

2. Literaturübersicht

2.1 Schlachtkörperqualität

Unter der Voraussetzung einer normgerechten Schlachttierqualität ist die Schlachtkörperqualität derzeit das bestimmende Maß für den Handelswert des Produktes Schweinefleisch. Neben dem hygienischen Zustand des Schlachtkörpers und der Freiheit von Rückständen und Umweltkontaminanten spielen die prozentualen Anteile der Gewebe Fleisch und Fett, insbesondere der relative Muskelfleischanteil und die Schlachtkörperwarmmasse die erlösbringende Hauptrolle (KALLWEIT, 1994).

Basierend auf der *Verordnung (EWG) Nr. 3220/84 des Rates zur Bestimmung des gemeinschaftlichen Handelsklassenschemas für Schweineschlachtkörper vom 13.11.1984 [Abl. Nr. L 301/1, geändert durch VO (EWG) Nr. 3513 vom 14.12.1993 – Abl. Nr. L 320/5]* wurde die *Verordnung über gesetzliche Handelsklassen für Schweinehälften [vom 18.12.1986; BGBl. I S. 2624]* erlassen. Diese Verordnung trat am 01.04.1987 in Kraft. Im Sinne der Ratsverordnung ist der Muskelfleischanteil das Verhältnis der ermittelten Gewichte aller quergestreiften Muskeln zum Gesamtgewicht des Schlachtkörpers. Dabei wird der Muskelfleischanteil mit zugelassenen Einstufungsverfahren geschätzt. Diese werden als statistische Schätzverfahren nur zugelassen, wenn die Grundlage objektiver Messungen an einem oder mehreren Teilen des Schweineschlachtkörpers gegeben ist und der Schätzfehler ein bestimmtes Höchstmaß nicht überschreitet (UNTERLUGGAUER, 1991). Entsprechend der *Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über gesetzliche Handelsklassen für Schweinehälften [vom 16.08.1990; BGBl. I S. 1808, zuletzt geändert durch ÄndV vom 23.07.1997 (BGBl. I S. 1904)]* hat bei der Verwiegung die Einstufung in die Handelsklassen (E, U, R, O, P) - geltend für Schweineschlachtkörper mit einer Schlachtkörperwarmmasse von 50 kg und mehr, jedoch weniger als 120 kg - nach dem geschätzten Muskelfleischanteil nach folgendem Schema zu erfolgen:

55 Prozent und mehr	E
50 Prozent und mehr, jedoch weniger als 55 Prozent	U
45 Prozent und mehr, jedoch weniger als 50 Prozent	R
40 Prozent und mehr, jedoch weniger als 45 Prozent	O
weniger als 40 Prozent	P

Die ermittelte Schlachtkörperqualität muß nachvollziehbar protokolliert sowie visuell erkennbar durch die Aufbringung der Handelsklasse auf den Schlachtkörper dokumentiert werden (WEINBERG u. BALINGEN-DÜRRWANGEN, 1991).

Bei der Erstellung von Preismasken zur Bestimmung des Handelswertes für Schweinefleisch - ausgehend von einem Basiswert von beispielsweise 56 Prozent Muskelfleischanteil - können Zu- und Abschläge je kg Schweinefleisch bezüglich des relativen Muskelfleischanteils und der Schlachtkörperwarmmasse erhoben werden (KALLWEIT, 1994). Der Autor machte weiterhin darauf aufmerksam, daß im Rahmen von Qualitätsfleisch- und Markenfleischprogrammen zusätzliche Prämien für eine nachgewiesene Sicherung der Produktqualität zahlbar sind.

Zur Charakterisierung und Beurteilung der Schlachtkörperqualität werden nach rechtlich vorgeschriebenen Verfahrensweisen die Schlachtkörperwarmmasse sowie die Speck- und Muskeldicken meßtechnisch erfaßt, um über ein zugelassenes Einstufungsverfahren eine Klassifizierung der Schlachtkörper vornehmen zu können (AID, 1992). Ein in Deutschland zugelassenes und in praxi häufig angewandtes Einstufungsverfahren basiert auf der Nutzung des „Fat-O-Meater“ (FOM)-Gerätes. Das FOM-Gerät ist ein durch die Technische Prüfanstalt in Braunschweig zugelassenes Klassifizierungsgerät (UNTERLUGGAUER, 1991). Dabei werden an festgelegten Meßpunkten seitlich der Rückenmitte über eine fotobeschichtete Meßsonde - nach einem optisch-elektronischen Meßprinzip - die Speckdicke und die Fleischdicke des Rückenmuskels gemessen. Unter Verwendung von zugelassenen Schätzformeln kann der relative Muskelfleischanteil des Schlachtkörpers ermittelt werden. Obwohl Einflußfaktoren wie Genotyp, Geschlecht, Alter etc. in den Schätzformeln berücksichtigt werden, kann es zu Schätzungenauigkeiten kommen. Aus den Untersuchungen von FEWSON et al. (1990) geht hervor, daß der Muskelfleischanteil der Teilstücke Kotelett, Schinken und Schulter eine wesentlich engere Beziehung zum geschätzten Muskelfleischanteil des Gesamtkörpers aufweist als beispielsweise der Muskelfleischanteil des Teilstückes Bauch.

Wertbestimmend für das Teilstück Bauch ist der Muskelfleischanteil. Während fettreiche Bauchteilstücke als Verarbeitungsware zur Wurstherstellung genutzt werden, können diese ab einem Muskelfleischanteil von ca. 50 Prozent als Frischfleisch (Grillsteak, gefüllter Bauch etc.) angeboten werden. Bei mittleren Anteilen des Bauchteilstückes von ca. 14 bis 16 Prozent am Gesamtschlachtkörper ergeben sich durchschnittliche Massen der Bauchteilstücke von 13 bis 15 kg je Schlachtschwein.

Nach SCHMITTEN et al. (1993) können somit Vermarktungsunterschiede von ca. 14 bis 16 DM je Schlachtkörper auftreten, die ein gestiegenes Interesse der Schweinefleischerzeugung und der Schlacht- und Verarbeitungsbetriebe hervorrufen. Dadurch besteht zunehmend die Forderung objektive Methoden bei der Gesamtschlachtkörper- als auch bei der Teilstückbewertung einzusetzen.

Zum Einsatz kommen derzeit schon Verfahren, die auf der Video-Image-Analyse (ESCHENBACHER et al., 1998) beruhen und vollautomatisch den ersten Stufen der Grobzerlegung nachgeschaltet sind. Über Online-Systeme können während der Produktion im Schlacht- und Verarbeitungsbetrieb die objektiv ermittelten Meßwerte zur Schlachtkörperqualität abgefragt werden und stehen für die Analyse nach Lieferant und Qualität sofort zur Verfügung.

Neben der Videobildanalyse, die einen definierten Anschnitt des Schlachtkörpers erfordert (BRANSCHIED u. DOBROWOLSKI, 1996) werden zunehmend nichtinvasive Meßverfahren eingesetzt. Ultraschall A-Scan-Geräte, integriert in vollautomatische Online-Systeme, wurden bereits praxisnah mit positiven Ergebnissen erprobt (BRANSCHIEDT et al., 1997). Aber auch durch die Magnet-Resonanz-Tomographie als zerstörungsfrei messendes, bildgebendes Verfahren konnten experimentell an lebenden Schweinen Gewebezusammensetzungen mit hohen Schätzgenauigkeiten ermittelt werden (BAULAIN, 1996). Die Magnet-Resonanz-Tomographie ist aber vergleichsweise kostenintensiver als Ultraschall-Meßverfahren. Es gibt bereits Entwicklungsansätze, über Ultraschall A-Scan-Verfahren online Muskelfleisch- und Fettausbildung am Schlachtkörper und am lebenden Schwein zu ermitteln (SEIFERT et al., 1998).

2.2 Fleischqualität

Die Fleischqualität ist ein maßgebender Bestandteil der Produktqualität bei der Schweinefleischerzeugung. Dabei wird die Fleischqualität durch die vorliegende Schlachttier- und Schlachtkörperqualität beeinflusst. Aber gleichermaßen haben die vielschichtigen prozessorientierten Einflußfaktoren, wie Handling der Tiere, Transportbedingungen, Schlachttechnologie bis hin zur Lagerung und Konservierung ebenso Auswirkungen auf die Fleischqualität (HOFMANN, 1987; SCHWÄGELE et al., 1990). Aufgrund der Komplexität der einwirkenden Faktoren umschrieb

HOFMANN (1973) die Fleischqualität als einen „...äußerst komplizierten und vielschichtigen Begriffskomplex...“ und verwies in seinen Ausführungen im Jahre 1987 darauf, daß in der Praxis wohl nicht die „totale Qualität“ erfaßt werden kann, sondern je nach Verwendungszweck eine gezielte Auswahl bzw. Bestimmung von Qualitätsfaktoren eines Produktes erfolgen wird.

HOFMANN (1973, 1987) gliederte die Bewertung der Qualität von Fleisch und Fleischwaren in vier Faktorengruppen auf, nämlich in sensorische, hygienische, technologische und Nährwertfaktoren. Gemäß der DIN ISO 8402 wird der Begriff „Qualität“ als Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen, charakterisiert (LEIST u. SCHARNAGL, 1994). Daraus ableitend wurden bei den Ausführungen der Autoren BEUTLING (1992), STEPHAN und UNTERMANN (1994) zusätzlich zu den von HOFMANN (1973, 1987) definierten Faktorengruppen sowohl sensorische Eigenschaften wie Geruch, Geschmack aber auch psychologische Eigenschaften wie Angebotsform, Erfahrungen sowie ethische und religiöse Motive in die Begriffsdefinition miteinbezogen.

Die subjektive Wertschätzung des Verbrauchers hinsichtlich der Gestaltung des Produktionsprozesses nach den Gesichtspunkten des Tier- und Umweltschutzes sowie der Ethik prägt das Kaufverhalten des Konsumenten nicht unwesentlich (KALLWEIT, 1994). Tendenziell gewinnt eine Bezahlung nach Fleischqualitätsmerkmalen an Bedeutung, um ein absatzorientiertes Marketing aufzubauen (EGGERT et al., 1990). Existierende Markenfleischprogramme sind dafür beispielgebend, wie den Verbraucher- und Marktanforderungen nach definierter Prozeß- und Produktqualität entsprochen werden kann (KALLWEIT, 1994; LÜTJENS u. KALM, 1995 b; HAHN, 1996). Trotz der für den Erzeuger vorherrschenden Marktpreisgestaltung, die ausschließlich auf Schlachtkörpermasse und Muskelfleischanteil basiert (KALLWEIT, 1994), wird aber im Rahmen der Wettbewerbsfähigkeit ein entscheidender Anreiz gegeben, Qualitätsprodukte für den Verbraucher und für die Verarbeitung zu erzeugen (EGGERT et al., 1990).

Die Fleischqualität unterliegt einem großem Spektrum von Einflüssen, die überwiegend prämortalen und postmortalen Vorgängen zugeordnet werden. Durch viele Untersuchungen konnte belegt werden, daß die Transportdauer zum Schlachtbetrieb und vor allem die Beladungsdichte das Wohlbefinden und das Streßverhalten der

Tiere beeinflussen können. Daraus resultierende Belastungsgrößen wie Temperatur, Schwülefaktor, Luftregulation im Fahrzeug zeigten nachweisliche Auswirkungen auf die Fleischqualität (LENGERKEN et al., 1977; SCHIEFER u. SCHARNER, 1975; WENZLAWOWICZ, 1994). In den Untersuchungen von POTT (1997) konnte festgestellt werden, daß der Fahrstil (abruptes Bremsen, Kurven) und die Art des Entladens (Hebebühne, Steilheit der Entladerampe) für die Tiere Streßmomente darstellten, die in Form von erhöhter Herzfrequenz und Körpertemperatur meßbar waren. Nach Untersuchungen von MICKWITZ und HEUKING (1990) nahm der Anteil der Tiere mit gemessenen pH-Werten unter 5,6 (45 min p.m) als Ausdruck einer Qualitätsabweichung bei den Tieren mit einer erhöhten Atemfrequenz vor der Schlachtung deutlich zu. MAHARENS et al. (1997) wiesen bei den Tieren mit erhöhten Adrenalinwerten zum Ende der Ruhezeit sowie bei den Tieren mit einer erhöhten Herzfrequenz während der Ruhezeit verringerte pH-Werte (45 min p.m.) um 0,3 bzw. 0,2 Einheiten im Musculus longissimus dorsi (M. long. dorsi) nach. Entsprechend der Ausführungen von LOHSE (1973) beträgt der Anteil der Belastungsmomente auf die Schlachttiere nach dem Transport durch Entladung im Schlachtbetrieb, Aufstallung und Zuführung zur Schlachtung noch 50 Prozent.

Zum Einfluß der Dauer der Warte- bzw. Ruhezeit vor dem Schlachten bestätigte sich in vielen Untersuchungen tendenziell die Aussage, daß sich eine Wartezeit von 1 bis 2 Stunden günstig auf die Fleischqualität auswirken kann (KUCHLING et al., 1969; MICKWITZ u. HEUKING, 1990). Mehrere Autoren verwiesen anhand ihrer Untersuchungen auf eine notwendige zeitliche Begrenzung der Ruhezeit. MICKWITZ und HEUKING (1990) stellten nach einer Zeitspanne von 4 Stunden eine Zunahme der Schlachtkörper mit pH-Werten unter 5,6 (45 min p.m.) fest. WENZLAWOWICZ (1994) konnte bei der Beeinflussung der Fleischqualität durch die Ruhezeitdauer vier Zeitphasen feststellen. Dabei lagen bei Ruhezeiten zwischen 60 und 90 Minuten und über 2 Stunden die gemessenen pH-Werte (45 min. p.m.) niedriger als in der Zeitspanne unter 60 Minuten und zwischen 90 und 120 Minuten. LENGERKEN et al. untersuchten im Jahre 1977 unter vergleichbaren Rahmenbedingungen die Auswirkungen differenziert gewählter Ruhezeitphasen auf die Fleischqualität. Dabei ermittelten sie, daß bei einer sofortigen Schlachtung der Tiere nach dem Transport als auch bei längeren Ruhezeiten über 8 Stunden schlechtere und qualitätsmindernde Werte für die Parameter pH-Wert, Dripverlust und Farbhelligkeit auftraten. Auch in den Untersuchungen von LANDMANN (1970) wurden durch Wartezeiten der ge-

nüchternen Schweine von 20 bis 24 Stunden bei kühlen Umgebungstemperaturen nachteilige Wirkungen auf die pH-Wert-Entwicklung aufgezeigt.

Der Betäubungs- und Entblutungsprozess sind weitere qualitätsrelevante Einflußgrößen. WOLTERSDORF und TRÖGER (1987) wiesen in ihren Untersuchungen darauf hin, daß durch die Art des Betäubens und Entblutens (Technik, Handhabung) die Herausbildung von Fleischqualitätsmängeln begünstigt wird. Dabei hat sich gezeigt, daß die pH-Mittelwerte (45 min p.m, M. long. dorsi) bei im Hängen entbluteten Schlachtkörpern im Vergleich zur Entblutung im Liegen bis zu 0,4 Einheiten niedriger lagen. Ursächlich werden energiezehrende, teilweise heftige Muskelkontraktionen bedingt durch die Aufhängung angeführt. Die Autoren leiteten weiterhin die mittlere Differenz von 0,2 pH-Wert-Einheiten zwischen Zangenbetäubung (200 V) und voll-automatischer Restrainerbetäubung (700 V) auf die Streßbelastung im Treibgang zum Restrainer sowie auf die unterschiedlich hohen Spannungen zurück. TÄNZLER (1997) führte in seinen Untersuchungen als Ursachen für qualitätsmindernde Muskelblutungen zum einen die Stromstärkeschwankungen während der elektrischen Betäubung als auch die histologisch nachweisbaren Vorschädigungen der Muskulatur durch die erhöhte Belastungsempfindlichkeit fleischreicher Schlachtschweine auf. FISCHER und AUGUSTINI (1981) konnten bei Vergleichsuntersuchungen der Schlachthälften feststellen, daß bei über 60 Prozent der Fälle an der aufgehängenen Schlachthälftenseite eine ungünstigere postmortale Qualitätsentwicklung meßbar war. Niedrige pH-Werte und hohe Laktatkonzentrationen erklärten sie über eine beschleunigt ablaufende Glykogenolyse im Muskel der aufgehängenen Hälftenseite; ausgelöst durch reflektorische Zugbewegungen. Bestätigende Ergebnisse erzielten AALHUS et al. (1991) an 71 Schlachttieren. Bei der angewendeten Liegendentblutung waren im Vergleich zur Entblutung hängender Schlachtkörper höhere pH-Werte (40 min p.m.) an beiden Schlachthälftenseiten feststellbar. Auch an der jeweils freibeweglichen Seite der angeketteten Schlachtkörperhälfte konnten im Vergleich zu liegend entbluteten Schlachtkörpern signifikant niedrigere pH-Werte gemessen werden. Die Autoren führten weiterhin aus, daß besonders die Kombination der Art und Weise der elektrischen Betäubung und der Entblutung additiv zu einer Abnahme der Fleischqualität beitragen kann.

Ein erhöhter Energieumsatz im Muskelstoffwechsel beim Schwein - ausgelöst beispielsweise durch Streß oder aufgrund einer genetischen Disposition - induziert einen raschen Umsatz von Glykogen. Der postmortale Muskelstoffwechsel ist nach

FISCHER und AUGUSTINI (1977) durch den Abbau des Substrats Glykogen und die Ansammlung der Milchsäure (Laktat) sowie durch die Energiebereitstellung beispielsweise über den Abbau von Adenosintriphosphat (ATP) gekennzeichnet. Erfolgt der Stoffumsatz normal, tritt nach der Ausschöpfung der Energiereserven der „Rigor mortis“, die Totenstarre ein (BEUTLING, 1992). Es wird darauf verwiesen, daß in der weiteren Phase des „Postrigor“ durch die laktatbedingte Fleischsäuerung und die Einwirkung fleischeigener proteolytischer Enzyme ein Mürbewerden der Fleischstrukturen einsetzt. Bei erhöhtem Energieumsatz tritt neben der postmortalen Milchsäureproduktion auch Wärmeproduktion auf, so daß nach Angaben von GARRIDO und HONIKEL (1995) 45 bis 60 min p.m. 42,5 bis 43,0 °C in der Muskulatur des Hinterviertels gemessen wurden. Diese Temperaturerhöhung über die durchschnittliche Körpertemperatur von 38,5 °C intra vitam kann zu Veränderungen der Membranstrukturen und vorzeitiger Denaturierung der Muskelproteine führen (HONIKEL u. KIM, 1985). MARIBO et al. (1998) erreichten in ihren Untersuchungen durch Absprühen der Schlachtkörper mit 10-12°C temperiertem Wasser 2 h p.m. zum einem eine Temperaturdifferenz zur Kontrollgruppe von 1-2°C sowie eine positive pH-Wert-Entwicklung. Dabei scheint im M. long. dorsi der pH-Wert-Verlauf im Bereich oberhalb von 37°C unabhängig von der Temperatur zu sein. Die Autoren konnten nachweisen, daß die Rate des pH-Wert-Abfalls linear unterhalb einer Temperatur von 37°C abnahm. Positive Effekte der „Sprühkühlung“ auf die Proteindenaturierung und das Wasserbindungsvermögen konnten nur tendenziell, aber nicht signifikant nachgewiesen werden.

Somit kann die Fleischqualität postmortal über die Temperatur als eine bedeutende Prozeßgröße in Form der Schlachtkörpertemperatur bzw. über eine effektive Schlachtkörperkühlung maßgeblich beeinflusst werden (THIEMIG et al., 1997). Eine starke Qualitätsbeeinträchtigung kann beispielsweise eintreten, wenn die Temperatur in schlachtwarmer Muskulatur während der ersten 24 Stunden p.m. im Körpertemperaturbereich bleibt und die Reifung unter Bildung von Schwefelwasserstoff, Buttersäure und Ammoniak als „stickige Reifung“ verläuft (BEUTLING, 1992; STEPHAN u. UNTERMANN, 1994).

Neben mangelnder Kühlung kann auch eine zu drastische Kühlung des Fleisches nach der Schlachtung zu erheblichen Qualitätseinbußen führen. Dabei wird die Auffassung vertreten, daß bei überstürzter Temperaturniedrigung eine übermäßige Verkürzung und Kontraktion der Muskulatur bewirkt werden kann (HAMM, 1976;

STEPHAN u. UNTERMANN, 1994). Diese Charakteristika des sogenannten „Cold Shortening“ als auch die Eiskristallbildung beim Einfrieren bedingen negative qualitative Veränderungen des Produktes Fleisch wie Zähigkeit und schlechtes Wasserbindungsvermögen (KALLWEIT et al., 1988).

2.3 Fleischqualitätsmängel

2.3.1 PSE-Fleisch

PSE-Fleisch wird durch die typischen Eigenschaften Pale (blaß), Soft (weich) und Exudative (wäßrig) geprägt und mindert die Produktqualität entscheidend (HONIKEL u. KIM, 1985; WIRTH, 1985).

Das Vorkommen von PSE-Fleisch in Deutschland gab WIRTH (1978, 1985) mit durchschnittlich 15 bis 30 Prozent an.

In Anlehnung an OELKER (1996) lassen sich die entscheidenden Merkmale, die prädisponierend für die Entstehung von PSE-Fleisch sind (s. 2.4) zusammenfassend darstellen :

- Genetisch bedingte Zunahme weißer Muskelfasern, besonders in der Schinken- und Kotelettmuskulatur,
- Unzureichende Sauerstoffversorgung der durch einen großen Faserdurchmesser gekennzeichneten weißen Muskelfasern,
- Aufgrund prämortaler Belastungszustände ausgelöstes Energiedefizit vor dem Schlachten,
- Anhäufung großer Mengen Milchsäure in der Muskulatur und im Blut vor dem Schlachten über die anaerobe Glykolyse aufgrund unzureichender Kompensationsmechanismen,
- Endokrine Fehlregulationen infolge genetischer Variabilität auf der Rezeptorebene (ROGDAKIS et al. 1979; FABER et al., 1983),
- Malignes Ansteigen der Körpertemperatur vor der Schlachtung sowie unter den Belastungen der Betäubung und des Blutentzuges,

- Denaturierung der Muskeleiweiße und Muskelzellmembranveränderungen infolge schnellen subnormalen pH-Wert-Abfalls innerhalb 1 Stunde nach der Schlachtung bei Fleischtemperaturen um 40 °C.

Die Autoren HONIKEL und KIM (1985) kamen nach intensiven ursächlichen Untersuchungen für die Qualitätsabweichungen zu dem Schluß, daß besonders die Muskelzellmembranveränderungen die Wäßrigkeit von PSE-Fleisch hervorrufen können. Weiterhin führten sie die typisch blasse Farberscheinung auf die starke Denaturierung von Sarkoplasma- und Myofibrillenproteinen bei PSE-Fleisch zurück.

Die herabgesetzte Wasserbindungskapazität von PSE-Fleisch kann nicht nur die sensorischen, sondern auch die verarbeitungstechnologischen Eigenschaften des Fleisches und die Ausbeute negativ beeinflussen (HONKAVAARA, 1989). Nach HOFMANN (1987) stellt PSE-Fleisch bezüglich des Nährwertes keine Normabweichung dar. Der Autor verwies aber darauf, daß PSE-Fleisch sowohl für den Frischfleischverzehr als auch für die Brühwurst- und Dosenschinkenherstellung ungeeignete Verarbeitungseigenschaften aufweist. Zur gezielten Verarbeitung - teils mit „Normalfleisch“ vermengt - kann PSE-Fleisch für Erzeugnisgruppen wie Rohwurst, Rohschinken oder Trockenfleisch Verwendung finden (WIRTH, 1985; HOFMANN, 1987).

2.3.2 DFD-Fleisch

DFD-Fleisch wird durch die Eigenschaften Dark (dunkel), Firm (fest) und Dry (trocken) charakterisiert und kann nach Angaben von WIRTH (1978, 1985) im Durchschnitt aller Schlachtungen in Deutschland mit 5 bis 10 Prozent angenommen werden.

Neben einer genetischen Disposition können besonders starke Erregungs- und Erschöpfungszustände der Tiere kurz vor der Schlachtung die Ursache für vergleichbar geringe Glykogenvorräte ante mortem sein (KALLWEIT et al., 1988). Zum Zeitpunkt der Schlachtung sind die glykolytischen und oxidativen Stoffwechselprodukte Laktat und Kohlendioxid zum größten Teil metabolisiert und aus dem Muskel ins Blut übergegangen (POTTHAST u. HAMM, 1976). Nach Aussagen von WIRTH (1978) kann bei DFD-Fleisch die Glykolyse verzögert oder verkürzt ablaufen. Als Folge einer ungenügenden Fleischsäuerung sind End-pH-Werte über 6,2 meßbar. HONIKEL

(1993) verwies in diesem Zusammenhang auf die sehr gute Wasserbindung von DFD-Fleisch und andererseits aber auf die erhöhte Anfälligkeit für den mikrobiellen Verderb. DFD-Fleisch zeigte sich im Unterschied zu PSE-Fleisch aufgrund der geringen Eiweißschädigung für Verarbeitungsverfahren, die eine gute Wasserbindung voraussetzen (Brühwurst, Kochpökelfleisch, Bratenfleisch), als sehr gut geeignet (HOFMANN, 1987). Weiterhin konnte durch Bratversuche aufgezeigt werden, daß DFD-Fleisch nach dem Kurzbraten aufgrund der geringeren Wasserlässigkeit besonders saftig und zart war (WIRTH, 1985).

2.3.3 Weitere qualitative Abweichungen

– RSE- und PFN-Fleisch

CHEAH et al. (1998) beschrieben in ihren Untersuchungen u.a. eine weitere, relativ selten auftretende bzw. wenig beschriebene Qualitätsabweichung für Schweinefleisch. Dabei handelte es sich um Fleisch mit den Charakteristika Reddish-pink (rot), Soft (weich) und Exudative (wässrig) - **RSE**. Die Autoren untersuchten zu dieser Problematik hinsichtlich der genetisch determinierten Streßanfälligkeit homozygot negative (NN) und heterozygot negative (NP) Tiere. Es zeigte sich, daß RSE-Fleisch 1 Stunde nach der Schlachtung pH-Werte über 6,0 und somit signifikant niedrigere Werte als normales Fleisch hatte und ein mit 7 Prozent doppelt so hoher Tropfsaftverlust als bei „Normal“-Fleisch sowie keine Farbveränderungen feststellbar waren. Anhand von Biopsie-Proben aus dem M. long. dorsi wurde nachgewiesen, daß bei Tieren mit RSE-Eigenschaften eine höhere Glykolysegeschwindigkeit auftrat. Der pH-Abfall war allerdings signifikant niedriger als bei Fleisch von Tieren, welches später PSE-Eigenschaften aufwies. Es wurde anhand der Untersuchungen von CHEAH et al. (1998) herausgestellt, daß der hohe Tropfsaftverlust erst bei der weiteren Lagerung ersichtlich wird und die rote Fleischfarbe den Fleischqualitätsmangel „kaschiert“. Deshalb ist eine Identifizierung von RSE-Fleisch bisher nur über eine Untersuchung des Muskelbioplates möglich. KAUFFMAN et al. (1993) beschrieben in ihren Untersuchungen anhand der Farbhelligkeit, Festigkeit und Wasserbindung zum Zeitpunkt 24 bis 48 Stunden p.m. neben PSE-, RSE- und DFD- auch noch **PFN-**

Fleisch für Pale-pinkish gray (bleich, rosagrau), Firm (fest) und Non-exudative (nichtwäßriges) sowie **RFN**-Schweinefleisch mit den Eigenschaften Reddish-pink (rötlich-rosa), Firm (fest) und Non-exudative (nichtwäßrig).

– Hampshire-Effekt

Der Hampshire-Effekt, der als Qualitätsmangel bei Reirasse- als auch bei Kreuzungstieren gleichnamiger Rasse auftreten kann, zeichnet sich durch einen sehr niedrigen End-pH-Wert (24 h p.m.) aus (KRIETER et al. 1990, FEDDERN et al., 1994).

Nach Aussagen von LOOFT et al. (1996) deuten Untersuchungen darauf hin, daß ein durch die Rasse Hampshire dominant vererbbares Gen (RN⁻), welches nach dem Verfahren (Rendement Napole) benannt wurde, mit dem die Ausbeute bei der Kochschinkenherstellung bestimmt wird - verantwortlich für qualitative Abweichungen sein kann. Dabei wurde vermutet, daß durch dieses Gen das glykolytische Potential in der Muskulatur dieser Tiere beeinflussbar ist.

Weiterhin konnte durch Untersuchungen von FEDDERN et al. (1995) bei Reirasse- oder auch Kreuzungstieren der Rasse Hampshire ein vergleichsweise kleiner Muskeldurchmesser sowie ein geringerer Anteil weißer und ein hoher Anteil roter Muskelfasern im M. long. dorsi und in der Schinkenmuskulatur nachgewiesen werden. Durch das hohe glykolytische Potential - 30 bis 70 Prozent höhere Glykogengehalte im lebenden Muskel (HONIKEL, 1993; EBER u. MÜLLER, 1998) - und die hohe oxidative Kapazität der Muskelfasern (überwiegend roter Muskelfasertyp) kann der dem „Hampshire-Faktor“-typische pH-Verlauf mit hohen frühpostmortalen und niedrigen pH 24 Stunden p.m.-Werten ausgelöst werden (MONIN u. SELIER, 1985; WASSMUTH u. GLODEK, 1992). In der Untersuchung von FEDDERN et al. (1994) ließ sich der Hampshire-Effekt zum Zeitpunkt 24 Stunden p.m. durch den typischen pH-Verlauf und durch ein schlechtes Wasserbindungsvermögen - gekennzeichnet durch den signifikant höchsten Dripverlust mit 9 Prozent - erkennen. Dagegen waren zu diesem Zeitpunkt die Merkmale Leitfähigkeit und Fleischfarbe weniger aussagekräftig.

Verarbeitungstechnologisch kann durch den Hampshire-Effekt die Fleischqualität aufgrund der nachgewiesenen verringerten Ausbeute bei der Kochschinkenherstellung sowie der deutlich höheren Kochverluste erheblich gemindert werden (EBER u.

MÜLLER, 1998). So zeigten die Untersuchungen von FEDDERN et al. (1994), daß beispielsweise bei der Verarbeitung des Fleisches eines Schweines mit und ohne Hampshire-Gen-Effekt bei vergleichbarer Schlachtkörperqualität (55 Prozent Muskelfleischanteil und 80 kg Schlachtkörperwarmmasse) unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Kochverluste eine Differenz von 1,3 kg Fleisch auftrat.

In einer Versuchsreihe mit vorwiegender visueller und sensorischer Untersuchung von Kochschinken-Fertigprodukten wurden die Produkte der Gruppe ohne das RN-Gen höherwertig beurteilt (EBER und MÜLLER, 1998).

2.4 Einfluß züchterischer Maßnahmen, spezieller extensiver Haltungsfornen sowie tiergesundheitslicher Aspekte auf die Schlachttierqualität, die Schlachtkörperqualität und die Fleischqualität

Bedingt durch die Nachfrage des Marktes wurde in der vergangenen Zeit besonderes züchterisches Augenmerk auf einen hohen Magerfleischanteil der Schlachttiere gelegt. Allerdings konnte durch zahlreiche Untersuchungen belegt werden, daß genetisch bedingt mit zunehmendem Fleischanteil ein Merkmalsantagonismus zur Fleischqualität geprägt wird (WICKE et al., 1991; FEWSON et al., 1993; MATTHES u. SCHWERIN, 1995).

In diesem Zusammenhang war die Isolierung des MHS-Gens (Malignes Hyperthermie Syndrom) ein entscheidender Schritt, um die Streßanfälligkeit beim Schwein detaillierter untersuchen und bestimmen zu können. Durch das entwickelte Verfahren ist es möglich, Träger des Defektgenes (P) von den Tieren mit intaktem Gen (N) zu differenzieren (MATTHES u. SCHWERIN, 1995). Das MHS-Gen induziert durch eine veränderte Aminosäuresequenz des Ca²⁺-Release-Kanal-Membran-Proteins (Ryanodin-Rezeptor-Protein) einen Membrandefekt im Muskelstoffwechsel. Bei MHS-positiven Tieren bewirken Stressoren einen unkontrollierten Ca²⁺-Einstrom in das Myoplasma als das entscheidende Stimulans zur Muskelkontraktion und zum Glykogenabbau. Der Ca²⁺-Rückfluß zur Lösung der kontraktiven Elemente ist energieabhängig. Bei unzureichender Energiebereitstellung kommt es einerseits zu einer verzögerten Kontraktionsaufhebung sowie durch nachgeschaltete anaerobe Energiefreisetzung (Glykogenolyse) zur Anhäufung von Metaboliten, wie z.B. Laktat (CLAUS, 1996). Als Folge der beschleunigt ablaufenden postmortalen Stoffwechsel-

prozesse tritt neben der Temperaturerhöhung im Muskel eine schnelle pH-Wert-Erniedrigung mit einer negativen Beeinflussung der Fleischqualität (BICKHARDT, 1988) ein.

Vor Einführung des MHS-Gen-Tests wurde die Streßstabilität bei Schweinen über die Wirkung des Stressors Halothan hinsichtlich des Kontraktionsverlaufs im sogenannten Halothan-Test geprüft. Durch den Halothan-Test sind streßempfindliche Schweine aufgrund ihrer genetischen Veranlagung zum MHS-Syndrom phänotypisch erkennbar (WITTMANN et al., 1993). Dabei reagieren diese Tiere nach einer kurzen Halothan-Narkose aufgrund einer Störung des intrazellulären Ca^{2+} -Transportes mit Hyperthermie und Muskelkrämpfen (BICKHARDT, 1988).

Der MHS-Gen-Test wird seit 1992 als züchterisches Instrumentarium zur Selektion auf Streßstabilität genutzt (SCHMITTEN, 1993). Dabei konnten die Ergebnisse der Untersuchungen mittels Halothan-Test hinsichtlich der Streßlabilität besonders fleischreicher Rassen wie der Rasse Pietrain bestätigt werden. GLODEK et al. (1994) haben an einer umfangreichen Stichprobe die Kreuzungseignung zwischen gesamtdeutschen Gebrauchsschweinerassen hinsichtlich der Zucht-, Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischqualität untersucht. Dabei wurden die drei Rassen Deutsche Landrasse, Deutsches Edelschwein und das Deutsche Sattelschwein - gewertet nach der besonders guten Fruchtbarkeits- und Aufzuchtperformance - bestätigend als Muttertierrassen eingeordnet. In der Auswertung der Mast- und Schlachtleistung nahmen die Rassen Deutsche Landrasse und Deutsches Edelschwein eine fundierte führende Position ein. Die Rasse Deutsches Sattelschwein dagegen mußte aufgrund der züchterisch urwüchsig belassenen Eigenschaften und der vorliegenden extensiven Haltungform im Rassenvergleich gesondert betrachtet werden. Diese Rasse wird auch nur in Spezialprogrammen geführt (GLODEK et al., 1994; MATHES, 1996).

In den Untersuchungen von WITTMANN et al. (1993) wurde auf eine noch vorhandene Streßlabilität der Deutschen Landrasse hingewiesen. Durch Bestimmung des MHS-Genotyps an 229 Kastraten der Deutschen Landrasse wurden ca. 18 Prozent als reinerbig streßempfindlich (PP), ca. 30 Prozent als reinerbig streßstabil (NN) und ca. 52 Prozent als mischerbig streßempfindlich (NP) eingestuft. Diese Ergebnisse werden durch die rassenvergleichenden Untersuchungen zur Fleischqualität durch GLODEK et al. (1994) bestätigt. Am streßstabilsten zeigte sich das Deutsche Edelschwein, gefolgt von der Deutschen Landrasse. Die Rasse Deutsches Sattelschwein

wies mit ca. 13 Prozent (n=93) eine erstaunlich hohe PSE-Rate auf. Weiterführend wurden in dieser Untersuchungsreihe die Vatertierrassen Pietrain und Hampshire hervorgehoben. Im Gesamtvergleich bestätigte sich die Rasse Pietrain als fleischreichste aber gleichzeitig als die Rasse mit der schlechtesten Fleischqualität bzw. mit der höchsten PSE-Rate. Unter Beachtung des Hampshire-Faktors wurde die Rasse Hampshire (Ha) als eine streßstabile Vatertierrasse bewertet und in Kreuzung mit der Rasse Pietrain (Pi) als eine wettbewerbsfähige Vaterkombination zur Erzeugung vitaler und ausgeglichener Endprodukte mit allen Muttertierrassen beurteilt. Die amerikanische Importrasse Duroc zeigte gleichwertig zur Rasse Deutsches Edelschwein eine sehr gute Streßstabilität, lag aber in allen anderen Leistungskriterien hinter dem Deutschen Edelschwein.

Nach THOLEN (1996) kann durch den Einsatz von MHS-saniierten Mutterlinien der Anteil mit extremen Fleischqualitätsmängeln auf 5 bis 10 Prozent gesenkt werden. Andererseits wurden durch die fleischanteilsbedingten Erlösvorteile überwiegend mischerbige, streßempfindliche Endproduktnachkommen erzeugt. Durch den anzustrebenden Einsatz eines reinerbig, streßstabilen Pietrain- oder HaxPi-Ebers zugunsten einer guten Fleischqualität gibt der Autor für die Nachkommen eine Verschlechterung der Schlachtleistung von ca. 1 Prozent an.

Die konsequente Selektion auf sehr fleischreiche Schlachtkörper hat neben der angestrebten Depotfett- und Speckabnahme auch zu einer Verringerung des Intramuskulären Fettgehaltes (IMF) geführt (KIRCHHEIM et al., 1996). Bedingt durch diesen nachgewiesenen Merkmalsantagonismus liegen die durchschnittlichen Werte für den IMF bei praxisüblichen Schweineherkünften so niedrig, daß der Genußwert und die Verzehrsqualität negativ beeinflußt werden (CLAUS, 1996).

Der sensorisch wirksame Schwellenwert ist umstritten. Während EIKELNBOOM et al. (1996 b) keinen statistisch gesicherten und für eine gute Verzehrsqualität notwendigen Schwellenwert festlegen konnten, wurde der IMF-Schwellenwert mit positiven Auswirkungen auf Zartheit und Geschmack des Fleisches in anderen Untersuchungen im Bereich von 2,0 bis 2,5 Prozent angegeben (MEYER, 1991; KALLWEIT u. BAULAIN, 1995; KIRCHHEIM et al., 1996).

Vergleichende Untersuchungen zum IMF verschiedener praxisüblicher Schweineherkünfte haben gezeigt, daß die Mehrzahl unter dem angestrebten Wert von 2,0 Prozent lagen (GLODEK et al., 1993). Weiterführende Untersuchungen bestätigten den Merkmalsantagonismus insofern, daß sehr fleischreiche Herkünfte wie

Pietrain und auch Pietrainkreuzungen, sehr niedrige IMF-Werte um 0,8-1,0 Prozent (MEYER, 1991; GLODEK et al., 1993; STEINBERG et al., 1996) aufwiesen, gefolgt von den Rassen Deutsche Landrasse und Deutsches Edelschwein mit Werten um 0,9-1,0 Prozent (HOFER u. SCHWÖRER, 1996; KALLWEIT et al., 1996). Dagegen zeigte die Rasse Duroc als streßstabile Vatertierrasse vergleichsweise hohe IMF-Werte um 2,0 Prozent auf (GLODEK, 1996). Durch vergleichende Studien kamen die Autoren HOFER und SCHWÖRER (1996) zu dem Schluß, daß der Antagonismus zwischen IMF und der Fleischigkeit des Schlachtkörpers stärker zu sein scheint, je höher der Fleisch- bzw. je tiefer der IMF-Anteil in einer Population vorliegt.

Ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt zur Beeinflussung der Fleischqualität aus züchterischer Sicht ist neben der genetischen Variabilität des Muskelfleischanteils der Zusammenhang zur Muskelfaserstruktur. Es konnte nachgewiesen werden, daß zwischen der Muskelfaserstruktur, der Streßempfindlichkeit und der Fleischqualität enge Zusammenhänge bestehen (RATHFELDER, 1991). Im Wachstumsverlauf der Tiere bleibt nach Aussagen von WEGNER et al. (1985) die Muskelfasergesamtzahl, als genetisch determiniertes Merkmal, annähernd konstant. Dagegen nimmt aber der Muskelfaserdurchmesser in gleichem Maße wie die Muskelmasse bzw. der Fleischanteil zu. Mit zunehmendem Muskelfaserdurchmesser ist aufgrund geringerer Kapillardichte das Verhältnis zwischen An- und Abtransport von Sauerstoff und Stoffwechselprodukten (z.B. Laktat) gestört und spiegelt sich in niedrigen frühpostmortalen pH- und auffälligen Leitfähigkeitswerten im Sinne einer schlechten Fleischqualität wider (ESSEN-GUSTAVSSON et al., 1992).

Neben dem Muskelfaserdurchmesser spielt auch der Muskelfasertyp eine entscheidende Rolle. In den Referenzmuskeln für Fleischansatz und Fleischqualität, dem M. long. dorsi und dem Musculus semimembranosus (M. semimem.) ist der weiße Muskelfasertyp der vorherrschende (MONIN et al., 1987). Entscheidend sei weiterhin, wie die Energiebereitstellung in den einzelnen Muskelfasertypen abläuft. Während beim roten Fasertyp die oxidative Energiebereitstellung überwiegt, liegt bei einem hohen Anteil weißer Fasern die glykolytische Energiebereitstellung vor. Auch FEDDERN et al. (1995) ermittelten bei einem hohen Anteil weißer Muskelfasern ein verringertes oxidatives Potential zur Energiebereitstellung. Dadurch kann sich bei erhöhten Belastungen der Tiere durch Streßsituationen die Gefahr einer Stoffwechselentgleisung mit negativen Auswirkungen auf die Fleischqualität erhöhen. Auch WEGNER und ENDER (1990) konnten anhand histologischer Untersuchungen an

Muskelbiopsaten nachweisen, daß beim lebenden Schwein typische Wachstumsphasen der roten, intermediären und weißen Muskelfasern auftreten. Dabei konnte im M. long. dorsi der weiße Muskelfasertyp als der vorherrschende dargestellt werden. Bei Tieren mit PSE-Eigenschaften war der Faserdurchmesser aller drei Muskelfasertypen um ca. 10 Prozent dicker.

Einen vergleichsweise kleinen Muskelfaserdurchmesser weißer und einen hohen Anteil roter Muskelfasern im M. long. dorsi hatten nach FEDDERN et al. (1995) Reirasse- aber auch Kreuzungstiere der Rasse Hampshire, so daß die Energiebereitstellung für den Muskelstoffwechsel überwiegend von der Glykogenolyse unberührt vollzogen werden kann. Daraus resultierend liegen zu frühpostmortalen Meßzeitpunkten aufgrund des hohen, unverbrauchten glykolytischen Potentials die pH-Werte im normalen Bereich, und es kommt dann erst im weiteren Verlauf der Fleischreifung zu drastischen Abfällen der pH-Werte 24 h p.m. - auch als „Hampshire-Effekt“ (s. 2.3.3) bezeichnet (MONIN et al., 1986; WASSMUTH u. GLODEK, 1992).

Neben herkunftsbedingten Faktoren spielen auch der Gesundheitsstatus der Schlachttiere sowie eine tier- und umweltgerechte Haltungsform eine entscheidende Rolle bei der Sicherung der Produktqualität in der Schweinefleischerzeugung (SCHMITTEN, 1993).

In einer umfangreichen Untersuchung von LÜTJENS und KALM (1995a) wurde aufgezeigt, daß Tiere, die mit einem einheitlichen bzw. bekannten Gesundheitsstatus eingestallt und gemästet wurden, weniger krankheitsanfällig waren. Der dadurch erzielbare reduzierte Medikamenteneinsatz entspricht den Verbraucherforderungen nach Rückstandsarmut der Produkte. Die Art und Schwere von Faktorenkrankheiten haben nach Untersuchungen von BLAHA und BLAHA (1995) sowie HOY (1998) einen signifikanten Einfluß auf die Mast- und Schlachtleistung. Bei vergleichbaren Haltungseinflüssen zeigten lungengesunde Schweine eine bis 14 kg höhere Mastendmasse als altersgleiche Tiere mit hochgradigen Lungenveränderungen (HOY, 1998). Auch DOEDT et al. (1996) konnten durch umfangreiche Untersuchungen nachweisen, daß die Schlachtkörper mit Krankheitsbefunden eine um 0,6 kg geringere Schlachtmasse sowie eine geringere Speck- und Fleischdicke aufwiesen. In diese Auswertung gingen alle am Schlachtband erhobenen Krankheitsbefunde gleichwertig ein, wobei Lungenveränderungen mit ca. 24 Prozent den größten Anteil hatten. Während BLAHA und BLAHA (1995) durch weitergehende Untersuchungen

einen kausalen Zusammenhang zwischen Tiergesundheit (Lungenveränderungen) und Fleischqualität aufzeigten, konnte HOY (1998) den direkten Einfluß von Lungenkrankungen auf die Fleischqualität - gemessen durch den pH-Wert 45 min p.m. - nicht feststellen. Es wurde aber generell herausgestellt, daß erkrankte Tiere Belastungen wie Transport, Warte- und Nüchterungszeiten im Schlachthof schlechter kompensieren. Resultierende Fleischqualitätsmängel beeinflussen die Produktqualität negativ; verbunden mit Erlös- und Imageeinbußen für den Erzeuger und Schlachtbetrieb gleichermaßen (HAMBÜCHEN, 1998). In diesem Zusammenhang wurde bereits vor mehr als 10 Jahren neben dem Aufbau von vertikalen Verbundsystemen innerhalb von Produktionsstufen auch der verstärkte Ausbau von Informationssystemen, beispielsweise der Rücklauf der am Schlachtband erhobenen Organbefundungen zum Erzeugerbetrieb, gefordert (BURSCH, 1986; FRANKE, 1986; BLAHA u. BLAHA, 1995).

Auch der Verbraucher fordert zunehmend mehr Informationen über die Herkunft und Haltung der Tiere sowie über die Qualität der Produkte (HAMBÜCHEN, 1998). Diesem Trend wird seit einigen Jahren durch die Etablierung von Erzeugergemeinschaften und Markenfleischprogrammen mit integrierten Qualitäts- und Prüfbestimmungen (SCHMITTEN, 1993) sowie alternativen, ökologischen Produktionsformen entsprochen.

Ein Beispiel dafür ist die *Scharrelschweinehaltung*, die verschiedenen Anforderungen der „Internationalen Scharrelschweinefleischkontrolle“ gerecht werden muß. Nach Ausführungen von VAN DER WAL (1993) beinhalten diese Vorgaben einen definierten Genotyp, die Gruppenhaltung mit Auslauf und Liegeräumen mit festem Boden und Einstreu, die ad libitum Fütterung mit definierten Futterinhaltsstoffen sowie Zusatzverbote für Antibiotika und Wachstumsförderer. Die Richtlinien für die Haltung von „Scharrelschweinen“ wurden in Holland auf Initiative von Verbraucher- und Tierschutzverbänden und in Zusammenarbeit mit dem Berufsverband der Schlachter erarbeitet. Die Zielstellung der „Scharrelschweinehaltung“ wird durch den Autor so formuliert, daß neben einer tierartgerechteren Haltungsform einerseits eine Imageaufwertung für die Schweinefleischerzeugung und andererseits eine Verbesserung der Fleischqualität erreicht werden kann. Hierzu hat VAN DER WAL (1993) eine Vergleichsuntersuchung zwischen intensiv gehaltenen und gemästeten Schweinen und „Scharrelschweinen“ zur Schlachtkörper- und Fleischqualität durchgeführt.

Zwischen beiden Haltungsformen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede sowohl in der Schlachtkörperqualität (Schlachtkörpermasse, relativer Muskelfleischanteil, Rückenspeckdicke) als auch in der Fleischqualität (pH 45 min p.m., pH 24 h p.m.) und Sensorik (Zartheit, Saftigkeit).

Gleichartige Untersuchungen erfolgten zur Charakterisierung der Produktqualität des deutschen Markenfleischprogrammes *Neuland*. Dieses Markenfleischprogramm schreibt ähnlich wie die Scharrelschweinehaltung genau definierte tierschutzbezogene Leitlinien für Haltung, Fütterung und Schlachtung vor. Aus der Veröffentlichung von JATURASITHA et al. (1998) ist zu entnehmen, daß Schlachtkörper aus dem „Neuland-Programm“ im Vergleich zu einer konventionell gehaltenen und gemästeten Kontrollgruppe signifikant schwerer und fetter waren. In Anbetracht des Grenzgebietes für PSE mit pH 45 min p.m. < 5,6 konnte für die „Neuland-Tiere“ eine signifikant niedrigere PSE-Häufigkeit ermittelt werden, obwohl in den Kontrollbetrieben bewußt streßresistente Genotypen verwendet wurden. Auch nach Untersuchungen von KREUZER et al. (1994) lag die PSE-Rate im „Neuland-Programm“ vergleichsweise niedriger. Als Ursache sahen die Autoren den vorgeschriebenen Einsatz mindestens eines Elternteils mit nachgewiesener halothan-negativer Vererbung an.

Günstige Eigenschaften des „Neuland-Fleisches“ wie Zartheit, Saftigkeitsvermögen und Fettfestigkeit erwiesen sich nach den Untersuchungen von JATURASITHA et al. (1998) bei der Vermarktungs- und Verarbeitungsfähigkeit als Vorteile. Während der Gehalt von Fett, Cholesterin sowie von ungesättigten Fettsäuren im Fleisch vergleichsweise ungünstiger lag als bei den Kontrolltieren. Weiterhin führte die Autorin zugleich die positiven Effekte der „Neuland-Tiere“ weniger auf die Freilandhaltung als vielmehr auf die gezielte Auswahl des Genotyps, teils aber auch auf die Fütterung und auf die besonders schonende Behandlung der Tiere vor dem Schlachten zurück. Anhand der Untersuchungen von BEYER (1975), VAN DER WAL (1993) sowie STOLL und HILFIKER (1995) konnte aufgezeigt werden, daß bei Haltungsformen, die den Tieren erdnahen Auslauf bieten, der Befall mit Endoparasiten insbesondere der Spulwurmbefall drastisch anstieg und bei mangelnder Prophylaxe neben Leistungseinbußen ein gesundheitliches Risiko für Mensch und Tier darstellen kann.

2.5 Ausgewählte Meßparameter zur Bestimmung der Fleischqualität

2.5.1 Der pH-Wert

Die Buchstaben pH stehen als Kurzform für „pondus Hydrogenii“. Dabei wird die Menge des Wasserstoffs bzw. die Konzentration der Wasserstoffionen bezogen auf 1 Liter Substanz meßtechnisch ermittelt (REICHERT, 1996).

Der pH-Wert ist als negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration definiert. 10^{-7} Wasserstoffionen kennzeichnen den Neutralpunkt bzw. den Grenzwert zwischen saurem und basischem Bereich. Die pH-Wertskala umfaßt einen Bereich zwischen 0 und 14 Einheiten (KALLWEIT et al., 1988). Intra vitam liegt der pH-Wert in der Muskulatur im Bereich von 6,8 bis 7,2 (WIRTH, 1978; BEUTLING, 1992).

Bestimmt durch die Tierart und den Muskeltyp nimmt der pH-Wert temperatur- und zeitabhängig durch die postmortale Laktatbildung in kurvenförmiger Weise ab (REICHERT, 1996). Der Prozeß der Fleischsäuerung ist anhand der pH-Wert-Verläufe beurteilbar (FISCHER u. AUGUSTINI, 1977). Dabei stellt sich bei Schweinefleisch mit normgerechter Beschaffenheit der End-pH-Wert von etwa 5,4 bis 5,8 nach ca. 6 bis 12 h p.m. ein. Dagegen kann bei PSE-Fleisch dieser Vorgang bereits nach 1 h p.m. vollzogen sein (WIRTH, 1978; HONIKEL, 1993).

In der *Allgemeinen Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Untersuchungen nach dem Fleischhygienegesetz (VwVFIHG) vom 11.12.1986 [Bundesanzeiger Nr.238 a vom 23.12.1986]* werden Richtwerte für eine abnorme Fleischsäuerung beim Schwein angegeben. Bei pH-Werten von 5,6 und niedriger liegt zum Zeitpunkt 45 min p.m. eine „beschleunigte Glykolyse“ (M. long. dorsi) und bei pH-Werten 6,2 und höher zum Zeitpunkt 24 h p.m. eine „verzögerte oder unvollständige Glykolyse“ (M. long. dorsi) vor.

Diese Grenzwertfindung für den pH-Wert 45 min p.m. hinsichtlich einer qualitativen Einstufung des Fleisches konnte in zahlreichen Arbeiten bestätigt werden. Aus der Literaturübersicht zu dieser Problematik bei WENZLAWOWICZ (1994) ist ersichtlich, daß durch Messungen im M. long. dorsi neben der Einstufung von PSE-Fleisch (pH 45 min p.m. $\leq 5,6$) und DFD-Fleisch (pH 24 h p.m. $\geq 6,2$) noch ein Übergangsfeld zum PSE-Bereich (pH 45 min p.m. 5,61-5,79) charakterisiert werden konnte.

BENTLER (1972) und SCHEPER (1978) kamen zu dem Schluß, daß PSE-Fleisch anhand der pH-Wert-Messung nur unmittelbar nach der Schlachtung nachzuweisen ist und daß pH-Wert-Messungen am Tage nach der Schlachtung keine Unterscheidung zwischen „Normal“-Fleisch und „PSE“-Beschaffenheit mehr zulassen. Auch THIEMIG et al. (1997) bestätigten in ihrer Methodendiskussion, daß der pH-Wert zum Zeitpunkt 45 min p.m. die aussagekräftigste Meßmethode in bezug auf die PSE-Bestimmung ist.

WIRTH (1978) verwies in seiner Arbeit auf die auftretenden Unterschiede des pH-Wertes zwischen den verschiedenen Muskelgruppen des Schlachtkörpers und auch zwischen den gleichen Muskelpartien der beiden Schlachtkörperhälften von bis zu 0,3 pH-Wert-Einheiten. Aufgrund der Tatsache, daß bei vergleichenden Messungen im M. semimem. nur etwa ein Drittel der Schlachtkörper erfaßt wurden, die im M. long. dorsi PSE-Eigenschaften aufwiesen, wird hauptsächlich der M. long. dorsi als Leit- bzw. Referenzmuskel genutzt (SCHEPER, 1973; THIEMIG et al., 1997).

In Untersuchungen zur Aussagekräftigkeit des pH-Wertes zu anderen strukturellen Veränderungen in der Muskulatur während des Reifungsvorganges im Schweinefleisch konnte verdeutlicht werden, daß mit steigendem pH 45 min p.m.-Wert das Wasserbindungsvermögen der Muskulatur zunahm (FELDHUSEN et al., 1987; JAUD et al., 1992). Somit konnten in mehreren Untersuchungen Zusammenhänge zwischen pH-Wert und sensorischen sowie verarbeitungstechnologischen Faktoren der Fleischqualität wie Fleischfarbe, Zartheit, Saftigkeit, Tropfsaft- und Kochverlust, Pökelbereitschaft etc. aufgezeigt werden (SCHEPER, 1973; LÜTJENS u. KALM, 1995b; EIKELBOOM et al., 1996 a). Nach REICHERT (1996) ist Kochschinkenherstellern beispielsweise die Ermittlung der pH 24 h p.m.-Werte im M. semimem. zu empfehlen, um die Schinken nach Gewicht und pH-Wert in Klassen einteilen und eine homogene Charge bei der Produktion gewährleisten zu können. Zusätzlich könnte nach Aussage des Autors eine Lieferantenbewertung hinsichtlich der gelieferten Produktqualität erfolgen.

Diese Forderung konnte auch in den Untersuchungen von MÜLLER (1991) belegt werden, da sich nachweislich mit steigendem pH-Wert nicht nur die Ausbeute bei der Kochschinkenherstellung erhöhte, sondern auch die Anzahl der Scheiben mit Poren und Löchern bzw. die Größe der Löcher sowie der Saftaustritt deutlich abnahmen. Um eine gute Produktqualität zu erreichen, sollten nach den Untersuchungsergeb-

nissen von MÜLLER (1991) die Rohlinge zur Kochschinkenproduktion pH-Werte (24 bis 48 h p.m.) im Bereich von 5,8 bis 6,4 aufweisen.

2.5.2 Die elektrische Leitfähigkeit

Medien, in deren „Innerem“ Ladungsträger frei beweglich sind, vermögen elektrischen Strom zu leiten. Zur Charakterisierung der elektrischen Leitfähigkeit (Lf) durch stromleitende Medien (Flüssigkeiten, Gase, Metalle etc.) wurde ein einheitliches Maßsystem geschaffen. Dabei ist die elektrische Leitfähigkeit abhängig von den Grundgrößen Widerstand, Leitwert, Länge und Querschnitt des Leiters und wird in Milli Siemens pro cm (mS/cm) angegeben (FELDHUSEN et al., 1987).

Nach Ausführungen von REICHERT (1996) kann im Fleisch die elektrische Leitfähigkeit zwischen zwei Elektroden, die in einem Meßgerät integriert sind und in das Fleisch eingestochen werden, gemessen und zur Beurteilung struktureller Veränderungen im Gewebe genutzt werden. Dabei ist entscheidend, daß lebendes Gewebe - solange kein Flüssigkeitsaustausch zwischen dem Intra- und Interzellularraum stattgefunden hat - einen schlechten Leiter darstellt (FELDHUSEN et al., 1987). Mit dem Grad der Membranzerstörung (Eiweißdenaturierung) bedingt durch die Geschwindigkeit der postmortal ablaufenden Glykogenolyse und der vorliegenden Fleischkern-temperatur nimmt die Leitfähigkeit in der Muskulatur zu und kann somit als ein Maß für die Intensität postmortal ablaufender struktureller Veränderungen in der Muskulatur angesehen werden (FELDHUSEN et al., 1987; REICHERT, 1996).

Um die Leitfähigkeitsveränderungen im zeitlichen Gesamtverlauf hinsichtlich der Fleischsäuerung und Fleischreifung werten zu können, wurden viele Untersuchungen durchgeführt. Dabei stand der Anspruch im Vordergrund, ähnlich wie für die pH-Wert-Messungen ein definiertes Bewertungsschema für die Leitfähigkeitswerte zu erarbeiten, um die Fleischqualität beurteilen zu können.

HONIKEL und KIM (1995) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Schluß, daß im Zusammenspiel hoher Kerntemperaturen und niedriger pH-Werte der Grundstein für Muskelmembrandenaturierungen und intrazellulären Ionenaustritt gelegt wird. Je nach Ausmaß der überstürzt ablaufenden Glykogenolyse vergehen 10 bis 30 Minuten bis zur meßbaren Manifestierung der Muskelveränderungen durch erhöhte Leitfähigkeitswerte. Diese Aussagen werden durch die Untersuchungsergebnisse von FELDHUSEN et al. (1987) bestätigt. Dabei konnte nachgewiesen werden, daß durch

den pH-Wert 50 min p.m. als „PSE-Fleisch“ eingestufte Schlachtkörper über den Lf-Wert 40 bis 50 min p.m. nur 40 bis 60 Prozent ebenso erfaßt werden konnten. Zu gleichen Ergebnissen, daß zum Zeitpunkt 45 min p.m. zwischen dem pH- und Lf-Wert ein geringer Zusammenhang besteht, kamen in ihren Arbeiten auch ROERENWIEMERS (1986) und JAUD et al. (1992). Nach REICHERT (1996) kann die elektrische Leitfähigkeit ab 90 min p.m. als guter Indikator für PSE-Fleischigkeit genutzt werden. GARRIDO und HONIKEL (1995) setzten muskelabhängig unterschiedliche Grenzwerte im Bereich von 5,0 bis 9,0 mS/cm. Nach FELDHUSEN et al. (1987) kann Schweinefleisch, gemessen im M. long. dorsi 40 bis 50 min p.m. bei Lf-Werten unter 5,0 mS/cm und ab 2 bis 48 h p.m. mit Lf-Werten unter 7,0 mS/cm als „Normal-Fleisch“ eingestuft werden. SCHMITTEN et al. (1984) gaben anhand ihrer Untersuchungen für eine gute Fleischqualität zum Meßzeitpunkt 45 min p.m. den Grenzwert unterhalb von 5,0 mS/cm und den für eine schlechte Fleischqualität oberhalb von 9,0 mS/cm an. Der dazwischen liegende fragliche Bereich läßt sich nach Angaben von FELDHUSEN et al. (1987) ab 2 h p.m. differenzieren. Zum Zeitpunkt 24 h p.m. können Schlachtkörper mit Lf-Werten im M. long. dorsi unterhalb von 7,0 mS/cm als normal und oberhalb von 10,0 mS/cm als normabweichend (PSE) beurteilt werden (SCHMITTEN et al., 1984; FELDHUSEN et al., 1987).

Untersuchungen ergaben zwischen den gemessenen Lf-Werten zum Zeitpunkt 45 min p.m. eine geringere Beziehung zum Wasserbindungsvermögen bzw. zum Tropfsaftverlust als die gemessenen Lf-Werte 2 bis 48 Stunden p.m. Demnach könnten durch Lf-Messungen 2 bis 48 h p.m. speziell die Teilstücke Schinken und Kotelett im Verarbeitungsbetrieb auf ihre technologische Verwertbarkeit überprüft werden (FELDHUSEN et al., 1987; JAUD et al., 1992).

SCHWÄGELE (1992) untersuchte die Abhängigkeit des Leitfähigkeitsverlaufes von der Kerntemperatur und der Kühlmethode. Er wies nach, daß die mittleren Lf-Werte in den Edelteilstücken der Schlachtkörper, die unter Anwendung des Schockkühlverfahrens gekühlt wurden, niedriger und damit günstiger lagen als bei der herkömmlichen Kühlung bei ca. 3 °C. Weiterhin konnte der Zusammenhang zwischen anfangs intensiver Kühlung und niedrigeren Lf-Werten 24 Stunden p.m. sowie geringeren Tropfsaftverlusten 24 Stunden p.m. aufgezeigt werden. Nach Aussage des Autors werden durch die anfänglich intensivere Kühlung einerseits der enzymatische Ablauf der Glykolyse gebremst und andererseits durch die schneller sinkende Kern-

temperatur unter den Wert von 40 °C weniger Zellmembranen zerstört und auch weniger myofibrilläres Eiweiß denaturiert.

2.5.3 Das Wasserbindungsvermögen und locker gebundenes Wasser

In den vorangegangenen Abschnitten wurde bereits auf den Zusammenhang zwischen Wasserbindungsvermögen (WBV) und den postmortal ablaufenden degenerativen Prozessen der Fleischsäuerung in der Muskulatur eingegangen. So wies FISCHER (1977) nach, daß mit steigender Wäßrigkeit des Fleisches auch eine vermehrte Denaturierung der Sarkoplasma-Proteine in der Muskulatur vorliegt. Auch HONIKEL und KIM (1985) konnten durch ihre Untersuchungen bestätigen, daß die Abnahme der Sarkoplasma- und Myofibrillenproteine einerseits ein vermindertes Wasserbindungsvermögen, aber auch eine blasse Fleischfarbe bedingt. Das Auftreten der Wäßrigkeit im „PSE-Fleisch“ erklären die Autoren durch die verstärkt auftretenden Muskelzellmembranveränderungen. Ein enger Zusammenhang zwischen dem Tropfsaftverlust und der Konzentration an löslichen Proteinen in der Muskulatur von „PSE- und Normal-Fleisch“ wurde von GARRIDO et al. (1994) beschrieben. Nach PRÄNDL (1988) nimmt das Bindungsvermögen der Muskeleiweiße für Wasser mit fallendem pH-Wert von 7,2 bis 5,3 ab.

Das Wasserbindungsvermögen wird definiert als Fähigkeit des Fleisches, eigenes und/oder zugegebenes Wasser unter dem Einfluß einer äußeren Kraft, wie z.B. Pressen, Erhitzen, Zentrifugieren festzuhalten (KALLWEIT et al., 1988; SAKATA et al., 1993). Daraus resultierend kann nach definierter physikalischer Krafteinwirkung das locker gebundene Wasser (lgW) meßtechnisch als Prüfmerkmal der Fleischqualität erfaßt werden (BEUTLING, 1969 a).

Der Tropfsaftverlust dagegen definiert sich durch den Saftaustritt aus nicht erhitztem Fleisch oder Fleischprodukten (ohne Tausaft) ohne Anwendung einer äußeren Kraft (HAMM, 1985).

Das Wasserbindungsvermögen des Fleisches hat nicht nur als sensorisches Kriterium für den Verbraucher beim Frischfleischkonsum, sondern auch als verarbeitungstechnologischer Faktor für die Fleischqualität bei der Fleischverarbeitung eine große Bedeutung. Technologisch wird bei rohem Fleisch (Rohwurst, Rohschinken) eine Wasserabgabe in gewissem Umfang angestrebt. Dagegen ist bei der Brüh-

wurstherstellung eine gute Wasserbindung notwendig. Nach WIRTH (1985) ist das Erkennen der Verarbeitungseignung des Fleisches bzw. Produktes entscheidend, um es entsprechend seiner Eigenschaften gezielt der optimalen Technologie zuführen zu können.

Sowohl durch die pH-45 min p.m.- als auch durch die Lf-24 h p.m.-Messung konnten die Autoren FELDHUSEN et al. (1987) und JAUD et al. (1992) einen starken Zusammenhang zum Wasserbindungsvermögen nachweisen.

Die am häufigsten angewendete Methode zur Bestimmung des Wasserbindungsvermögens bzw. des locker gebundenen Wassers ist die Methode nach GRAU und HAMM (1952). Diese Filterpapier-Preßmethode wurde mehrfach modifiziert (GRAU u. HAMM, 1956; GROSSE et al., 1975; HOFMANN et al., 1982; LUDWIG et al., 1988). Bei dieser indirekten Bestimmungsmethode wird eine Fleischprobe bei konstantem Druck gegen ein Filterpapier gepreßt. Über das Verhältnis der planimetrierten Fläche des gepreßten Fleischfilms und der Gesamtfläche des Flüssigkeitsaustrittes wird das Wasserbindungsvermögen ermittelt (SAKATA et al., 1993).

Die Bestimmung der auspreßbaren Gewebeflüssigkeit aus Muskelproben mit der Filterpapierpreßmethode hat Eingang in die *VwVFIHG* mit entsprechenden Wertungsrichtlinien für eine abweichende Wasserbindung gefunden.

Ausgehend von der Erkenntnis nach GRAU und HAMM (1952), daß Fleisch bei einem Druck oberhalb 30 kp/cm^2 sein physikalisch locker gebundenes Wasser abgibt, wurde von BEUTLING (1969 a) ein Gerät zur direkten Bestimmung des locker gebundenen Wassers in Fleisch entwickelt. Dabei konnten besonders die Kriterien des möglichst geringen Materialeinsatzes (max. 1,0 g), der relativ einfachen Druckerzeugung und konstanten Druckaufrechterhaltung (30 kp/cm^2 , 5 min) und insbesondere die direkte Erfassung des austretenden Fleischsaftes bzw. des locker gebundenen Wassers berücksichtigt werden. Nach Aussage von BEUTLING (1978) entsprechen unter Anwendung der o.g. Methode 0,3 ml Preßsaft pro Gramm Fleischeinwaage einer Wasserlässigkeit von 30 Prozent nach der Preßmethode nach GRAU und HAMM (1952).

2.5.4 Die Remission

Durch die Fleischfarbe werden sowohl sensorische als auch verarbeitungstechnologische Faktoren der Fleischqualität beeinflusst (MUSSMANN et al., 1994).

Um die Farbhelligkeit der Muskulatur als Parameter zu erfassen, wird die Fleischprobe mit Licht aus einer standardisierten Lichtquelle beleuchtet und die reflektierte bzw. absorbierte Lichtmenge gemessen und ins Verhältnis zum Remissionswert gegen Standardweiß gesetzt (SCHMIDHOFER, 1988). Dabei ist nach Angaben von REUTER (1982) ein frischer Anschnitt und eine absolut plane Auflage auf der zu vermessenden Muskelfläche erforderlich, da Flüssigkeitsaustritte auf den Meßflächen die Meßwerte beeinträchtigen können.

Die Farbe der Muskeloberfläche wird durch die Konzentration der Farbpigmente Myoglobin und Hämoglobin, die Lichtstreuung und Lichtreflexion, die Oxidationsstufe des Myoglobins und durch die Oberflächenabtrocknung der Muskeloberfläche bestimmt (FELDHUSEN, 1994; FELDHUSEN u. REINHARD, 1994).

Postmortal ablaufende Prozesse können die Farbentwicklung beeinflussen. Läuft die Glykolyse überstürzt ab, kommt es durch niedrige pH-Werte und hohe Muskelkerntemperaturen zu Denaturierungserscheinungen der Muskelproteine (FELDHUSEN et al., 1987). HONIKEL und KIM (1985) stellten fest, daß bereits 1 h p.m. 20 Prozent der Muskeleiweiße, zu denen auch Myoglobin gehört, denaturieren können.

Durch die Präzipitation der sarkoplasmatischen Proteine auf den Myofibrillen kann sich die Streuung und Reflexion des auftreffenden Lichtes verstärken mit dem Effekt einer Zunahme der gemessenen Farbhelligkeit (STEINHAUF et al., 1965; FELDHUSEN, 1994).

Eine dunkle Fleischfarbe wird charakterisiert durch niedrige Remissionswerte, wogegen eine Aufhellung der Fleischfarbe durch hohe Remissionswerte dokumentiert wurde (BEUTLING, 1968). PFAU wies im Jahre 1968 zum Meßzeitpunkt 5 und 20 h p.m. eine Erhöhung der Remissionswerte und in einer weiteren Phase zwischen 30 und 50 h p.m. eine Verminderung der Remissionswerte nach. Unter Anwendung der Methode nach PFAU et al. (1966) kam BEUTLING (1969 b) bei vergleichenden Untersuchungen des Gesamtfarbstoffgehaltes und der Farbhelligkeit zu dem Ergebnis, daß analog zu den Gesamtfarbstoffgehalten auch bei den Remissionswerten eine Differenzierung einzelner Muskelgruppen deutlich wird. So wurden im Mittel die höchsten Remissionswerte in Prozent im M. long. dorsi ($24,1\% \pm 6,1$) gemessen,

gefolgt vom M. biceps femoris ($12,6 \% \pm 4,7$) und M. quadriceps ($8,0 \% \pm 2,2$). In einer weiteren Untersuchung von BEUTLING im Jahre 1978 lagen die mittleren Remissionswerte des M. long. dorsi von geprüftem Jungeberfleisch bei $16,6 \% \pm 4,6$. LOHSE (1973) konnte anhand umfangreicher Untersuchungen bestätigen, daß die mittleren Remissionswerte vom M. long. dorsi über den M. biceps femoris zum M. quadriceps abfallen und sich signifikant unterscheiden.

SCHARNER und SCHIEFER (1996) ermittelten bei Messungen an Rindfleisch unter vergleichbaren gerätetechnischen Bedingungen in der Regel niedrigere Remissionswerte bei der Schnittführung quer zur Muskulatur als längs zur Muskelfaser.

Durch Reflexionsmeßgeräte, wie das FOM-Gerät, können Farbhelligkeitsunterschiede von Magerfleisch- und Fettauflagen festgestellt und beispielsweise in Meßstrecken zur gewebetypischen Klassifizierung umgesetzt werden (KALLWEIT et al., 1988).

Es gibt unterschiedliche Untersuchungsergebnisse, inwieweit über den Reflexionswert als Farbhelligkeitswert eine Aussage zur Fleischqualität getroffen werden kann. Nach HONIKEL (1993) sind die Farbhelligkeitsentwicklung bzw. der Reflexionswert der Klassifizierungsgeräte ebenso wie die Leitfähigkeits-Werte als Folgeerscheinungen des Zusammenspiels von pH-Wert-Abfall und hoher Fleischtemperatur anzusehen. Somit können zum Klassifizierungszeitpunkt (45 min p.m.) nur gravierende Fälle von PSE-Mängeln erfaßt werden (SEIDLER et al., 1984; REICHERT, 1996). Analog zur Leitfähigkeits-Messung wird empfohlen, Farbhelligkeitsmessungen zu einem Zeitpunkt ab 2 h p.m. durchzuführen (FELDHUSEN et al., 1987; JAUD et al., 1992), um Normabweichungen bei der Weiterverarbeitung zu berücksichtigen.

2.5.5 Der intramuskuläre Fettgehalt

Auf züchterischem Wege erfolgte neben einer drastischen Reduzierung des Fettgewebeanteils im Schlachtkörper nicht nur eine Beeinflussung der Qualitätseigenschaften des Muskelfleisches (s. 2.4), sondern auch gleichermaßen des Fettgewebes (NÜRNBERG u. ENDER, 1990). In den Untersuchungsergebnissen von KALLWEIT und BAULAIN (1995) konnte ein negativer Zusammenhang zwischen Muskelfleischanteil und dem intramuskulären Fettgehalt (IMF) mit $r=-0,51^*$ nachgewiesen werden. Dieser Sachverhalt erschwert nach Aussagen der Autoren die

gleichzeitige züchterische Bearbeitung dieser beiden Merkmale. In der Schweiz erfolgt seit Ende des Jahres 1988 die züchterische Arbeit unter Berücksichtigung des IMF im Selektionsindex (HOFER u. SCHWÖRER, 1996).

Nach Ausführungen von ARNETH (1998) kann intramuskuläres Fett als Depotfett in Form von Gruppen von Fettzellen vor allem im Peri- und Endomysium charakterisiert werden und stellt sich in größeren Mengen als die sogenannte Marmorierung des Fleisches dar.

Über die Stärke des Zusammenhanges zwischen dem IMF und der Verzehrsqualität, insbesondere sensorischer Eigenschaften (Zartheit, Saftigkeit, Geschmack) liegen unterschiedliche Ergebnisse vor. HOFER und SCHWÖRER (1996) führten als Erklärung für teils widersprüchliche Untersuchungsergebnisse methodische und versuchsorganisatorische Ursachen an. KIRCHHEIM et al. (1996) stellten anhand ihres Untersuchungsmaterials (n=347) einen signifikanten Zusammenhang zwischen analytisch bestimmten IMF und sensorisch beurteilter Zartheit ($r = 0,30^*$) fest. Die Autoren kamen weiterhin zu dem Schluß, daß zwischen dem IMF und sensorischen Qualitätskriterien (Zartheit, Aroma, Geschmack) ab einem Schwellenwert von 2,5 Prozent IMF engere Zusammenhänge bestehen. Auch MEYER (1991) gelang es erst nach Aufspaltung des Untersuchungsmaterials und ab einem IMF von 2,0 Prozent signifikante Korrelationen zu den oben genannten Merkmalen der Verzehrsqualität zu erhalten. Durch analytische Untersuchungen zur Variation des IMF beim Schwein wurde festgestellt, daß eine Reduzierung des IMF im Muskel auch eine Veränderung im Fettsäurenmuster bedingt. Mit zunehmenden IMF im M. long. dorsi war eine tendenzielle Abnahme der mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) anhand des Fettsäurenmusters der Gesamtlipide des intramuskulären Fettes nachweisbar (KUHN, 1997). Nach vergleichenden Untersuchungen schlußfolgerten NÜRNBERG und ENDER (1990), daß eine Erhöhung des Fleischanteils über 50 Prozent ungünstige Fettqualitätseigenschaften - bedingt durch den erhöhten Anteil ungesättigter Fettsäuren - hervorrufen kann. MÜLLER et al. (1996) zeigten als Folgen Konsistenzveränderungen und eine Zunahme der Verderbnisanfälligkeit mit negativer Beeinflussung besonders der sensorischen und technologischen Eigenschaften der Fleischqualität auf.

Bei topographischen und herkunftsübergreifenden Untersuchungen zum IMF im Kolettmuskel (M. long. dorsi) beim Schwein traten die höchsten IMF-Werte (ca. 3,5-4,5 Prozent) an den vorderen und hinteren Enden des Muskelstranges und die nied-

rigsten IMF-Werte (ca. 1,5-2,5 Prozent) in Höhe des letzten Brustwirbels mit Übergang zum Lendenbereich auf (LIPPMANN et al., 1995; FISCHER, 1996; WICKE et al., 1996).

Um den IMF als wichtiges Qualitätskriterium gezielt bearbeiten zu können, wurde von mehreren Autoren auf die Notwendigkeit einer standardisierten Meßposition und einer definierten analytischen Aufschluß- bzw. Meßmethode hingewiesen, um eine Vergleichbarkeit der wissenschaftlichen Ergebnisse zu gewährleisten (FREUDENREICH, 1996; MÜLLER et al., 1996; ARNETH, 1998).