb der Hampshirekreuzungen

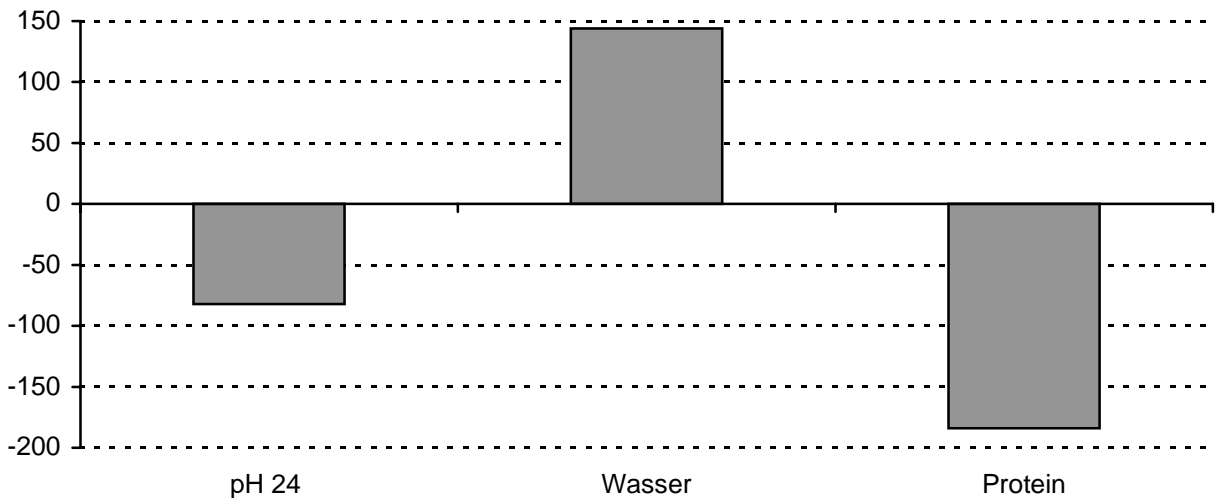
schwankt der Glykogenwert in weiten Grenzen, je nachdem ob ein Tier das RN-Gen von seinem meistens mischerbigen Vater erhalten hat oder nicht. Zur Unterscheidung von RN-Trägern und freien Tieren wurde innerhalb der Hampshireherkünfte ein Grenzwert von 10,0  $\mu\text{mol/g}$  Glykogen eingeführt (Tabelle 6) und zwei Gruppen gebildet, eine mit Glykogenwerten unter (I) und eine mit Glykogenwerten über (II) 10,0  $\mu\text{mol/g}$  Muskelfleisch. Die beiden Gruppen wurden als fixer Effekt in das GLM-Auswertungsmodell aufgenommen. Die dabei geschätzten LSQ-Mittel, die Differenzen zwischen den Gruppen, das Gesamtmittel der Hampshireherkünfte und die Signifikanz der Glykogengruppen (I,II) sind in Tabelle 13 dargestellt.

**Tabelle 13:** *LSQ-Mittelwerte für Glykogengruppen, Mittelwert und Reststandardabweichungen der HA-Herkünfte, Differenz zwischen Glykogengruppen absolut und in SE%, Signifikanz der Glykogengruppen*

Glykogengruppe	Meßwert			
	pH 24	Wasser (%)	Protein (%)	IMF (%)
> 10,0 (I)	5,43	75,85	21,80	1,52
< 10,0 (II)	5,52	75,00	23,16	1,50
Mittel	5,49	75,18	22,88	1,51
Reststand.abw.	0,11	0,59	0,74	0,54
I - II	- 0,09	0,85	- 1,36	0,02
SE%	82	144	184	4
Signifikanz	***	***	***	n.s.

$p \leq 0,001 = \text{***}$ ;  $p \leq 0,01 = \text{**}$ ;  $p \leq 0,05 = \text{*}$ ;  $p > 0,05 = \text{n.s.}$

In Abbildung 4 werden die Abweichungen des pH 24 Wertes und der Gehaltsmerkmale Wasser und Protein der Hampshirekreuzungsgruppe mit über 10,0  $\mu\text{mol/g}$  Glykogen gegenüber der Gruppe mit unter 10,0  $\mu\text{mol/g}$  in SE% graphisch dargestellt.



**Abbildung 4:** *Abweichung des pH 24, Wasser- und Proteingehaltes der Glykogengruppe > 10,0 µmol/g Glykogen gegenüber der Gruppe < 10,0 µmol/g Glykogen in SE%*

Tabelle 13 und Abbildung 4 zeigen die deutlich ausgeprägten Unterschiede in den Wasser- und Proteingehalten, sowie im pH 24 zwischen den Glykogengruppen innerhalb der drei Herkünfte mit Hampshireanteil. Schlachtkörper mit hohen Glykogenwerten weisen signifikant niedrigere End-pH-Werte (82 SE%), signifikant höhere Wassergehalte (144 SE%) und signifikant niedrigere Proteingehalte (184 SE%) auf. Der intramuskuläre Fettgehalt steht mit dem Glykogengehalt in keinem sichtbaren Zusammenhang.

Die Anteile von Endprodukten mit > 10,0 µmol/g Glykogen in der Probe betragen bei den Vaterlinien PI\*HA(NN) 35,6 %, PI\*HA(NP) 47,6 % und bei HA\*DU(NN) 37,3 %. Auf diesen Anteil sind die einzelnen Ebernachkommenschaften weiter zu untersuchen.

In Tabelle 14 wird die Nachkommenschaft der jeweiligen Eber mit Hampshireanteil hinsichtlich der Frequenz der RN Genotypen untersucht. Es werden nur Eber mit mehr als 9 gemessenen Glykogenproben berücksichtigt.

**Tabelle 14:** *Frequenz des RN Gens für Eber mit HA-Anteil: Vaterlinie, Ebernummer, Nachkommen absolut und deren Anzahl mit über und unter 10,0 µmol/g Glykogen, Frequenz der RN Genotypen rn<sup>+</sup>/rn<sup>+</sup> und RN<sup>-</sup>/-*

Vaterlinie	Eber	N	absolut		%	
			< 10,0	> 10,0	rn <sup>+</sup> /rn <sup>+</sup>	RN <sup>-</sup> /-
PI*HA  (NN)	304	81	81	0	<b>100</b>	<b>0</b>
	315	36	24	12	67	33
	316	67	33	34	49	51
	323	65	65	0	<b>100</b>	<b>0</b>
	324	53	20	33	38	62
	325	36	18	18	50	50
	662	59	29	30	49	51
	683	14	6	8	43	57
	684	41	17	24	41	59
	876	10	4	6	40	60
	957	76	76	0	<b>100</b>	<b>0</b>
5128	18	10	8	56	44	
<b>insgesamt</b>	556	383	173	69	31	
PI*HA  (NP)	303	23	12	11	52	48
	649	27	14	13	52	48
	650	35	16	19	46	54
	652	39	24	15	62	38
	669	51	30	21	59	41
	671	13	4	9	31	69
	672	37	13	24	35	65
	696	10	6	4	60	40
<b>insgesamt</b>	235	119	116	51	49	
HA*DU  (NN)	8856	50	22	28	44	56
	8916	21	14	7	67	33
	8912	9	3	6	33	67
	8925	43	43	0	<b>100</b>	<b>0</b>
	8929	42	22	20	52	48
	8935	26	12	14	46	54
	8941	38	28	10	74	26
	8963	39	21	18	54	46
<b>insgesamt</b>	268	165	103	62	38	

Aus Tabelle 14 ist ersichtlich, daß innerhalb der Herkünfte mit Hampshireanteil vier Eber ermittelt werden können, die unter ihren Nachkommen keine Träger des dominanten  $RN^-$  Gens produziert haben. Daraus läßt sich schließen, daß das  $RN^-$  Gen in der großelterlichen Hampshire-Reinzuchtpopulation nicht fixiert ist. Ohne diese Eber liegt die Frequenz des  $RN^-$  Gens in der Nachkommenschaft bei 50% ( $PI*HA(NN) = 52\%$ ;  $PI*HA(NP) = 49\%$ ;  $HA*DU(NN) = 46\%$ ).

### **3.3. Die Variabilität der Endprodukte**

In Tabelle 15 wird die Streubreite (SB) für wichtige Merkmale der Fleischbeschaffenheit, berechnet als Differenz zwischen dem höchsten (max.) und dem niedrigsten (min.) Ebernachkommenmittel innerhalb Vaterlinie, beschrieben.

**Tabelle 15:** *Streubreite innerhalb Vaterlinien, maximales (max.) und minimales (min.) Ebermittel innerhalb Vaterlinie*

Meßwert	Vaterlinie						
	PI(NN)	PI(PP)	PI*HA(NN)	PI*HA(NP)	DU(NN)	HA*DU(NN)	
<b>pH1.1</b>	max.	6,48	6,31	6,51	6,45	6,48	6,50
	min.	6,34	6,03	6,39	6,29	6,32	6,38
	<b>SB</b>	0,14	0,28	0,12	0,16	0,16	0,12
<b>pH1.2</b>	max.	6,27	5,87	6,31	6,12	6,39	6,41
	min.	6,02	5,70	6,10	5,80	6,10	6,16
	<b>SB</b>	0,25	0,17	0,21	0,32	0,29	0,25
<b>LF24</b>	max.	3,82	5,47	3,53	4,37	4,07	3,92
	min.	3,06	3,95	3,10	3,56	3,09	3,30
	<b>SB</b>	0,76	1,52	0,43	0,81	0,98	0,62
<b>Protein</b> %	max.	23,98	24,01	23,32	23,04	24,00	23,69
	min.	23,33	22,99	22,06	21,76	23,20	22,01
	<b>SB</b>	0,65	1,02	1,26	1,28	0,8	1,68
<b>Wasser</b> %	max.	75,06	75,26	75,78	75,96	74,65	75,62
	min.	74,35	74,51	74,63	75,32	74,10	74,65
	<b>SB</b>	0,71	0,75	1,15	0,64	0,55	0,97
<b>IMF</b> %	max.	1,71	1,61	1,73	1,53	2,57	1,98
	min.	1,09	0,73	1,14	0,85	1,72	1,44
	<b>SB</b>	0,62	0,88	0,59	0,68	0,85	0,54

Im pH1.1 (Tabelle 15) ist die Streubreite der reinerbig MHS-negativen Endprodukte am geringsten (0,12 - 0,16), die der Nachkommen der Vaterlinie PI(PP) am höchsten (0,28).

Im pH1.2 ist die Streuung in der Nachkommenschaft der Vaterlinie PI(PP) am geringsten (0,17), die höchste Streuung erreichen die DU(NN)-Kreuzungsendprodukte mit 0,29.

Die höchste Streuung ihrer LF24-Werte zeigt die PI(PP)-Nachkommenschaft mit 1,52, die geringste LF24-Wertestreuung die Endprodukte der Vaterlinie PI\*HA(NN).

Über alle pH1.1-, pH1.2- und LF24- Messungen hinweg, zeigt die Vaterlinie PI\*HA(NN) die geringste Variabilität ihrer Kreuzungsendprodukte.

In den Gehaltsmessungen des prozentualen Protein- und Wassergehaltes spiegelt sich der Einfluß des Hampshireeffektes wider. Die höchste Variabilität im Protein- und Wassergehalt kann für die Hampshireherkünfte (Protein(%): 1,26% - 1,68%; Wasser(%): 0,64 - 1,15) berechnet werden.

Für den intramuskulären Fettgehalt werden hohe Variabilitäten in den Vaterlinien DU(NN) (0,85%) und PI(PP) (0,88%) berechnet, wobei zu beachten ist, daß das Vaterlinienmittel für die PI(PP)-Nachkommen bei 1,23%, das der DU(NN)-Nachkommen bei 2,03% liegt (Tabelle 12).



## **4. Diskussion**

### **4.1. Der Einfluß der Vaterlinie auf die am Schlachthof erhobenen Meßwerte der Fleischbeschaffenheit**

Die Vaterlinie übt auf sämtliche am Schlachthof erhobenen Meßwerte der Fleischbeschaffenheit einen hochsignifikanten Einfluß aus (Tabelle 7). Die Meßwerte sind hinsichtlich ihrer Eignung zur Erkennung von Fleischbeschaffenheitsmängeln unterschiedlich zu bewerten. Die Nachkommenschaften der Vaterlinien weisen deutliche Unterschiede in ihrer Fleischbeschaffenheit auf.

#### **4.1.1. Beurteilung der auf dem Schlachthof ermittelten Meßwerte**

Meßwerte nach der Schlachtung:

Der pH1.1 (25 min p.m.) und der pH1.2 (85/145 min p.m) zeigen den postmortalen pH-Wertabfall (SMULDERS UND VAN LAAK, 1992; MARTENS, 1997) innerhalb der Nachkommenschaft der eingesetzten Vaterlinien (Tabelle 8, Abbildung 1). Dabei stellt sich der Zusammenhang zwischen dem pH-Wertabfall und dem MHS-Status der Kreuzungsendprodukte (BRENIG UND BREM, 1992; FUJII ET AL, 1991) prägnant dar:

Im pH 1.1 (Tabelle 8, Abbildung 1) liegen die Werte der MHS-mischerbigen Nachkommen der Vaterlinie PI(PP) schon merklich unter dem Mittel der reinerbig MHS-negativen Nachkommenschaften (111 SE%). Die pH1.1 Werte der je zur Hälfte MHS-mischerbigen und -negativen Endprodukte der PI\*HA(NP)-Eber liegen zu diesem Zeitpunkt nur geringfügig unter dem Mittel der MHS-negativen Nachkommenschaften (16 SE%). Die frühe pH-Wertmessung eignet sich demnach nur bedingt zur Erkennung PSE-verdächtiger Schlachtkörper.

Im pH1.2 (Tabelle 8, Abbildung 1) werden deutliche Unterschiede zwischen den Kreuzungsendprodukten festgestellt. In den Schlachtkörpern der Vaterlinien PI(PP) und PI\*HA(NP) werden LSQ-Mittelwerte von unter 6,0, in den Schlachtkörpern der MHS-negativen Vaterlinien von über 6,0 gemessen. Die Kreuzungsendprodukte der reinerbig MHS-negativen Vaterlinien zeigen deutlich höhere pH1.2 Werte und lassen sich von den MHS-

mischerbigen Endprodukten der Vaterlinie PI(PP) (177 SE%) und den zur Hälfte MHS-mischerbigen Kreuzungsendprodukten der Vaterlinie PI\*HA(NP) (97 SE%) sicher differenzieren. Die pH-Wertmessung zu diesem späteren Zeitpunkt nach der Schlachtung (85/145 min p.m.) eignet sich demnach gut als Hilfsmerkmal zur Differenzierung PSE-verdächtiger und unverdächtiger Schlachtkörper.

Der Reflexionswert (Tabelle 8, Abbildung 1), 23 min p.m. gemessen, ist als Hilfsmerkmal zur Erkennung PSE-verdächtiger Schlachtkörper nicht geeignet, weil sich eine sichere Differenzierung der MHS-negativen Vaterlinien gegenüber der Vaterlinie PI(PP) (85 SE%) und der Vaterlinie PI\*HA(NP) (25 SE%) nicht darstellen läßt.

Die Leitfähigkeitsmessung gibt Auskunft über den Grad der Zellschädigung im Muskel nach der Schlachtung (KALLWEIT ET AL, 1988; SMULDERS UND VAN LAAK, 1992; BICKHARDT, 1992). Der Grad der Zellschädigung und damit die Höhe des Leitfähigkeitswertes ist vom MHS-Status der Endprodukte beeinflusst. Der LF1-Wert (Tabelle 8, Abbildung 1), 85 min p.m. im Schinken gemessen, liegt bei den Schlachtkörpern der Vaterlinien PI(PP) und PI\*HA(NP) über den der MHS-negativen Vaterlinien, es lassen sich aber nur ungenügende Abweichungen in prozentualen Einheiten der Reststandardabweichung gegenüber den MHS-negativen Vaterlinien (PI(PP) = 74 SE%; PI\*HA(NP) = 14 SE%) berechnen, sodaß die Leitfähigkeitsmessung 85 min p.m. als zu früh bewertet werden muß.

24 Stunden Merkmale der Fleischbeschaffenheit:

Der pH<sub>24</sub> (Tabelle 9, Abbildung 2) zeigt im Vergleich der Endprodukte mit unterschiedlichem MHS-Status nur geringfügige Unterschiede. Dieses ändert sich, wenn die Herkünfte mit und ohne Hampshireanteil miteinander verglichen werden, was aber bei der Diskussion des Hampshireeffekts erörtert werden soll (RN-Gen).

Die LF<sub>24</sub>-Werte (Tabelle 9, Abbildung 2) der MHS-negativen Endprodukte liegen unter 4,0 und evident unter den Werten der Endprodukte der Vaterlinien PI(PP) und PI\*HA(NP). Zwischen dem Mittel der MHS-negativen Nachkommenschaft und den MHS-mischerbigen Endprodukten kann mit ausreichender Sicherheit differenziert werden (PI(PP) = 116 %SE, PI\*HA(NP) = 63 %SE), sodaß die Leitfähigkeitsmessung 24 Stunden p.m. als gutes Hilfsmerkmal zur Erkennung PSE verdächtiger Schlachtkörper dienen kann.

Die L\*a\*b-Werte (Tabelle 9, Abbildung 2) der Minolta Farbmessung geben keine Auskunft über Unterschiede in der Fleischbeschaffenheit für Kreuzungsendprodukte aus Vaterlinien mit unterschiedlichem MHS-Status, weil nur geringfügige Abweichungen absolut und in prozentualen Einheiten der Reststandardabweichung für die Vaterlinie PI(PP) und PI\*HA(NP) gegenüber den MHS-negativen Vaterlinien gefunden werden können. Dennoch kann mit der L\*-Wertmessung ein sichtbarer Unterschied zwischen den Nachkommen der dänischen Eber (DU und HA\*DU) zu der deutschen Nachkommenschaft (PI und PI\*HA) aufgezeigt werden: Die Nachkommenschaft der dänischen Eber zeigt die niedrigsten L\*-Werte (dunkleres Fleisch) bei einer Abweichung der DU-Nachkommenschaft gegenüber dem Markenstandard (PI\*HA) von 109 SE% und der HA\*DU-Nachkommen von 102 SE%.

#### 4.1.2. Korrelationen zwischen den Meßwerten der Fleischbeschaffenheit

**Tabelle 16:** *Phänotypische Korrelationen zwischen Fleischbeschaffenheitsmeßwerten*

	pH1.1	pH1.2	pH24	LF1	LF24	RW	L*
pH1.1		<b>0,64</b>	0,09	0,35	<b>0,48</b>	0,09	0,11
pH1.2			0,29	0,32	<b>0,52</b>	0,21	0,19
pH24				0,04	0,01	0,17	<b>0,53</b>
LF1					0,35	0,01	0,05
LF24						0,05	0,01
RW							0,10
L*							

Die hohe phänotypische Korrelation von 0,64 zwischen dem pH1.1 und dem pH1.2 bestätigt im Zusammenhang mit den LSQ-Mittelwerten der Vaterlinien zu diesen Zeitpunkten (Tabelle 8), daß im ersten Zeitintervall (bis 145 min p.m.) der deutlichste und schnellste pH-Wertabfall zu verzeichnen ist, und diese beiden Meßwerte geeignet sind, den pH-Wertabfall nach der Schlachtung im zeitlichen Verlauf für Tiere mit unterschiedlichem MHS-Status darzustellen. Allerdings ist diese Korrelation nicht so eng, daß man davon ausgehen könnte, daß beide Werte dasselbe Merkmal messen und daher nur einer zur Bestimmung des PSE-Anteils nötig wäre. Insbesondere wenn es um die Feinabstimmung zwischen Herkünften mit nur teilweise

mischerbigen MHS-Nachkommen geht, ist der pH1.2-Wert unverzichtbar. Der pH1.1-Wert wäre allenfalls geeignet, MHS-positive (die es in diesem Versuch nicht gab) oder mischerbige Nachkommenschaften zu identifizieren.

Im zweiten Zeitintervall läßt sich zwischen dem pH1.2 und dem pH24 nur eine geringe Korrelation (0,09) berechnen, wodurch zu erklären ist, daß die Nachkommen der reinerbig MHS-negativen Vaterlinien sich im End-pH-Wert nicht wesentlich von den MHS-belasteten Kreuzungsendprodukten unterscheiden (Tabelle 9). Der MHS-Status hat demnach einen erheblichen Einfluß auf die postmortale Glykolyse direkt nach der Schlachtung und nur einen sehr geringen Einfluß auf die Ausbildung des End-pH-Wertes.

Der End-pH-Wert korreliert hoch (0,53) mit dem Minolta L\*-Wert und damit mit der Helligkeit des Fleisches. Deutlich wird dieser Zusammenhang insbesondere bei den Duroc-Nachkommen, welche bei einem hohem End-pH-Wert (5,59) das dunkelste Fleisch zeigen (Tabelle 9).

Der Reflexionswert (RW) steht mit keinem anderem Fleischbeschaffenheitsmeßwert im eindeutigen Zusammenhang und ist somit für den Routineeinsatz auf dem Schlachthof ungeeignet.

Die Korrelationen zwischen der frühen Leitfähigkeitsmessung (LF1) im Schinken und den frühen pH-Wertmessungen (pH1.1 und pH1.2) liegen bei 0,32, bzw. 0,35. Wesentlich höhere Korrelationen können zwischen den frühen pH-Wertmessungen und der LF24 berechnet werden, was den Zusammenhang zwischen der postmortalen Glykolyse und den resultierenden mikrostrukturellen Veränderungen im Fleisch belegt (MARTENS, 1997; BICKHARDT, 1997; SMULDERS UND VAN LAAK, 1992). Die höchste Korrelation findet sich zwischen dem pH1.2 und der LF24 mit 0,52, woraus geschlossen werden kann, daß sich beide Messungen, oder die Kombination der beiden Meßwerte, am besten eignet, Fleischbeschaffenheitsfehler (PSE-Fleisch) am Schlachthof sicher zu erkennen. Zur Berechnung von PSE-Anteilen in den Produkten verschiedener Vaterlinien kann eine Kombination von pH1.1, pH1.2 und LF24-Werten dienen. Die Grenzwerte zur Erkennung von PSE-Fleisch sollten dabei für den pH1.1 bei 6,0, für den pH1.2 bei 5,6 und für die LF24 bei 5,5 liegen (Tabelle 10), weil sich bei diesen Werten die größte Übereinstimmung im PSE-Anteil zeigt.

#### **4.2. Vergleich der Vaterlinien mit unterschiedlichem MHS-Status in ihrer Fleischbeschaffenheit**

Der MHS-Status der Vaterlinie bestimmt den MHS-Status der Kreuzungsendprodukte und übt einen erheblichen Einfluß auf die Fleischbeschaffenheit der Schlachtkörper aus (BRENIG UND BREM, 1992; MARTENS, 1997; SMULDER UND VAN LAAK, 1992).

Durch die erhobenen Messungen auf dem Schlachthof kann gezeigt werden, daß die MHS-negativen Endprodukte der Vaterlinien PI(NN), PI\*HA(NN), DU(NN) und HA\*DU(NN) die mit Abstand beste Fleischbeschaffenheit aufweisen. Die Anteile PSE-verdächtiger Schlachtkörper in der Nachkommenschaft der MHS-negativen Vaterlinien liegen bei nur 2% (Tabelle 10).

Das heutige Normalangebot am deutschen Markt wird zu einem großem Anteil mit der Vaterlinie PI(PP) gezüchtet, bei der die Kreuzungsendprodukte zu 100% MHS-mischerbig sind. Diese Schlachtkörper weisen im Vergleich zu den anderen Gruppen die meisten Fleischbeschaffenheitsmängel auf, was sich in einem Anteil von über 20% PSE verdächtiger Tiere niederschlägt (Tabelle 10) und einem gehobenem Qualitätsstandard bei weitem nicht genügt, weshalb solche Produkte zu Recht in Markenprogrammen (BEG-Markenprogramm) nicht zugelassen sind.

Den heutigen Markenstandard im deutschen Angebot bilden zum großem Teil die Endprodukte der Vaterlinie PI\*HA(NP), die zur Hälfte MHS-negativ und zur Hälfte MHS-mischerbig sind. Im Vergleich der Endprodukte zu dem Mittel der MHS-negativen Tiere (Tabelle 8 und 9) wird deutlich, daß die resultierende Fleischbeschaffenheit dieser Schlachtkörper ungenügend ist (Abbildung 1 u. 2). Der Anteil PSE-verdächtiger Schlachtkörper beträgt in dieser Gruppe 10,2% und deshalb stellen diese Schlachtkörper aus heutiger Sicht ein nicht mehr befriedigendes Kompromißprodukt dar..

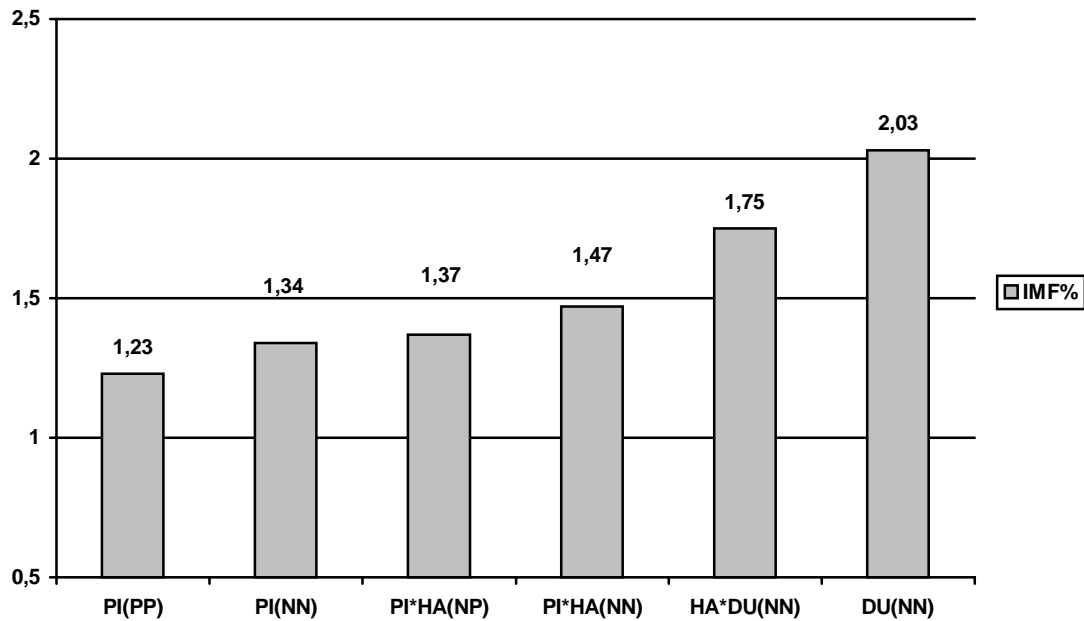
### **4.3. Gehaltsmeßwerte der Nachkommen verschiedener Vaterlinien (Intramuskulärer Fettgehalt und Hampshirefaktor)**

Die Vaterlinie übt auf die Gehaltsmerkmale des Fleisches einen hochsignifikanten Einfluß aus (Tabelle 7). Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) ist ein wichtiger Parameter zur Charakterisierung der Geschmacks- und Genußqualität von Schweinefleisch (SCHWÖRER, 1987,1996; MEYER 1991; STEINBERG, 1996). Dabei ist zu beachten, daß die Merkmale der Fleischbeschaffenheit miteinander korreliert sind und in ihrem Zusammenwirken die sensorischen Eigenschaften des Fleisches prägen (KALLWEIT ET AL, 1996). Der in der Literatur geforderte Mindestwert des IMF liegt bei 2% (SCHWÖRER, 1996; KIRCHHEIM ET AL, 1996). Für die Industrie wäre die Erhöhung des IMF in den Produkten eine Möglichkeit, ein zusätzliches auslobungsfähiges Qualitätskriterium zu schaffen.

Der Hampshirefaktor ("Spät-PSE") wird durch das dominante Hauptgen RN<sup>r</sup> verursacht, welches den Energie- und Proteinhaushalt im Muskel beeinflusst und zu Fleischbeschaffenheitsmängeln, insbesondere in der Verarbeitung führt (MONIN UND SELLIER, 1985; WABMUTH, 1991; LARZUL, 1998, LEBRET, 1999).

#### **4.3.1. Der intramuskuläre Fettgehalt**

Der Gehalt an IMF liegt nur bei den Nachkommen der dänischen DU(NN)-Eber bei über 2,0%, gefolgt von den Nachkommen der dänischen HA\*DU-Eber mit 1,75% (Tabelle 10, Abbildung 5).



**Abbildung 5:** *Intramuskulärer Fettgehalt in Prozent für Vaterlinien*

Eine kurzfristige Erhöhung des IMF ist durch den Einsatz dänischer Duroc-Eber in den Kreuzungsprogrammen möglich (BRANDT, 1996), was aber Einbußen im Erlös pro Schwein für den Landwirt bedeuten würde (PAULUS, 1999). Eine sichere Differenzierung von Schlachtschweinen mit über 2,0% IMF am Schlachtband ist derzeit nicht möglich.

Nach Analysen von KRATZ (GLODEK, 1999) ist das Fettsäuremuster im Rückenspeck bei allen in diesem Versuch geprüften Endprodukten sehr ähnlich, Rasseunterschiede können also weitgehend vernachlässigt werden.

#### 4.3.2. Der Hampshirefaktor

Die im Labor der FAL Mariensee gemessenen Glykogenwerte ( $\mu\text{mol/g}$ ) weisen eine erhebliche Schwankungsbreite auf (Tabelle 6). Der Glykogengehalt ist der wichtigste Parameter (glykolytischer Kennwert) zur Berechnung des glykolytischen Potentials (MONIN UND SELLIER, 1985; LARZUL, 1998) und steht im Zusammenhang mit der Ausbildung des Hampshireeffektes (LEBRET, 1999; FEDDERN ET AL., 1994), welcher durch das dominante RN

Gen verursacht wird (MONIN UND SELIER, 1985; WABMUTH, 1991; LARZUL, 1998; LEBRET, 1999).

Bei der Unterteilung der Versuchsgruppen in eine Gruppe von Endprodukten aus Vaterlinien mit Hampshireanteil (PI\*HA(NN)/(NP),HA\*DU(NN)) und eine von Endprodukten aus Vaterlinien ohne Hampshireanteil (PI(NN)/(PP),DU(NN)) kann festgestellt werden, daß die Glykogenwerte der hampshirefreien Herkünfte weit unter denen der Hampshireherkünfte liegen (Tabelle 6). In den hampshirefreien Herkünften liegen die Glykogenwerte bei 1,35  $\mu\text{mol/g}$ ; und es wurden nur drei von 1030 Proben gefunden, die Werte über 10,0  $\mu\text{mol/g}$  aufwiesen, welches auf Zuordnungsfehler zurückzuführen sein könnte. Aus diesem Grunde wurde ein Grenzwert von 10,0  $\mu\text{mol/g}$  Glykogen in der Muskulatur gebildet, um Fleischproben innerhalb der Hampshireherkünfte weiter untersuchen zu können. Dabei stellte sich heraus, daß der Glykogen Grenzwert von 10,0  $\mu\text{mol/g}$  in der Muskulatur ein geeignetes Hilfsmerkmal ist, um den Hampshireeffekt darzustellen (Tabelle 12, Abbildung 3), zur Erkennung von RN<sup>-</sup> Genträgern (Tabelle 13, Abbildung 4) und um die Frequenz des RN<sup>-</sup> Gens für Eber mit Hampshireanteil berechnen zu können (Tabelle 14).

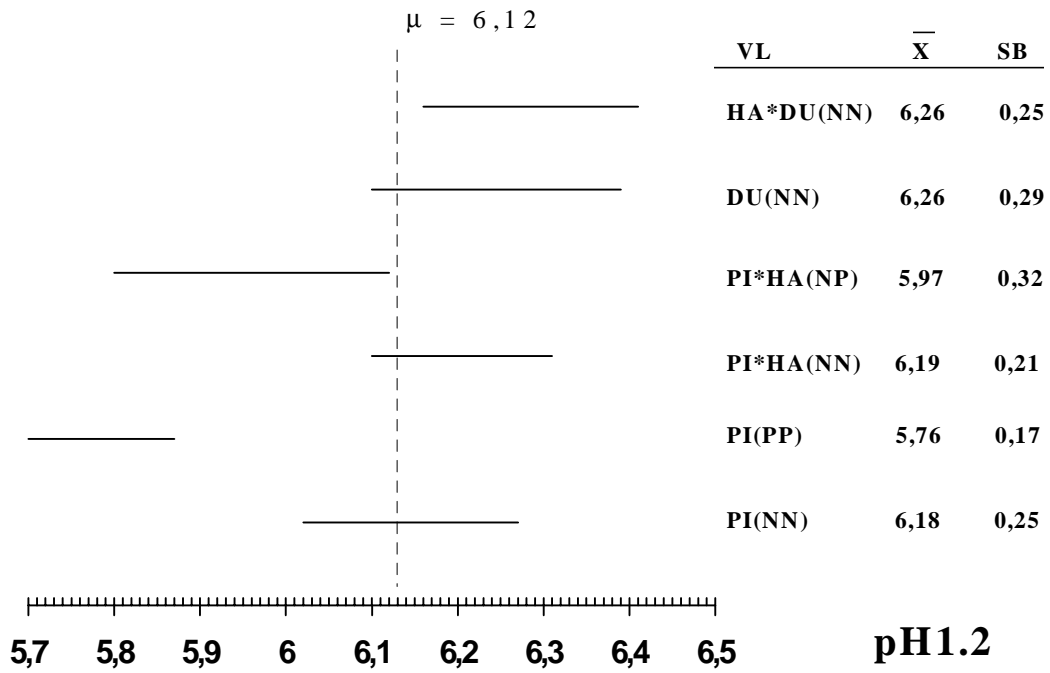
Für die drei Hampshireherkünfte kann festgestellt werden, daß der Glykogengehalt in der Muskulatur um 11,82  $\mu\text{mol/g}$  (102 SE%) höher ist, daß der Wasseranteil um 0,49 % höher (80 SE%) ist und daß der Proteingehalt um 0,75 % (93 SE%) niedriger ist als bei Tieren ohne Hampshireanteil (Tabelle 12) (SURMANN, 1999; WABMUTH, 1999). Mit dem neu definierten Grenzwert von 10,0  $\mu\text{mol/g}$  Glykogen in der Muskulatur konnte der Hampshireeffekt innerhalb der Hampshireherkünfte genauer untersucht werden: Schlachtkörper von Tieren mit über >10,0  $\mu\text{mol/g}$  Glykogen in der Muskulatur weisen hochsignifikant niedrigere End-pH-Werte (0,09), hochsignifikant höhere Wassergehalte (0,85%) und korrespondierend hochsignifikant niedrigere Proteingehalte (1,36%) auf und können somit als Schlachtkörper von Trägertieren des RN<sup>-</sup> Gens identifiziert werden (Tabelle 13). Die Abweichungen in den Meßwerten zwischen den Glykogengruppen liegen im pH<sub>24</sub> bei 82 SE%, im Wassergehalt bei 144 SE% und im Proteingehalt bei 184 SE%, sodaß mit dem Grenzwert von 10,0  $\mu\text{mol/g}$  Glykogen mit großer Sicherheit zwischen Trägern des RN<sup>-</sup> Gens und freien Tieren unterschieden werden kann.



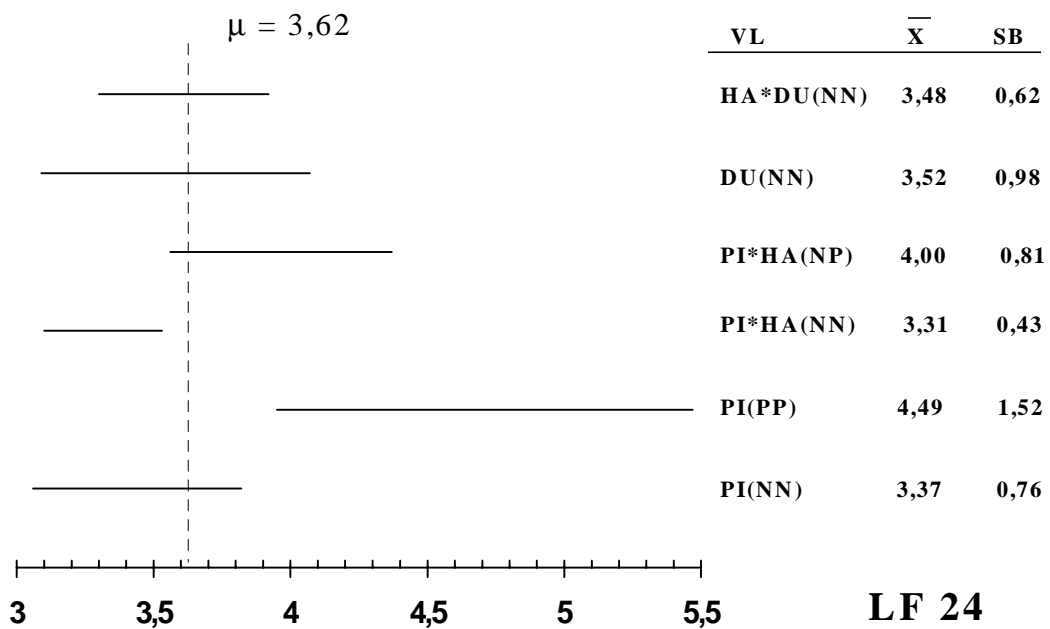
Innerhalb der Vaterlinien mit Hampshireanteil konnte nun die Frequenz des  $RN^-$  Gens berechnet werden (Tabelle 14). Für alle Eber mit mindestens zehn auf Glykogen untersuchten Nachkommen wurde der Anteil von Tieren mit über  $10,0 \mu\text{mol/g}$  Glykogen bestimmt. Dabei wurden vier Eber gefunden, bei deren Nachkommen alle Proben unter  $10,0 \mu\text{mol/g}$  Glykogen lagen ( $rn^+/rn^+ = 100\%$ ), woraus ersichtlich ist, daß sie das  $RN^-$  Gen nicht vererben. Daraus läßt sich schließen, daß das  $RN^-$  Gen in der großelterlichen Hampshire-Reinzucht nicht fixiert ist. Ohne diese Eber liegt die Frequenz des  $RN^-$  Genotyps in der Nachkommenschaft erwartungsgemäß bei 50% ( $PI*HA(NN) = 52\%$ ;  $PI*HA(NP) = 49\%$ ;  $HA*DU = 46\%$ ). Aus der deutschen Hampshirepopulation ( $PI*HA(NN/NP)$ ) stammten  $3/20 = 15\%$  der Kreuzungseber ohne das  $RN^-$  Gen, d.h. die Population ihrer Hampshire-Mütter hatte Allelfrequenzen von  $RN^- = 0.85$  und  $rn^+ = 0.15$ . Unter den dänischen  $HA*DU$ -Ebern war  $1/8 = 12,5\%$  ohne das  $RN^-$  Gen, d.h. die Population ihrer  $HA$ -Väter hatte Allelfrequenzen von  $RN^- = 0.875$  und  $rn^+ = 0.125$ . Im Hardy-Weinberg-Gleichgewicht gäbe es in der deutschen  $HA$ -Population also  $2,25\%$  reinerbige  $rn^+/rn^+$  und  $25,5\%$  mischerbige  $RN^-/rn^+$ -Tiere, mit denen eine vom Schadgen  $RN^-$  freie  $HA$ -population gezüchtet werden könnte. Das bedeutet daß  $70\%$  aller deutschen  $HA$ -Tiere eliminiert werden müßten, wenn man eine vom Hampshirefaktor freie  $HA$ -Population züchten wollte.

#### **4.4. Die Uniformität der Endprodukte in ihrer Fleischbeschaffenheit**

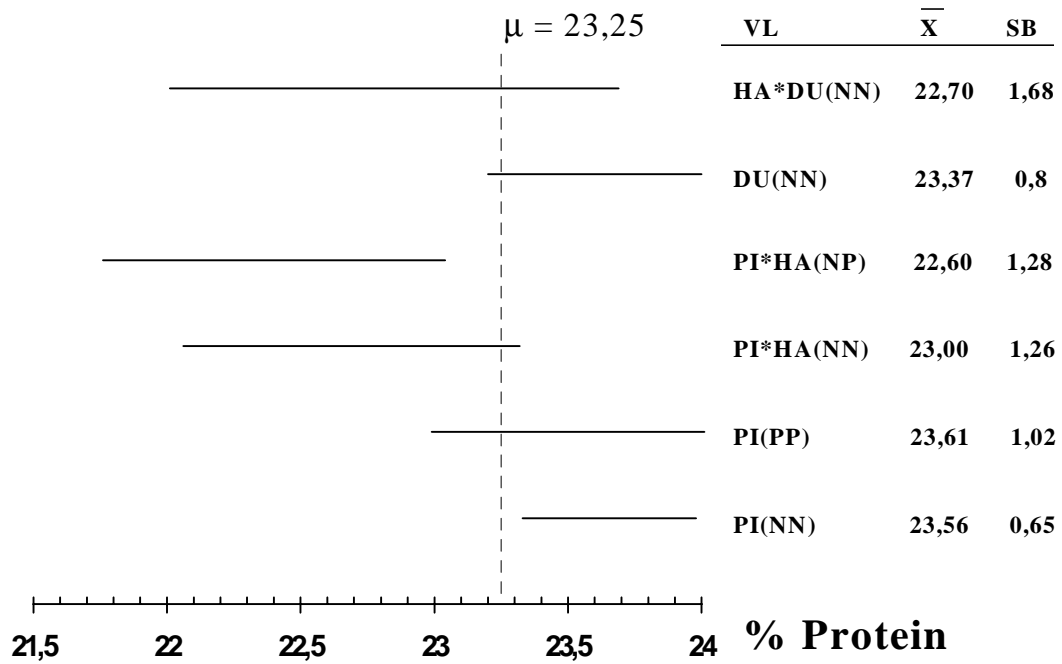
In den folgenden Abbildungen wird die Streubreite (SB), berechnet als Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Mittelwert der Ebernachkommenschaften innerhalb Vaterlinien, für die aussagekräftigsten Meßwerte der Fleischbeschaffenheit graphisch sichtbar. Die Abbildungen geben zudem Auskunft über das Gesamtmittel ( $\mu$ ) und das Vaterlinienmittel ( $\bar{x}$ ).



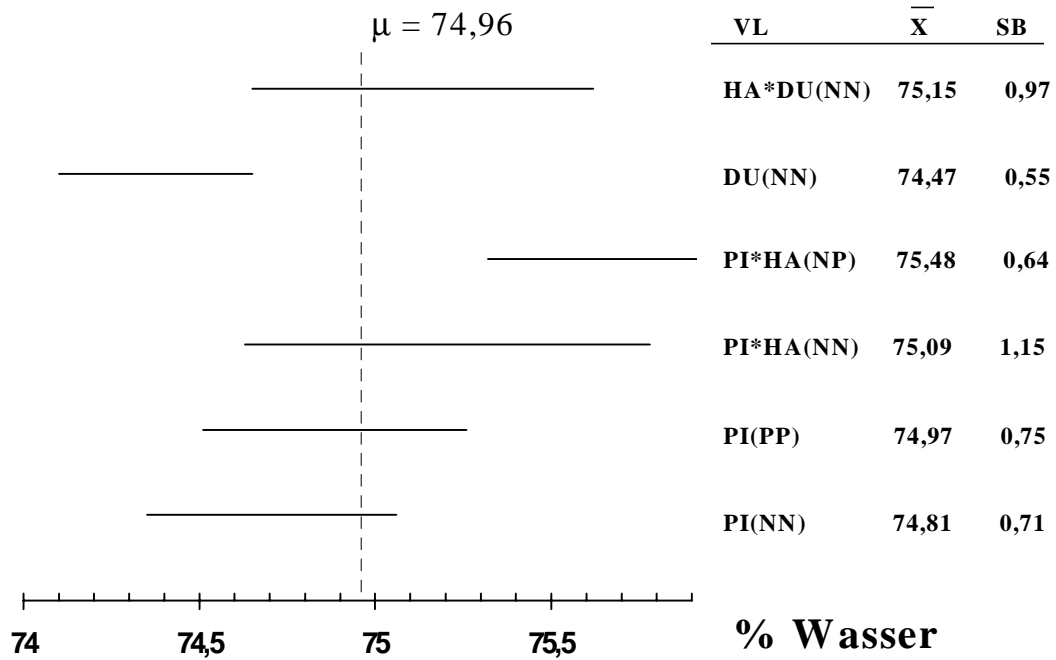
**Abbildung 6:** pH 1.2: Streubreite (SB), Vaterliniemitel ( $\bar{x}$ ), Gesamtmittel ( $\mu$ )



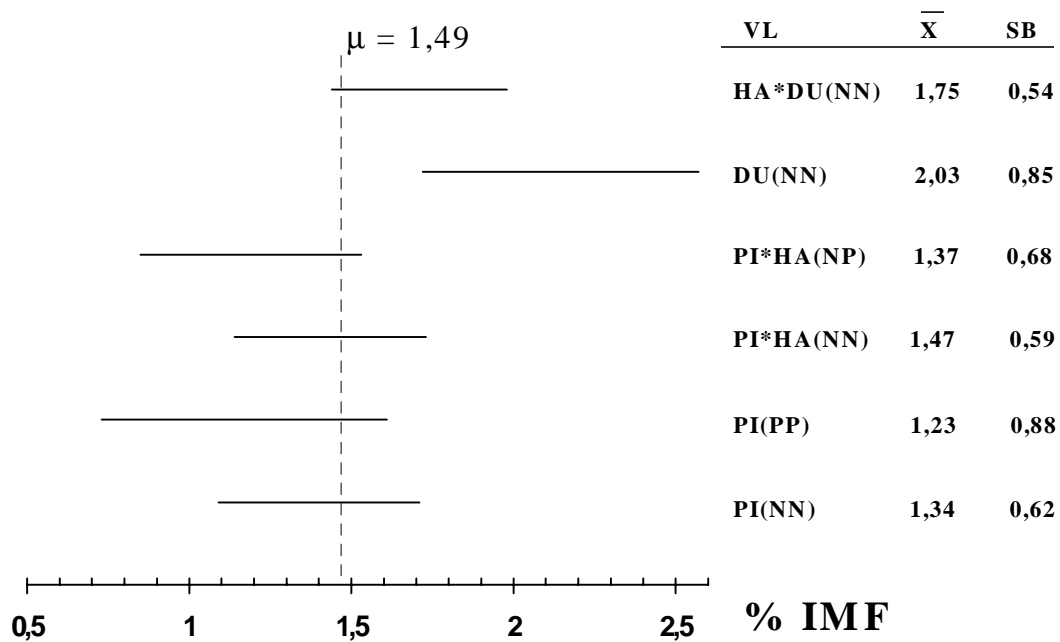
**Abbildung 7:** LF 24: Streubreite (SB), Vaterlinienmittel ( $\bar{x}$ ), Gesamtmittel ( $\mu$ )



**Abbildung 8:** Protein (%): Steubreite (SB), Vaterlinienmittel( $\bar{x}$ ), Gesamtmittel ( $\mu$ )



**Abbildung 9:** Wasser (%): Steubreite (SB), Vaterlinienmittel ( $\bar{x}$ ), Gesamtmittel ( $\mu$ )



**Abbildung 10:** IMF (%): Streubreite (SB), Vaterlinienmittel ( $\bar{x}$ ), Gesamtmittel ( $\mu$ )

Im pH1.2 (Abbildung 6) ist die Streubreite in den Vaterlinien gering (0,17 - 0,29  $\hat{=}$  46 SE%). Die Niveauhöhe der pH1.2 Werte entspricht dem MHS-Status der Väter: hohe pH1.2 Werte in der Nachkommenschaft mit einem Vaterlinienmittel über dem Gesamtmittel erreichen reinerbig MHS-negative Väter, ein niedrigeres pH1.2 Wertenniveau mit einem Mittel unter dem Gesamtmittel ist für die MHS-mischerbigen Väter festzustellen. Die reinerbig MHS-positiven Väter werden durch das niedrigste pH1.2 Niveau mit einem Vaterlinienmittel weit unter dem Gesamtmittel charakterisiert.

Die Streubreite der LF24 (Abbildung 7) erreicht Werte von 0,43 bis 1,52 ( $\hat{=}$  121 SE%). Die höchste Streuung kann für die PI(PP)-Väter mit 1,52 und die PI\*HA(NP)-Väter mit 0,81 berechnet werden. Auch die DU(NN)-Väter zeigen mit 0,98 eine hohe Streuung im LF24. Eine geringere Streuung zeigen die reinerbig MHS-negativen Väter, wobei die geringste Streuung von den PI\*HA(NN)-Vätern mit 0,43 erreicht wird. Die Niveauhöhe der LF24 Werte spiegelt wie der pH1.2 den MHS-Status der Eber wider: das höchste Niveau mit einem Mittel weit über dem Gesamtmittel wird durch die PI(PP)-Väter belegt, die MHS-mischerbigen Väter der Vaterlinie PI\*HA folgen mit einem niedrigeren Niveau, das

Vaterlinienmittel liegt aber immer noch über dem Gesamtmittel. Das LF24 Werteniveau der dänischen Eber (MHS-negativ) liegt bei relativ hoher Streubreite unter dem der MHS-positiven und -mischerbigen Väter, die Mittel der dänischen Vaterlinien liegen unter dem Gesamtmittel. Das geringste Werteniveau erreichen die reinerbig MHS-negativen PI- und PI\*HA-Väter, wobei die PI\*HA(NN)-Väter bei der geringsten Streuung das niedrigste Vaterlinienmittel aufweisen.

Im Proteingehalt (Abbildung 8) sind erwartungsgemäß hohe Streuungen (1,26% - 1,68%) für die Vaterlinien mit Hampshireanteil zu berechnen, wobei das Vaterlinienmittel dieser Eber unter dem Gesamtmittel liegt (für alle Vaterlinien: 0,65% - 1,68%  $\hat{=}$  129 SE%). Die dänischen Duroc-Eber haben bei einer Streuung von 0,8% ein leicht über dem Gesamtmittel liegendes Vaterlinienmittel von 23,37% Protein. Die Pietrain-Eber (NN u. PP) zeigen Vaterlinienmittel deutlich über dem Gesamtmittel. Die geringste Streuung (0,65%) kann für die PI(NN)-Väter berechnet werden.

Im Wasseranteil (Abbildung 9) sind ebenfalls hohe Streubreiten bei Vaterlinienmitteln über dem Gesamtmittel für die Väter mit Hampshireanteil (0,64% - 1,15%) festzustellen (für alle Vaterlinien: 0,55% - 1,15%  $\hat{=}$  105 SE%). Die Streubreite der Pietrain-Eber liegt zwischen 0,71% und 0,75%. Die Vaterlinienmittel liegen bei den PI(PP)-Ebern wenig über, bei den PI(NN)-Ebern unter dem Gesamtmittel. Die geringste Streuung (0,55%) bei einem deutlich niedrigeren Vaterlinienmittel wird von den dänischen Duroc-Ebern erreicht.

Das Niveau des intramuskulären Fettgehalts ist mit einer Streubreite von 0,85% und einem Vaterlinienmittel von 2,03% bei den Duroc-Ebern am höchsten, gefolgt von den HA\*DU-Ebern mit einer Streubreite von 0,54% und einem Mittel von 1,75% (Abbildung 10). Die Streubreiten der Vaterlinien liegen zwischen 0,54% und 0,88% ( $\hat{=}$  69 SE%), die Vaterlinienmittel der PI- und PI\*HA-Eber liegen unter dem Gesamtmittel und deutlich unter dem Mittel der dänischen Eber.

Die Uniformität der Endprodukte in ihrer Fleischbeschaffenheit ist entscheidend für ihren Erfolg am Markt. Durch den Vergleich der Streubreite mit dem Werteniveau für die physikalischen Meßwerte pH1.2 und LF24 kann gezeigt werden, daß die reinerbig MHS-negativen Endprodukte der Vaterlinie PI\*HA(NN) bei guter Fleischbeschaffenheit in beiden

Meßwerten die geringste Variabilität (= hohe Uniformität) von allen in diesem Versuch getesteten Vaterlinien zeigen.

Die hohe Variabilität der Endprodukte mit Hampshireanteil im prozentualen Protein- und Wassergehalt zeigt anschaulich die Bedeutung des Hampshirefaktors in der deutschen Zucht.

Die Nachkommen der dänischen Duroc-Eber weisen die höchsten IMF-Werte auf, allerdings auch eine hohe Variabilität in diesem Merkmal, sodaß kein einheitliches Produkt mit einem definierten Gehalt an IMF geliefert werden kann.

#### **4.5. Qualitätsanforderungen an heutige Kreuzungsendprodukte in der Schweinezucht**

Die Qualität von Endprodukte in der Schweineproduktion ist durch die Wirtschaftlichkeit der Produktion, der Fleischbeschaffenheit der Produkte und durch ethische und Umweltaspekte bei der Produktion (GLODEK, 1996) definiert. Die Öffentlichkeit verlangt in zunehmendem Maße eine hohe Produktqualität, die tiergerecht und umweltverträglich (Produktionsqualität) erzeugt werden soll (SCHMITTEN, 1993; HOFMANN, 1993). Aus veterinärmedizinischer Sicht ist besonders der Einsatz von Vaterlinien mit reinerbig streßanfälligen Ebern, die doppelte Träger des MHS-Gens sind, abzulehnen, weil neben den nachteiligen Auswirkungen auf die Fleischbeschaffenheit in der Nachkommenschaft Leiden der Tiere in Form von Belastungsmypathien resultieren können (BICKHARDT, 1992; MARTENS, 1997).

Die gegenwärtig auf dem deutschen Markt dominierenden zu 100% MHS-mischerbigen Kreuzungsendprodukte der Vaterlinie PI(PP) sind zurecht nicht als Markenqualität anerkannt. Neben dem tierschutzrelevanten MHS-Status ihrer Väter ist eine mangelhafte Fleischbeschaffenheit der Nachkommen (4.2.) festzustellen. In der Fleischleistung liegen beide PI-Eber zwar deutlich vorne, im bezahlungsrelevanten FOM-Fleischanteil ihrer Nachkommen liegt die Vaterlinie PI(PP) aber nur um 0,37% über der Vaterlinie PI(NN), womit auch aus ökonomischer Sicht ein Einsatz dieser Vaterlinie in der Zucht nicht mehr zu rechtfertigen ist (PAULUS, 1999).

Der heutige Markenstandard, die Vaterlinie PI\*HA(NP), liefert zur Hälfte MHS-mischerbige Nachkommen und kann mit 10% PSE-gefährdeten Schlachtkörpern (Tabelle 10) höheren

Marktansprüchen nicht mehr genügen (4.2.). Standard bei den Hauptimporteuren auf den deutschen Markt, Holland und Dänemark, ist bereits im normalen Angebot ein reinerbig streßresistentes Endprodukt, und dies muß mindestens auch von deutschen Markenprodukten gefordert werden. Die PI\*HA(NP)-Eber könnten durch reinerbig MHS-negative PI- und PI\*HA-Eber abgelöst werden. Die Nachkommen der PI(NN)-Eber bringen bei etwa gleicher Nettozunahme und einem Prozent mehr FOM-Fleischanteil mit sehr geringen Fleischbeschaffenheitsmängeln (PSE-Anteil < 2%; Tabelle 10) einen Gesamterlösvorteil von ca. 6 DM. Die PI\*HA(NN)-Eber müssen hinsichtlich ihres FOM-Fleischanteils und der Nettozunahme weiter verbessert werden, wozu aber gute Selektionschancen bestehen (PAULUS, 1999). Der Vorteil der Vaterlinie PI\*HA(NN) besteht in der hohen Uniformität der Endprodukte in den physikalischen Meßwerten (pH u. LF). Leider trägt das derzeitige Bezahlungssystem auf deutschen Schlachthöfen nicht dazu bei, reinerbig MHS-negative Vaterlinien mit guter Fleischbeschaffenheit zu etablieren. Im Gegenteil werden sogar die reinerbig MHS-negativen Endprodukte bestraft, weil niedrige Seitenspeck- und höhere Muskeldicken, d.h die MHS-mischerbigen Produkte, besser bezahlt werden (PAULUS, 1999). Ein Bezahlungssystem, was der besseren Fleischbeschaffenheit Rechnung tragen will, muß den höheren PSE-Anteil in den Endprodukten der MHS-positiven und mischerbigen Vaterlinien bestrafen, z.B über PSE-Abzüge, oder die bessere Fleischbeschaffenheit der MHS-negativen Endprodukte mit einem Qualitätsbonus honorieren.

Die Möglichkeiten am Schlachtband, direkt nach der Schlachtung, PSE-gefährdete Schlachtkörper schnell und mit hoher Sicherheit zu erkennen, sind aufgrund der hohen Schlachtgeschwindigkeit in modernen Schlachthöfen gering. In dieser Arbeit kann gezeigt werden, daß eine pH-Wertmessung 85 min p.m. (pH1.2) und eine Leitfähigkeitsmessung 24 Stunden p.m. (LF24) eine hohe Sicherheit in der Erkennung bieten. Diese Methode ist zum Auffinden von PSE-Schlachtkörpern auf dem Schlachthof praktikabel, besser (und kostengünstiger) wäre es allerdings, von vornherein auf den Einsatz von MHS-belasteten Vaterlinien zu verzichten. Von Teilen der Verbraucherschaft wird die Verwendung streßanfälliger Rassen in der Tierproduktion als ethisch bedenklich angesehen (GLODEK, 1996); deutsche Markenfleischprogramme können sich durch den Einsatz MHS-negativer

Eberlinien diesen Bedenken offensiv entgegenstellen und sich damit gegenüber der europäischen Konkurrenz Marktvorteile sichern.

Der Hampshireeffekt kann in den deutschen Kreuzungsendprodukten dieser Rasse eindeutig nachgewiesen werden (4.2.2.). Das RN<sup>-</sup> Gen hat einen Einfluß auf die Fleischbeschaffenheit, der sich in einem erniedrigten End-pH-Wert, einem niedrigeren Proteingehalt und einem erhöhten Wassergehalt in der Muskulatur zeigt (Tabelle 13, Abbildung 4). Die hohen Verarbeitungsverluste in der Kochschinkenherstellung und anderer Wärmebehandlungen spielen, im Gegensatz zum französischen Markt, in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle. Dennoch wird durch das dominante RN<sup>-</sup> Gen ein Fleischbeschaffenheitsmangel vererbt, der die Qualität der Kreuzungsendprodukte, bzw. der Fleischverarbeitungsprodukte, deutlich herabsetzt, was sich vornehmlich in der hohen Variabilität im prozentualen Protein- und Wassergehalt der Kreuzungsendprodukte mit Hampshireanteil zeigt (4.3.). In dieser Untersuchung kann gezeigt werden, daß ein Glykogenwert von über 10,0 µmol/g in der Fleischprobe ein geeignetes Hilfsmerkmal ist, um das RN<sup>-</sup> Gen in der Nachkommenschaft eines Ebers im Labor nachzuweisen. Die Elimination des RN<sup>-</sup> Gens aus der deutschen Zucht würde auf erhebliche züchterische und ökonomische Schwierigkeiten stoßen, weil, wie im Abschnitt 4.2.2. dargestellt, 70% aller deutschen HA-Tiere aus der Zucht ausgeschlossen werden müßten, um eine vom Hampshirefaktor freie HA-population züchten zu können.

Der IMF-Gehalt im Schweinefleisch kann durch den Einsatz der dänischen Vaterlinien DU(NN) und HA\*DU(NN) kurzfristig erhöht werden (BRANDT, 1996) (4.3.1.) wodurch die Verzehrsqualität des Fleisches (SCHWÖRER, 1996; STEINBERG, 1996) möglicherweise verbessert werden kann.

Der IMF darf dabei aber nicht als isolierter Einflußfaktor auf die sensorischen Eigenschaften des Fleisches betrachtet werden, sondern steht in enger Beziehung zum pH-Wert-Verlauf (KALLWEIT ET AL, 1996). Die Kreuzungsendprodukte der reinerbig MHS-negativen DU- und HA\*DU-Vaterlinien zeichnen sich neben dem hohen prozentualen Anteil an IMF durch die höchsten pH1.1- und pH1.2-Werte und den geringsten pH-Wertabfall in dieser Zeitspanne aus. Die dänischen Kreuzungsendprodukte werden aber aufgrund ihres geringeren FOM-Fleischanteils und schwacher Rückenmuskelausprägung am schlechtesten bezahlt (PAULUS, 1999) und können diesen Verlust auch nicht durch ihre bessere Nettotageszunahme ausgleichen. Zudem wirkt sich die hohe Variabilität in diesem Merkmal (4.4., Abb. 10)



nachteilig auf die Produktion eines Produktes mit definierter Qualität aus. Demnach können sich diese Schweine als Spezialmarkenprodukt nur etablieren, wenn der ökonomische Verlust durch ein IMF-Prämie ausgeglichen würde (GLODEK, 1999).

## 5. Zusammenfassung

In diesem vom Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem VZF-Verbund Uelzen, der Premiumfleisch AG Zeven und der Züchtungszentrale Deutsches Hybridschwein Lüneburg geförderten gemeinsamen Forschungsvorhaben des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Göttingen und der FAL-Institute für Tierzucht und Tierverhalten, Mariensee und für Tierernährung, Braunschweig sollte die Eignung von Schweinekreuzungen mit besonderen Qualitätseigenschaften zur Verbesserung des deutschen Markenschweineangebotes untersucht werden.

Zu diesem Zweck wurden in zwei Versuchsdurchgängen die Vaterlinien PI(NN), PI(PP), PI\*HA(NN), PI\*HA(NP), DU(NN) und HA\*DU(NN) an reinerbig MHS-negative BHZP-Sauen (Linie 31 = LW\*LR) angepaart. In der vorliegenden Untersuchung wird die Fleischbeschaffenheit der Kreuzungsendprodukte ermittelt und verglichen.

Der Versuch umfaßt 930 auf einem Betrieb erzeugte Würfe mit insgesamt 7000 auf vier Mastbetrieben gemästeten und über den Schlachthof Zeven vermarkteten Schlachtschweinen. Zur Bestimmung der Fleischbeschaffenheit der Kreuzungsendprodukte wurden auf dem Schlachthof pH-Wertmessungen (25 min p.m., 85/145 min p.m., 24 h p.m.), Leitfähigkeitsmessungen (85/145 min p.m., 24 h p.m.) und Minolta-Farbmessungen (24 h p.m.) durchgeführt. Der Reflexionswert (23 min p.m.) konnte dem FOM-Protokoll entnommen werden. Im Labor wurden die prozentualen Anteile an intramuskulärem Fett, Protein und Wasser, sowie der Glykogengehalt in  $\mu\text{mol/g}$  in Proben aus dem Musculus longissimus dorsi (13./14. Rippe, 24 h p.m.) ermittelt.

In dieser Untersuchung kann gezeigt werden, daß mit einer pH-Wertmessung 85 min p.m. oder einer Leitfähigkeitsmessung 24 h p.m. eine hohe Sicherheit in der Erkennung von PSE-Schlachtkörpern erreicht werden kann. Die Möglichkeiten am Schlachtband zur Durchführung von Leitfähigkeits- und pH-Wertmessungen sind aufgrund hoher Schlachtgeschwindigkeiten in modernen Schlachthöfen gering. Günstiger ist es deshalb, züchterisch von vornherein auf gute Fleischbeschaffenheit hinzuwirken. Aus ethischer Sicht ist besonders der Einsatz von Vaterlinien mit reinerbig oder mischerbig MHS-positiven Ebern abzulehnen, weil neben den nachteiligen Auswirkungen auf die Fleischbeschaffenheit Leiden der Tiere in Form von Belastungsmyopathien resultieren können. Der Vergleich der Kreuzungsendprodukte zeigt,

daß die MHS-negativen Endprodukte der Vaterlinien PI(NN), PI\*HA(NN), DU(NN) und HA\*DU(NN) die mit Abstand beste Fleischbeschaffenheit aufweisen.

Den heutigen Markenstandard im deutschen Angebot bilden zum großen Teil Endprodukte der Vaterlinie PI\*HA(NP), die zur Hälfte MHS-mischerbig sind. Die resultierende Fleischbeschaffenheit dieser Schlachtkörper ist bei 10,2% PSE-Anteil sehr variabel und stellt ein aus heutiger Sicht auch ökonomisch nicht mehr befriedigendes Kompromißprodukt dar. Die Uniformität der Kreuzungsendprodukte in ihrer Fleischbeschaffenheit ist entscheidend für ihren Erfolg am Markt. Durch den Vergleich der Streubreiten für die physikalischen Meßwerte pH (85/145 min p.m.) und LF24 (24 h p.m.) wird deutlich, daß die reinerbig MHS-negativen Endprodukte der Vaterlinie PI\*HA(NN) bei guter Fleischbeschaffenheit die höchste Uniformität der Endprodukte erreichen.

Das derzeitige Bezahlungssystem auf deutschen Schlachthöfen ist kontraproduktiv um reinerbig MHS-negative Vaterlinien mit guter Fleischbeschaffenheit zu etablieren, weil niedrige Seitenspeck- und höhere Muskeldicken, d.h. MHS-mischerbige Produkte, besser bezahlt werden.

Der Gehalt an intramuskulärem Fett liegt nur bei den Nachkommen der dänischen DU(NN)-Eber bei über 2%, gefolgt von den Nachkommen der dänischen HA\*DU(NN)-Eber mit 1,75%, allerdings läßt sich in diesem Merkmal eine hohe Variabilität feststellen, sodaß selbst mit diesen, im Erlös deutlich unterlegenen Kreuzungen, kein einheitliches Produkt guter Fleischbeschaffenheit mit einem definiertem Gehalt an intramuskulärem Fett geliefert werden kann.

Der Hampshireeffekt (RN<sup>-</sup> Gen) kann in allen Hampshire-Kreuzungsendprodukten eindeutig nachgewiesen werden. Die hohe Variabilität der Endprodukte mit Hampshireanteil im prozentualen Protein- und Wassergehalt zeigt anschaulich die Bedeutung des Hampshirefaktors in der deutschen Zucht. In dieser Untersuchung kann gezeigt werden, daß ein Glykogenwert von über 10,0 µmol/g in der Muskelprobe ein geeignetes Merkmal ist, um den Hampshireeffekt darzustellen, zur Erkennung von RN<sup>-</sup> Genträgern und um die Frequenz des RN<sup>-</sup> Gens für Eber mit Hampshireanteil berechnen zu können. Schlachtkörper von Tieren mit über 10,0 µmol/g Glykogen in der Muskelprobe weisen hochsignifikant niedrigere End-pH-Werte, höhere Wassergehalte und korrespondierend niedrigere Proteingehalte auf und können somit als Schlachtkörper von Trägartieren des RN<sup>-</sup> Gens identifiziert werden.

Innerhalb der Vaterlinien mit Hampshireanteil wurden von 28 untersuchten Ebern vier gefunden, die das RN<sup>-</sup> Gen nicht vererben. Daraus läßt sich schließen, daß das RN<sup>-</sup> Gen in der großelterlichen Hampshire-Reinzucht nicht fixiert ist. Ohne diese Eber liegt die Frequenz des RN<sup>-</sup> Genotyps bei etwa 50%.

**Summary: The utilisation of special crossbreeds in pigs to increase meat quality programs under special consideration of MHS-Status, Hampshireeffect and intramuscular fat**

In a project jointly financed by the ministry of agriculture in Niedersachsen, the VZF-Verbund in Uelzen, the Premiumfleisch AG in Zeven and the Züchtungszentrale Deutsches Hybridschwein in Lüneburg at the University of Göttingen and the FAL-institutes in Braunschweig and in Mariensee the applicability of different crossbred pigs with special meat quality features to improve meat quality programmes was investigated.

For this purpose, sire lines PI(NN), PI(PP), PI\*HA(NN), PI\*HA(NP), DU(NN) and HA\*DU(NN) were mated to the homozygote stress resistant BHZP-FI gilt (line 31 = LW\*LR) in two trials. In this study the meat quality of the final products was analysed and compared.

In total, 930 litter were produced on one farm only with about 7000 piglets which were fed to slaughter on four commercial fattening farms and all slaughtered in the abattoir in Zeven.

As meat quality criteria at the abattoir, the pH-values (25 min p.m., 85/145 min p.m. and 24 h p.m.), conductivity (85/145 min p.m. and 24 h p.m.), Minolta colour measurements (24 h p.m.) and reflection value (23 min p.m.) were measured. In the lab the amount of intramuscular fat, protein and water as well as the amount of glycogen in a muscle probe from the musculus longissimus dorsi (13./14. Rip, 24 h p.m.) were analysed.

The results clearly show that the pH-value 85/145 min p.m. or the conductivity 24 h p.m. are good measurements to detect with a high accuracy the PSE incidence. The possibilities to accurately measure conductivity and pH at the abattoir are limited because of the high slaughter speeds. It would seem advantageous, therefore, to use breed differences to increase meat quality in pigs. From the ethical point of view the use of heterozygote or homozygote stress susceptible sire lines is in the discussion because of animal welfare reasons. The comparison between the different sire lines in this study indicate that the homozygote stress

resistant final products of the PI(NN), PI\*HA(NN), DU(NN) and HA\*DU(NN) lines has by far the best meat quality.

As a standard meat quality product currently the progeny of PI\*HA(NP) sires are dominating the German market. The meat quality for these carcasses is highly variable and with 10.2 % PSE incidence, this is no longer a good compromise.

The uniformity of final crossbreds is of increasing importance for the German market. The results of this study show that concerning pH and conductivity, the progeny of PI\*HA(NN) has a very good meat quality with the lowest variation. Within the current German payment system final products of stress resistant sire lines are not favoured because of higher backfat and lower muscle measurements.

Concerning the amount of intramuscular fat, only the progeny of DU(NN) boars from Denmark had 2 % followed by the Danish HA\*DU(NN) crosses with 1.75 %, but with a high variation within both breeds. So finally with these products, which have the lowest market price, it is not possible to produce a uniform product with defined intramuscular fat.

The Hampshire effect (caused by RN<sup>-</sup> gene) can be seen in all Hampshire crossbred final products. For these slaughter pigs a high variability in protein and water content was observed. From this study it can be concluded that a value of 10.0 µmol/g glycogen in the muscle probe is a good indicator to detect RN carriers. Carcasses from pigs above 10.0 µmol/g glycogen in the muscle show lower ultimate pH-values, a higher water and lower protein content and can, therefore, be identified as RN carriers. Within the 28 HA-crossbred sires in this study the progeny of 4 sires did not show any carriers. All other sires produced 50 % carriers and 50 % noncarriers as expected. It can, therefore, be concluded that within the grandparent purebred Hampshire population the RN gene is not fixed.

## 6. Literaturverzeichnis

BICKHARDT, K. (1992):

Kompendium der Allgemeinen Inneren Medizin und Pathophysiologie für Tierärzte  
Pareys Studentexte 69, 106-109  
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg

BRANDT, H. (1996):

Möglichkeiten der Zucht auf höheren intramuskulären Fettgehalt unter deutschen  
Marktverhältnissen  
IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena (Willhelmsthal)

BRENIG, B., G. BREM (1992):

Molecular cloning and analysis of the porcine "halothane" gene  
Arch. Tierz., Dummerstorf 35 1/2, 129-135

CMA-PRÜFSIEGEL "DEUTSCHES QUALITÄTSFLEISCH AUS KONTROLLIERTER AUFZUCHT",  
LASTENHEFTE (QUALITÄTS- UND PRÜFBESTIMMUNGEN) (1998):

Prüfsiegel-Programm "Schweinefleisch", S 37; Centrale Marketing Gesellschaft der  
deutschen Agrarwirtschaft MBH

EIKELENBOOM, G., A.H. HOVING-BOLINK U. P.G. VAN DER WAL (1996):

Die Verzehrsqualität von Schweinefleisch; 1. Einfluß des End-pH-Wertes  
Fleischwirtschaft 76 (4), 405-406

EIKELENBOOM, G., A.H. HOVING-BOLINK U. P.G. VAN DER WAL (1996):

Die Verzehrsqualität von Schweinefleisch; 2. Einfluß des intramuskulären Fettes  
Fleischwirtschaft 76 (5), 559-560

FEDDERN, E., J.KRIETER U. E.KALM (1994):

Verlauf der postmortalen Glykogenolyse und Merkmale der Fleischbeschaffenheit bei  
Hampshire-Reinzuchtieren und verschiedenen Kreuzungskombinationen  
Arch. Tierz., Dummerstorf 37, 229-243

FEWSON, D., A.RATHFELDER UND E.MÜLLER (1993):

Untersuchung über Beziehung von Fleischanteil, Fleischbeschaffenheit und Streßresistenz  
bei verschiedenen Schweineherkünften, 1.Mitteilung  
Züchtungskunde 65 (4), 284-296

FIEDLER, I., K. ENDER, M.WICKE U. G.VON LENGERKEN (1993):

Zusammenhänge zwischen der Mikrostruktur des Muskelgewebes bei Schweinen der  
Landrasse und ihrer Streßempfindlichkeit (Halothanreaktion)  
Arch. Tierz.,Dummerstorf 36, 525-538

- FRIES, R. (1992)  
Fleischhygiene und Lebensmitteluntersuchung  
UTB, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 99
- FUJII, J., K. OTSU, F. ZORZATO, S. DELEON, V. K. KHANNA, J. E. WEILER, P. J. O'BRIEN AND D. H. MACLENNAN (1991)  
Identification of a Mutation in Porcine Ryanodine Receptor Associated with Malignant Hyperthermia  
Science 253, 448-450
- GLODEK, P. (1996)  
Die Wahl der Vaterlinie bestimmt die Qualität der Endprodukte in der Schweinezucht  
Züchtungskunde 68 (6), 483-492
- GLODEK, P. (1999)  
Die Eignung von Schweinekreuzungen mit besonderen Qualitätseigenschaften zur Verbesserung des deutschen Markenschweinangebotes  
Abschlußbericht eines vom Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem VZF-Verbund Uelzen, der Premium AG Zeven und der Züchtungszentrale Deutsches Hybridschwein Lüneburg, geförderten gemeinsamen Forschungsvorhaben des Institutes für Tierzucht und Tierverhalten Göttingen und der FAL-Institute für Tierzucht und Tierverhalten, Mariensee und für Tierernährung, Braunschweig
- HOFMANN, K. (1993)  
Qualitätsbegriffe bei Fleisch und Fleischerzeugnissen  
Fleischwirtschaft 73(1), 16-28
- KALLWEIT, E., G. KIELWEIN, R. FRIES, S. SCHOLTYSEK (1988)  
Qualität tierischer Nahrungsmittel  
UTB, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- KALLWEIT, E., M. HENNING, P. KÖHLER, U. BAULEIN (1996)  
Intramuskulärer Fettgehalt verschiedener Schweinerassen  
IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena (Willhelmsthal)
- KIRCHHEIM, U., F. SCHÖNE, W. REICHARTDT, A. GREILING (1996)  
Einfluß des intramuskulären Fettes auf Parameter der Fleischbeschaffenheit  
IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena (Willhelmsthal)
- LARZUL, C., P. LE ROY, G. MONIN, P. SELLIER (1998)  
Variabilité génétique du potential glycolytique du muscle chez le porc  
IRNA Prod. Anim. 11, 183-197

LEBRET, B., P. LEROY, G. MONIN, L. LEFAUCHER, J. C. CARITEZ, A. TALMANT, J. M. ELSEN, P. SELLIER (1999):

Influence of the three RN genotypes on chemical composition, enzym activities, and myofiber characteristics of porcine skeletal muscle  
J. Anim. Sci. 77, 1482-1489

MARTENS, H. (1997):

Physiologie und Pathophysiologie des Ryanodin-Rezeptors beim Schwein  
Tierärztliche Praxis 25, 41-51

MARTENS, H. (1998):

Physiologie der Muskulatur und das MHS-Gen des Schweines: Zur Diskussion um eine Eliminierung des mutierten Ryanodin-Rezeptors aus der deutschen Schweinezucht  
Arch für Tierz., Dummerdorf 41 1/2, 179 - 192

MCPHERSON PS, CAMPBELL KP (1993):

The ryanodin rezeptor/Ca<sup>2+</sup> release channel (1993)  
J Biol Chem. 268 13765-8

MEYER, ECKHARD (1991):

Technologische und sensorische Bewertung der Fleischbeschaffenheit praktischer Mehrfachkreuzungen und Hybriden unter besonderer Berücksichtigung des intramuskulären Fettgehalts  
Uni. Göttingen, Inst. Tierzucht u. Haustiergenetik, Diss.

MONIN, G., P. SELLIER (1985):

Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate postmortem period: The case of the Hampshire breed  
Meat Science 13, 49-63

MÜLLER, S., E. GERNAND, M. MÜBLICK (1996):

Abschlußbericht: Untersuchung zu Möglichkeiten der Einbeziehung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) bei der Qualitätsbeurteilung von Schweinefleisch  
Themenblatt-Nr.: 22.02.253  
IMF Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena

PAULUS, E.-D. (1999):

Die Fleischleistung und der Markterlös von Schweinekreuzungen mit besonderen Qualitätseigenschaften im Vergleich zum heutigen Standard- und Markenschweineangebot  
Uni. Göttingen, Inst. Tierzucht u. Haustiergenetik, Diss

SCHMITTEN, F. (1993):

Schweinefleischqualität in der Zuchtpraxis  
Züchtungskunde 65 (6), 455-467



- SCHWÖRER, D., D.LORENZ, A. HOFER U. A. REBSAMEN (1996):  
Erfolgreiche Steigerung des Genußwertes bei Schweizer Schweinefleisch  
Der Kleinviehzüchter 44, 1095-1130
- SCHWÖRER, D., P.MOREL (1987):  
Verbesserung des Genußwertes von Schweinefleisch durch züchterische Bemühungen  
Der Kleinviehzüchter 35, 1294-1304
- SHOMER, NH., CF. LOUIS, M.FILL (1993):  
Reconstitution of abnormalities in the malignant hyperthermia-susceptible pig ryanidin  
receptor  
AM J Physiol; 264: C125-35
- SMULDERS, F.J.M. U. R.L.J.M. VAN LAAK (1992):  
Über die Qualität von Schweinefleisch  
Fleischwirtschaft 72 (8), 1083-1091
- STEINBERG, M., U.BERGFELD, L.SCHÖBERLEIN (1996):  
Untersuchung zum Einfluß des IMF-Gehaltes auf die physikalisch-technologischen Para-  
meter der Fleischbeschaffenheit und die sensorischen Eigenschaften von Schweine-  
fleisch  
IMF-Kolloquium der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena (Willhelmsthal)
- SURMANN, H.,P. GLODEK (1991):  
Vergleich verschiedener Vaterrassenkombinationen mit und ohne Hampshireanteil im Hin-  
blick auf die Fleischbeschaffenheit und Gesamtwirtschaftlichkeit ihrer Mastendprodukte  
Uni. Göttingen, Inst.Tierzucht u. Haustiergenetik, Diss.
- SURMANN, H.,P. GLODEK (1991):  
Untersuchungen zum "Hampshirefaktor" in der Fleischbeschaffenheit von Schweinen  
2. Mitteilung  
Züchtungskunde 64 (2), 129-135
- WABMUTH, R. (1991):  
Untersuchung zum "Hampshirefaktor" in der Fleischbeschaffenheit von Kreuzungs-  
schweinen mit verschiedenen Anteilen dieser Rasse  
Uni.Göttingen, Inst.Tierzucht u. Haustiergenetik, Diss.
- WABMUTH, R.,P. GLODEK (1991):  
Untersuchungen zum "Hampshirefaktor" in der Fleischbeschaffenheit von Schweinen  
1. Mitteilung  
Züchtungskunde 63 (6), 445-455
- WABMUTH, R.,P. GLODEK (1991):  
Untersuchungen zum "Hampshirefaktor" in der Fleischbeschaffenheit von Schweine  
3. Mitteilung  
Züchtungskunde 64 (2), 129-135

## 7. Tabellen- und Abbildungs- und Abkürzungsverzeichnis

Tabelle		Seite
1	<i>Vaterlinien und MHS-Status der Endprodukte</i>	18
2	<i>Anzahl KB-Eber pro Vaterlinie und gekennzeichnete Ferkel pro Versuchsgruppe</i>	20
3	<i>Verteilung der Tiere nach Versuchsgruppen auf die Mastbetriebe über beide Versuchsdurchgänge</i>	21
4	<i>Datenerhebung im Schlachthof und im Labor</i>	24
5	<i>Anzahl an Beobachtungen innerhalb der Vaterlinie</i>	25
6	<i>Anzahl an Beobachtungen, Rohmittelwerte, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwert der untersuchten Meßwerte</i>	26
7	<i>Signifikanz der fixen Effekte und Interaktionseffekte</i>	28
8	<i>Meßwerte nach der Schlachtung für Vaterlinien: LSQ-Mittelwerte und deren (Standardfehler), Gesamtmittel und Reststandardabweichung; Differenzen zwischen der reinerbig MHS-negativen Nachkommenschaft und dem Normalangebot (PI(PP)) sowie dem Markenstandard (PI*HA(NP)), absolut in SE%</i>	30
9	<i>24 Stunden Meßwerte der Fleischbeschaffenheit für Vaterlinien: LSQ-Mittelwerte und deren (Standardfehler), Gesamtmittel und Reststandardabweichung; Differenzen zwischen der reinerbig MHS-negativen Nachkommenschaft und dem Normalangebot (PI(PP)) sowie dem Markenstandard (PI*HA(NP)), absolut und in SE%</i>	32
10	<i>PSE-Anteile innerhalb Kreuzungsgruppen (%)</i>	34
11	<i>DFD-Anteile innerhalb Kreuzungsgruppen (%)</i>	35
12	<i>Gehaltsmeßwerte für Vaterlinien: LSQ-Mittelwerte und deren (Standardfehler), Gesamtmittel und Reststandardabweichung; Differenz zwischen den Werten der HA-Kreuzungen und den anderen Nachkommen, absolut und in SE%</i>	36
13	<i>LSQ-Mittelwerte für Glykogengruppen, Mittelwerte und Standardabweichungen der HA-Herkünfte, Differenz zwischen Glykogengruppen absolut und in SE%, Signifikanz der Glykogengruppen</i>	38
14	<i>Frequenz des RN Gens für Eber mit HA-Anteil: Vaterlinie, Ebernummer, Nachkommen absolut und deren Anzahl mit über und unter 10,0 µmol/g Glykogen, Frequenz des RN Gens (%): <math>rn^+/rn^+</math>; RN/-</i>	40

<b>Tabelle</b>		<b>Seite</b>
15	<i>Streubreite innerhalb Vaterlinien, maximales (max.) und minimales (min.) Ebermittel innerhalb Vaterlinie</i>	42
16	<i>Phänotypische Korrelationen zwischen Fleischbeschaffenheitsmeßwerten</i>	46

<b>Abbildung</b>		<b>Seite</b>
1	<i>Abweichung der Meßwerte nach der Schlachtung in SE% von der Markenstandardlinie PI*HA(NP)</i>	31
2	<i>Abweichung der 24-Stunden-Meßwerte in SE% von der Markenstandardlinie PI*HA(NP)</i>	33
3	<i>Abweichungen der Gehaltsmeßwerte in SE% von der Markenstandardlinie</i>	37
4	<i>Abweichung des pH 24, Wasser- und Proteingehaltes der Glykogengruppe &gt; 10,0 µmol/g Glykogen gegenüber der Gruppe &lt; 10,0 µmol/g Glykogen in SE%</i>	39
5	<i>Intramuskulärer Fettgehalt in Prozent für Vaterlinien</i>	50
6	<i>pH1.2: Streubreite (SB), Vaterlinienmittel (x), Gesamtmittel (µ)</i>	53
7	<i>LF24: Streubreite (SB), Vaterlinienmittel (x), Gesamtmittel (µ)</i>	53
8	<i>Protein(%): Streubreite (SB), Vaterlinienmittel (x), Gesamtmittel (µ)</i>	54
9	<i>Wasser(%): Streubreite (SB), Vaterlinienmittel (x), Gesamtmittel (µ)</i>	54
10	<i>IMF(%): Streubreite (SB), Vaterlinienmittel (x), Gesamtmittel (µ)</i>	55

**Darstellung 1:**      *Bestimmung der Gehaltsmeßwerte (FAL Mariensee)*      Seite: 24

**Abkürzungsverzeichnis**

Abb.	Abbildung
AG	Aktien Gesellschaft
AP	Aktionspotential
ATP	Adenosintriphosphat
BEG	Bauernsiegel Erzeugergemeinschaft
BHZP	Bundeshybrid-Zuchtprogramm
Ca	Calzium
CK	Creatin-Kinase
CMA	Centrale Marketing Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH
DFD	dark, firm, dry = dunkel, fest, trocken
DNA	Desoxyribonucleinacid
DU	Duroc
EG	Erzeugergemeinschaft
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
FOM	Fat or Meat (Muskelfleischanteil)
GP	Glykolytisches Potential
HA	Hampshire
HA*DU	Hampshire*Duroc
HF	Hampshirefaktor
IMF	Intramuskulärer Fettgehalt
K	Kalium
KB	Künstliche Besamung
LF1	Leitfähigkeit 85/145 min post mortem
LF24	Leitfähigkeitswert 24 Stunden post mortem
LMBG	Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz
LR	Landrasse
LSQ	Least Square (-Mittelwerte)
LW	Large White
M.	Musculus
Mb	Mastbetrieb
MHS	Malignes Hyperthermie Syndrom

Na	Natrium
NIT	Nah-Infra-Rot-Transmissionsmessung
NN	homozygot MHS-negativ
NP	heterozygot MHS
p.m.	post mortem
pH	negativ dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration
pH1.1	pH-Wert 25 min p.m.
pH1.2	pH-Wert 85/145 min p.m.
pH24	pH-Wert 24 Stunden p.m.
PI	Pietrain
PI*HA	Pietain*Hampshire
PP	homozygot MHS-positiv
PSE	pale, soft, exudativ = blaß, weich, wäßrig
RN	Rendement Napole, dominantes Schädgen ("Hampshirefaktor")
RTN	Rendement Technologique Napole
RW	Reflexionswert
SD	standard deviation (Standardabweichung)
SE%	prozentuale Einheiten der Reststandardabweichung
SR	Sarkoplasmatisches Retikulum
VI	Vaterlinie
VVO	Viehverkehrsverordnung
VZF	Verein zur Förderung der bäuerlichen Veredelungswirtschaft

**Danksagung:**

*Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. P. Glodek für die Überlassung des Themas und die stetige Unterstützung.*

*Insbesondere möchte ich mich bei Herrn PD Dr. H. Brandt, Herrn Dipl.Agrar.Ing. Burchhard Möllers und Frau Dr. Martina Henning bedanken, die mir jederzeit intensiv und freundschaftlich in allen Abschnitten des Versuches geholfen haben.*

*Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. S. Wenzel für die Betreuung der Arbeit an der Tierärztlichen Hochschule Hannover.*

*Beim Niedersächsischem Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und den beteiligten Wirtschaftsunternehmen Nordland EG, Uelzen, Premiumfleisch AG, Zeven und BHZP, Lüneburg bedanke ich mich für die finanzielle Unterstützung und die hervorragende Zusammenarbeit, insbesondere bei Herren MR Dr. H. Schertler, Dr. C. Welp, Dr. H. Schweer, Dr. R. Wörner und Herrn M. Völlmecke.*

*Für die Unterstützung auf dem Schlachthof und für die Laboranalysen bedanke ich mich besonders bei Frau Regina Becker, Frau Silvia Wittig, Frau Regina Ronge, Frau Christine Worat und Herrn Ernst Kahle aus der FAL Mariensee.*

*Für die Organisation und Durchführung des Feldversuches danke ich sehr Frau Kathrin Hemme und Herrn Dr. H. Lembeck (Bauernsiegel Erzeuger Gemeinschaft), sowie Herrn G. Starzoneck von der Premiumfleisch AG Zeven. Für die praktische Durchführung danke ich sehr dem Betriebsleiter der Agrargenossenschaft Kletzke, Herrn H. Schulz und seinen Mitarbeitern, Herrn W. Evers und allen Mitarbeitern des Schlachthofes Zeven.*

*Mein herzlicher Dank gilt meinem Mitstreiter Dr. Ernst-Dietrich Paulus für die freundschaftliche Zusammenarbeit und die fröhliche gemeinsame Zeit. Herrn W. Chainetr und Herrn C. Schröder danke ich für die vielen "Computerhilfen".*

*Allen meinen Mitdoktoranden und Freunden aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik danke ich für die kollegiale Zusammenarbeit und für die schöne und unvergessliche gemeinsame Zeit.*

*Ein ganz besonders lieber Dank geht an meine Freundin Silke, ohne deren liebevolle Unterstützung ich diese Arbeit nicht hätte anfertigen können.*

*Vor allem möchte ich meinen Eltern danken, die meine Ausbildung förderten und mich in jeder Hinsicht unterstützen.*