

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik  
der Landwirtschaftlichen Fakultät  
der Martin-Luther-Universität  
Halle-Wittenberg



und

dem Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems  
der Georg-August-Universität Göttingen

**„Untersuchung der Zusammenhänge zwischen externen  
Belastungsfaktoren und der Fleischqualität von Puten“**

als

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor agriculturarum (Dr. agr.)

vorgelegt von

Diplom-Ingenieur (FH)

Enrico Taubert

geb. am 11.11.1971

in Rochlitz

Gutachter: Prof. Dr. habil. Dr. h.c. G. v. Lengerken

Prof. Dr. M. Wicke

Prof. Dr. habil. H. Prange

Prof. Dr. K. Troeger

Verteidigt am: 5. November 2001

Halle/Saale 2001

**urn:nbn:de:gbv:3-000002616**

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000002616>]

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verwendete Abkürzungen	
<b>1. Einleitung</b>	5
<b>2. Literaturübersicht</b>	7
2.1. Physiologie und Biochemie des Muskels	7
2.1.1. Muskelkontraktion	7
2.1.2. Muskelstoffwechsel	8
2.1.3. Postmortale Veränderungen im Muskel	8
2.1.4. Geflügelspezifische Aspekte	10
2.2. Fleischqualität	14
2.2.1. Substantielle Fleischqualitätsmängel bei Rind und Schwein	16
2.2.2. Exogene Belastungsfaktoren auf die Fleischqualität	21
2.2.3. spezielle Probleme der Geflügelfleischqualität	25
2.3. Methoden zur Bestimmung der Fleischqualität	32
2.3.1. Die elektronische pH-Messung	32
2.3.2. Die Bestimmung des Leitfähigkeitswertes	32
2.3.3. Die Bestimmung der Fleischfarbe	33
2.3.4. Physikalische Messung des Wasserbindungsvermögens	35
<b>3. Aufgabenstellung für eigene Untersuchungen</b>	36
<b>4. Material und Methoden</b>	37
4.1. Tiermaterial	37
4.2. Schlachthöfe	37
4.3. Untersuchungsmethoden	40
4.3.1. Erfassung der Fleischqualität mittels physikalisch-chemischer Messmethoden	40
4.3.2. Erfassung der Fleischqualität mittels der sensorischen Prüfung	43
4.3.3. Statistische Auswertung	43
<b>5. Ergebnisse</b>	44
5.1. Externe Faktoren	44
5.1.1. Klasseneinteilung der externen Faktoren	44
5.1.2. Nüchternungszeit	45
5.1.3. Wartezeit	47

5.1.4.	Transportentfernung	48
5.1.5.	Außentemperatur	50
5.2.	Fleischqualitätsparameter und Kategorisierung	52
5.2.1.	Mittelwerte und Standardabweichungen objektiver und subjektiver Fleischqualitätskriterien	53
5.2.2.	Kategorisierung nach pH <sub>20</sub> -Werten	55
5.2.3.	Kategorisierung nach pH <sub>3</sub> -Werten	57
5.2.4.	Kategorisierung nach LF <sub>3</sub> -Werten	58
5.2.5.	Kategorisierung nach LF <sub>24</sub> -Werten	60
5.2.6.	Kategorisierung nach dem L*-Wert der angeschnittenen Putenbrust	61
5.2.7.	Kategorisierung nach dem Gewicht der Putenbrust ohne Filet	63
5.2.8.	Kategorisierung nach dem Kochverlust der Putenbrust	64
5.2.9.	Kategorisierung nach der Scherkraft der Putenbrust	65
5.2.10.	Gruppenbildung nach den sensorischen Prüfungen	67
5.2.11.	Ergebnisse der Messparameter nach dem Backen der Putenbrust	69
5.2.12.	Ergebnisse der Messparameter nach dem Kochen und Backen der Puten- Oberkeule	70
5.3.	Ergebnisse der Diskriminanzanalyse	72
5.4.	Ergebnisse des SB-Lagerungsversuches	74
<b>6.</b>	<b>Diskussion</b>	76
6.1.	Externe Faktoren	76
6.2.	Zusammenhänge zwischen den chemisch-physikalischen Messwerten und der Sensorik in der Putenbrustmuskulatur nach dem Kochen	79
6.3.	Zusammenhänge zwischen den chemisch-physikalischen Messwerten und der Sensorik in der Putenbrustmuskulatur nach dem Backen	86
6.4.	Auswertung der Ergebnisse der Oberkeulenmuskulatur nach dem Erhitzen	87
6.5.	Auswertung der Diskriminanzanalyse	88
6.6.	Auswertung des SB-Lagerungsversuches	89
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b>	90
<b>8.</b>	<b>Summary and results</b>	94
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	97
<b>10.</b>	<b>Verzeichnis der Tabellen</b>	117
<b>11.</b>	<b>Verzeichnis der Abbildungen</b>	122
Anhang		

## Verzeichnis der Abkürzungen

Abb.	Abbildungen
a*	Rotwert (Minolta)
a.m.	ante mortem
ADP	Adenosindiphosphat
ATP	Adenosintriphosphat
b*	Gelbwert (Minolta)
BSE	bovine spongiforme Enzephalopathie
d	Tage
CK-Aktivität	Creatinkinase-Aktivität
CMA	Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft
DCB	dark cutting beef
DFD	dark, firm, dry
DGQ	Deutschen Gesellschaft für Qualität
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
h	Stunde
KV	Kochverlust
Kochverl.	Kochverlust
LF <sub>1</sub>	Leitfähigkeit in mS/cm 1 Stunde post mortem
LF <sub>3</sub>	Leitfähigkeit in mS/cm 3 Stunde post mortem
LF <sub>24</sub>	Leitfähigkeit in mS/cm 24h Stunde post mortem
L*	Farbhelligkeitswert (Minolta)
L.-Gew.	Lebendgewicht in kg
LMBG	Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz
LSQ	LSQ-Means
min	Minute
MKS	Maul- und Klauenseuche
M. long. dorsi	Musculus longissimus dorsi
M. semimembr.	Musculus semimembranosus
M. pectoralis superf.	Musculus pectoralis superficialis
M. pectoralis prof.	Musculus pectoralis profundus
n	Anzahl ( der Tiere bzw. Schlachtkörper)

o. F.	ohne Filet (Musculus pectoralis profundus; Musculus rectus abdominis; Musculus transversus abdominis)
p	Wahrscheinlichkeit
pH <sub>1</sub>	pH-Wert nach 1 Stunde post mortem
pH <sub>45</sub>	pH-Wert nach 45 Minuten post mortem
pH <sub>3</sub>	pH-Wert nach 3 Stunden post mortem
pH <sub>24</sub>	pH-Wert nach 24 Stunden post mortem
p.m.	post mortem
PSE	pale, soft, exudative
r	Korrelationskoeffizient
s	Standardabweichung
Saftigk.	Saftigkeit
Tab.	Tabelle
VwFIHG	Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Untersuchungen nach dem Fleischhygienegesetz
WBV	Wasserbindungsvermögen
Zarth.	Zartheit
ZMP	Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst-, und Ernährungswirtschaft GmbH

## 1. Einleitung

Der Gesamtfleischverzehr in der Bundesrepublik Deutschland ging in den letzten Jahren kontinuierlich zurück. Der Verbrauch von Geflügelfleisch hingegen stagniert trotz BSE und MKS auf hohem Niveau von derzeit 15,2 kg pro Person und Jahr (1999). Die ZMP schätzt, dass dieser Konsum im Jahr 2000 leicht auf 15,4 kg gestiegen ist. Im EU-Vergleich gesehen liegt Deutschland noch unter dem Durchschnitt von 21,6 kg pro Kopf, wobei Irland mit 33 kg an der Spitze steht.

Diese Entwicklung hin zum Geflügelfleisch hat sicherlich mehrere Gründe, einer davon ist, dass die Verzehrsqualität von Rind- und Schweinefleisch häufig nicht den Verbrauchererwartungen entspricht. Die dafür ursächlichen Fleischqualitätsmängel, wie z.B. die PSE- Qualität beim Schweinefleisch (blasses, weiches, wässriges Fleisch), sind die Folgen einer jahrzehntelang einseitig auf Fleischanteil ausgerichteten Zucht sowie die Wirkung negativer exogener Einflussfaktoren. Derartige Fleischqualitätsmängel spielen in jüngster Zeit auch bei der Geflügelfleischproduktion, insbesondere bei Puten, eine zunehmende Rolle.

Nach einer von der CMA in Auftrag gegebenen Umfrage kommt bei 65 Prozent aller Bundesbürger Geflügelfleisch regelmäßig auf den Tisch. Die Hauptargumente für den Verzehr sind, das Geflügelfleisch zart, mager, leicht verdaulich und vielseitig verwendbar ist. Die derzeit hohe Verbraucherakzeptanz für Geflügelfleisch könnte durch häufigeres Vorkommen von zum Beispiel Putenbrustfleisch mit mangelnder Qualität gemindert werden. Da derartige Fleischqualitätsabweichungen (PSE-Qualität, sensorische Qualitätsmängel) meist nicht „erheblich sinnfällig“ sind, werden diese im Rahmen der amtlichen Geflügelfleisch-Untersuchung am Schlachtkörper in der Regel nicht beanstandet. Daher können solche Abweichungen nur im Rahmen einer betriebsinternen Kontrolle der qualitativen Qualität von Putenfleisch festgestellt werden. Eine anschließende Beurteilung der Teilstücke mit abweichender Qualität im Hinblick auf die Verarbeitungseignung wird im Rahmen einer umfassenden Qualitätssicherung unumgänglich sein. So können einerseits Fehlprodukte von vorne herein verhindert werden, andererseits wird durch eine gezielte Spezifizierung des Rohmaterials eine optimale Wertschöpfung aus dem Rohstoff Putenfleisch ermöglicht.

Abweichungen der substantiellen Fleischqualität im Sinne von PSE- und DFD-Fleisch, wie sie seit längerem beim Schwein bzw. Rind vorkommen, werden in jüngster Zeit häufiger mit der Pute in Verbindung gebracht. In der Literatur häufen sich die Hinweise, dass aufgrund intensiver Selektion auf Wachstum und Muskelfülle beim Geflügel ein aviäres, dem porcinen ähnliches Stress Syndrom besteht, das eine erhöhte Anfälligkeit für verschlechterte Fleisch-Qualität, Myopathien und Transporttod zur Folge hat (PINGEL u. BIRLA, 1982; STEPHAN, 1993;

WICKE et al., 2000). Besonders bei schnell wachsenden, breitbrüstigen Puten kann dies zu einer unphysiologisch verlaufenden Glykolyse führen, die sich negativ auf die Fleischqualitätsparameter pH-Wert/ pH-Verlauf, Zartheit/ Scherkraft, Wasserbindungsvermögen/ Kochverlust und Farbe/ Farbstabilität auswirkt (FRONING et al., 1978; BABIJ et al., 1982; PINGEL u. BIRLA, 1982; SOSNICKI, 1993).

EHINGER (1978) sowie EHINGER und GSCHWINDT (1981) kommen nach Untersuchungen an Broilern zu dem Schluss, dass eine hohe Fleischleistung infolge prämortaler Belastung die Fleischqualität verschlechtert. Auch der beschleunigte Eintritt des Rigors beeinträchtigt die Qualität der Putenbrustmuskulatur und steht nach SANTE et al. (1991), SOSNICKI und WILSON (1991, 1992) in enger Verbindung mit der Züchtung auf Schnellwüchsigkeit.

Für die Geflügelfleischindustrie stellt dies im Hinblick auf die Fleischvermarktung und Fleischverarbeitung ein erhebliches betriebswirtschaftliches Problem dar. Darüber hinaus könnte durch häufigeres Vorkommen von sensorischen Qualitätsmängeln in der Putenbrust, dem wertvollsten und vom Verbraucher bevorzugten Teilstück des Putenschlachtkörpers, die Akzeptanz von Putenfleisch beim Verbraucher beeinträchtigt werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Beeinflussung der Fleischqualität von Puten durch prämortale Belastungsfaktoren zu evaluieren. Die Untersuchungen sollen die komplexen Zusammenhänge zwischen potentiellen Stressfaktoren einerseits und sensorischen sowie technologischen Änderungen in der Fleischqualität schwerer Putenlinien andererseits aufdecken. Dabei sollen potentielle Stressfaktoren, die zu Fleischqualitätsabweichungen führen, gewichtet und Strategien zu deren Vermeidung entwickelt werden. Ferner soll ermittelt werden, mit welchen objektiven chemisch-physikalischen Meßmethoden die Fleischqualität der Putenbrust- und Putenoberkeulenmuskulatur erfasst werden kann.

## 2. Literaturübersicht

### 2.1. Physiologie und Biochemie des Muskels

#### 2.1.1. Muskelkontraktion

Die Funktion des Muskels im lebenden Organismus besteht in der Leistung von Arbeit durch Kontraktion. Nach der Filament-Gleittheorie kommt es auf nervalen Reiz hin im Muskelfaser-Inneren zur Ausschüttung von Kalzium-Ionen aus dem sarkoplasmatischen Retikulum. Die hohe sarkoplasmatische Kalzium-Konzentration hebt die statische Hemmung des Tropomyosin-Troponin-Komplexes bezüglich der Bindung des Myosinkopfes an das Actinfilament auf, die Verbindung kann erfolgen (SCHEUNERT u. TRAUTMANN, 1987). Nach HAMM (1981) aktivieren die erhöhte Kalzium-Konzentration und die Bindung des Actins an das Myosinköpfchen die ATPase- Eigenschaften des Myosins. Das Myosin spaltet das mitgeführte ATP, die freiwerdende chemische Energie wird in mechanische Energie umgesetzt. Durch Substitution des ADP-Moleküls durch ein ATP-Molekül am Myosinköpfchen löst sich Myosin vom Actin (sogenannte Weichmacherfunktion des ATP). Solange die sarkoplasmatische Kalzium-Konzentration erhöht ist, wiederholt sich oben geschilderter Vorgang, auf diese Art und Weise kommt es zur Kontraktion des Muskels.

Die Muskelkontraktion besteht in einer Verkürzung der einzelnen Fasern, wobei sich die Länge der Sarkomere verringert. Die Kontraktion kommt durch Wechselwirkung zwischen Myosin und Actin zustande. Die Verkürzung der Sarkomere bei der Kontraktion wird nicht durch eine Verkürzung der Actin- oder Myosinfilamente (z.B. durch Zusammenfallen) hervorgerufen, sondern es handelt sich um ein Ineinanderschieben der beiden Eiweiß-Strukturen (HAMM, 1981). Nach Beendigung des Nervenreizes wird über eine Kalzium-Pumpe das sarkoplasmatische Kalzium gemindert, folglich wird der Tropomyosin-Troponin-Komplex reaktiviert und die ATPase-Aktivität eingestellt. Der Muskel erschlafft unter passiver Dehnung bis auf das Niveau des Ruhetonus (SILBERNAGEL u. DESPOPOULOS, 1983). ATP als energielieferndes Substrat liegt in seiner aktiven Form als Magnesium-ATP-Komplex vor, Kalzium und Magnesium spielen als Cofaktoren eine entscheidende Rolle bei der Muskelkontraktion (HARPER et al., 1975).

### 2.1.2. Muskelstoffwechsel

Muskelkontraktion benötigt Energie. Diese chemische Energie wird in der Muskelzelle in Form von ATP gespeichert. Bei Bedarf kommt es zur Spaltung von ATP in ADP und anorganisches Phosphat, wobei chemische Energie freigesetzt und nach LEHINGER (1985) in kinetische Energie umgesetzt wird. Die bei der Arbeit verbrauchte Energie wird im Rahmen der Aufrechterhaltung der Homöostase des Energiehaushaltes gleich wieder ersetzt. Im lebenden Muskel wird daher laufend ATP gebildet (LÖFFLER u. PETRIDES, 1988). Der ATP-Bedarf wird zunächst mit Hilfe der Creatin-Kinase-Reaktion gedeckt (HARPER et al., 1975). Das Creatinphosphat ist eine rasch verfügbare Energiequelle und wird im Muskel gespeichert.

Im lebenden Organismus wird zur Bildung von ATP unter Beteiligung von Sauerstoff Glykogen zu Kohlendioxyd und Wasser umgesetzt. Bei der aeroben Glykolyse (der „Atmungsketten-Phosphorylierung“) entstehen pro Mol Glykogen insgesamt 39 Mol ATP (LEHNINGER, 1985). Im Rahmen der anaeroben Glykolyse, die nach dem Tode des Tieres einsetzt, wird Glykogen zu Lactat verstoffwechselt, indem Benztraubensäure mit Hilfe der Laktatdehydrogenase zu Milchsäure abgebaut wird. Dieser Weg ist uneffektiv und mit einer hohen Wärmebildung gekoppelt. Die freiwerdende Energie wird ebenfalls zur Bildung von ATP aus ADP und anorganischem Phosphat verwendet, die glykolytische Phosphorylierung liefert pro Mol Glykogen nur 3 Mol ATP (HAMM, 1981).

Bei sehr starker, erschöpfender Muskelarbeit wird mehr Sauerstoff verbraucht, als über das Blut nachgeliefert werden kann. Das Glykogen wird auch in diesem Fall nur bis zur Milchsäure, durch die anaerobe Glykolyse, abgebaut (HAMM, 1981).

### 2.1.3. Postmortale Veränderungen im Muskel

Zum Zeitpunkt der Tötung wird die Blutzirkulation und damit sowohl die Zufuhr von Sauerstoff und Nährstoffen als auch der Abtransport von Stoffwechselendprodukten für den Muskel unterbunden. Dennoch laufen im Muskel post mortem anfangs weiterhin biochemische Vorgänge ab, die jenen im lebenden Organismus ähnlich sind, jedoch sind diese von anaerober Natur (HAMM u. POTTHAST, 1972). Zur Aufrechterhaltung des Ruhetonus und der stattfindenden Stoffwechselforgänge im frischentbluteten Muskel wird chemische Energie verbraucht (HONIKEL u. HAMM, 1978). Solange Glykogen- und Creatinphosphat-Reserven existent sind, kann der Muskel post mortem den ATP-Abbau voll kompensieren. Die ATP-Synthese erfolgt durch Creatinphosphat-Spaltung, ADP-Dismutierung und glykolytische Phosphorylierung (LEHNINGER, 1985). Die Glykolyse verläuft ausschließlich anaerob, somit kommt es zur charakteristischen Säuerung des Fleisches (HONIKEL u. HAMM, 1974). Ist der

Glykogenvorrat erschöpft, so ist der End-pH-Wert erreicht (LAWRIE, 1966). FISCHER und AUGUSTINI (1977) verstehen darunter den Minimalwert des pH-Wertes am Ende des glykolytischen Prozesses. Im Normalfall ist die Glykolyse beim Schwein ca. 24 h p.m. beendet, wobei End-pH-Werte von 5,4 – 5,8 gemessen werden (LAWRIE, 1966; HAMM, 1972; HONIKEL u. FISCHER, 1977 etc.). Bei Erreichen des End-pH-Wertes ist das ATP weitgehend abgebaut. Im Rindermuskel wird ein gewisser ATP-Spiegel trotz Erschöpfung der Glykogen-Reserven noch für eine gewisse Zeit aufrechterhalten. Diese Tatsache wird nach Untersuchungen von FISCHER u. HONIKEL (1978) auf den hohen Creatinphosphat-Spiegel zurückgeführt. Solange ATP im Muskel ausreichend vorhanden ist, liegen Actin- und Myosin-Filamente getrennt vor (FISCHER, 1981).

Sinkt die ATP-Konzentration auf 1  $\mu\text{mol/g}$  Gewebe, verliert ATP seine „Weichmacherfunktion“, so dass Actin- und Myosin-Filamente bei Vorliegen einer hohen sarkoplasmatischen Kalzium-Konzentration eine irreversible Verknüpfung eingehen. Der Muskel verliert seine Dehnbarkeit, er befindet sich nun im Stadium der Totenstarre, des sogenannten Rigor mortis (HAMM et al., 1980). Nach SUZUKI et al. (1982) verliert die Membran des sarkoplasmatischen Retikulums in Folge ATP-Mangels die Fähigkeit, Kalzium zu speichern, so dass die intrazelluläre Kalzium-Konzentration, als eine Voraussetzung für den Eintritt des Rigor mortis, steigt. Die im Fleisch nach der Schlachtung noch ablaufenden Stoffwechselfvorgänge können mit Eintritt der Totenstarre als beendet angesehen werden. Nach HILDEBRAND (1974) präsentiert sich das Fleisch während des Rigors fest, wässrig und zäh. Die allmähliche enzymatische Lösung des Rigors ist ein Bestandteil der nun einsetzenden Phase der Fleischreifung.

Die Fleischreifung ist ein Prozess, der üblicherweise bei mehrtägiger Kühlung des Fleisches erfolgt. Während der Fleischreifung kommt es in erster Linie zu pH- und temperaturabhängigen Strukturveränderungen, die einen maßgeblichen Einfluss auf die sensorische Fleischqualität (Zartheit) ausüben. Voraussetzung für eine gute Fleischreifung ist eine vollständig verlaufende anaerobe Glykolyse mit End-pH-Werten von 5,4 – 5,8. In Folge der postmortalem pH-Senkung erfahren die Eiweißkörper des die Muskelfasern umgebenden Bindegewebes Kollagen, Elastin und Retikulin eine Säurequellung, was die Zartheit des unmittelbar postrigoren zähen Fleisches verbessert. Das Aktomyosin und damit der Rigor, wird während der Fleischreifung nicht durch Dissoziation, sondern durch Loslösung der Actinfilamente von den Z-Scheiben gelockert. Dieser von proteolytischen Enzymen induzierte Prozess erhöht die Zartheit des Fleisches in beträchtlichem Maße (HAMM, 1979). Aufgrund ihrer Untersuchungen vermuten SUZUKI et al., (1982), dass die Proteasen durch Kalzium aktiviert werden. Proteasen sind auch für den allmählichen pH-Anstieg während der Reifung in Folge Proteolyse sarkoplasmatischer Proteine

verantwortlich. Der pH-Anstieg und das Wasserbindungsvermögen stehen im engen Zusammenhang.

Die myofibrillären Proteine, die in erster Linie für das Safthaltevermögen verantwortlich sind, haben ihren isoelektrischen Punkt und damit ihr Minimum des Wasserbindungs- und Quellvermögens bei einem pH-Wert von 5,0 (HONIKEL, 1986). Durch den pH-Anstieg während der Reifung ändern sich die Ladungsverhältnisse der Filamente, wodurch das Fleisch an Saftigkeit gewinnt (HAMM, 1972). Auch die intrazelluläre Kalzium-Konzentration trägt zum höheren Safthaltevermögen bei. Post rigor entwickelt sich auch das Aroma. Nach FISCHER (1981) haben vor allem Abbaustoffe des ADP (Hypoxanthin) und der Proteine vorteilhafte Auswirkungen auf die sensorische Qualität des Fleisches.

Mit Abschluss des Reifungsprozesses liegt die endgültige Fleischqualität vor (HECHT, 1986). Unter der Prämisse, dass keine Kälte- oder Rigorverkürzung bzw. fehlgesäuertes oder andersartig verändertes, frisch erschlachtetes Fleisch vorliegt, führt nach LAWRIE (1979) die Fleischreifung zur Ausbildung der gewünschten Tafelreife, das heißt einer Qualität, die sich durch Zartheit, Saftigkeit, helle Farbe und angenehmes Aroma auszeichnet.

#### 2.1.4. Geflügelspezifische Aspekte

Der anatomische und funktionelle Grundbaustein der Skelettmuskulatur ist die Muskelfaser. Es werden drei Muskelfasertypen unterschieden, welche sich in ihren physiologischen und biochemischen Eigenschaften voneinander abgrenzen lassen und histochemisch nachweisbar sind (Tabelle 1).

Die R-(roten) Fasern enthalten im Gegensatz zu den W-(weißen) Fasern viel Myoglobin. Die Brustmuskeln von Hähnchen und Puten sind hauptsächlich aus  $\alpha$ -W-Fasern zusammengesetzt, während Schenkelmuskeln sowohl rote Faser-Typen als auch weiße Fasern aufweisen (WISKUS et al., 1976). Der Brustmuskel von Enten und Gänsen, Wassergeflügel, besteht hingegen zu 80-90 Prozent aus roten (oxidativen) und zu 10-20 Prozent aus weißen (glykolytischen) Fasern (WICKE et al., 2000). Hähnchen und Puten zeigen im Vergleich zu allen anderen Schlachttieren die größten Farbunterschiede zwischen den verschiedenen Muskelfaser-Typen (ADDIS, 1986).

Tab. 1: Eigenschaften der Muskelfasertypen

Eigenschaften	Fasertyp		
	$\beta$ -R-Fasern	$\alpha$ -R-Fasern	$\alpha$ -W-Fasern
Muskelfarbe	rot	rot/weiß	weiß
Durchmesser	klein	mittelgroß	groß
Kontraktionsgeschwindigkeit	langsam	schnell	schnell
Ausdauer	hoch	mittel	gering
Myoglobin	viel	mittel	wenig
Myofibrillen	wenig	mittel	viel
Mitochondrien	viel	mittel	wenig
Enzymmuster	oxidativ	oxidativ/anaerob	anaerob
Myofibrillen ATPase	hell	dunkel	dunkel
SDH	dunkel	mittel	hell
NADH-TR	stark	mittel	schwach
Sudanschwarz-B	stark	stark	schwach

Domestizierte Vögel zeigen starke Flugmuskeln. Diese Flugmuskeln machen den Großteil des Geflügelfleisches aus, der Brustfleisch-Anteil vom Schlachtgewicht der Pute beträgt ca. 35 Prozent (WICKE et. al., 2000). Der M. pectoralis superf. drückt den Flügel nieder und ist der stärkste Muskel, während der M. pectoralis prof. den Flügel anhebt. Die  $\alpha$ -W-Fasern der Pectoralis-Muskulatur besitzen Myosin mit relativ hoher ATPase-Aktivität für die Ausführung einer schnellen Kontraktion. Des weiteren haben sie einen vorwiegend anaeroben Energie-Stoffwechsel und viel Glykogen-Granulat eingelagert. Nach SWATLAND (1989) zeichnet sich die Brustmuskulatur von Puten durch eine schnelle und kraftvolle, aber nicht ausdauernde Kontraktion aus. Die anaerobe Produktion von ATP ergibt nur 10 Prozent dessen, was auf aerobem Weg möglich ist. Die Glykogen-Reserven sind schnell verbraucht. Hohe ATPase-Aktivität und glykolytischer Energie-Metabolismus der  $\alpha$ -W-Fasern haben einen bedeutenden Einfluss auf die Geschwindigkeit der Glykolyse im Puten-Brustmuskel und damit auf die Fleischqualität. Beim Geflügel ist die Geschwindigkeit der Glykolyse in den weißen Muskeln wesentlich höher als in den roten Muskeln (OGATA, 1960; BEATLY et al., 1963). Muskeln, die überwiegend aus schnell glykolysierenden Fasern bestehen, reagieren empfindlich auf Umweltstress (HENCKEL, 1992). Weiße Muskelfasern sind weniger empfindlich gegenüber niedrigeren Temperaturen, da sie wenig Mitochondrien besitzen, im Gegensatz zu roten Fasern besteht weniger die Gefahr des Cold-Shortening. Der Hauptteil der Pectoralis-Muskulatur wird für Flügelaktivitäten in Anspruch genommen und ist aus schnell kontrahierenden Fasern zusammengesetzt. In den

tieferen Regionen der Pectoralis-Muskulatur finden sich auch langsam kontrahierende Fasern. Es wird vermutet, dass dieses eine Verbesserung der Stabilität der Flügel während des Gleitfluges gewährleisten soll (ROSSER u. GEORGE, 1986).

Die heutigen Puten-Masthybriden sind sehr schnellwüchsig und weisen einen starken Brustfleischansatz auf. Dieser Zuchterfolg scheint jedoch mit einem Ansteigen degenerativer Muskelveränderungen verbunden zu sein. Die Pathologie von Puten-Skelettmuskeln und deren Folgen für die Geflügelindustrie wurden von SOSNICKI u. WILSON (1991) untersucht. Nach GREY et al. (1986), SEEMANN et al. (1986) und STEPHAN et al. (1990) führt das verstärkte Wachstum der Muskelfasern zur Existenz von großen, runden Riesenfaser (giant fibers) in der Putenbrustmuskulatur, wodurch die Textur des Fleisches beeinträchtigt wird. In Hähnchenmuskeln hat das Auftreten von giant fibers ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Fleischqualität (STEPHAN et al., 1990). Das Auftreten von Riesenfaser bzw. lokalen Myopathien und die Aktivität der Serum-Creatinkinase korrelieren mit der Wachstumsrate von Puten. Bei schnell wachsenden Puten finden sich eine höhere Anzahl degenerativer Muskelschäden und höhere Enzymwerte (WILSON et al., 1990).

In der Geflügelfleischbildung verlaufen die Glykolyse und die Rigor-Entwicklung wesentlich schneller als bei Rind- und Schweinefleisch. Im Putenbrustmuskel wird der End-pH-Wert normalerweise nach 5 h p.m. erreicht. In Extrem-Fällen sogar innerhalb 5 bis 30 min (HILLEBRAND, 1993). Nach MA und ADDIS (1973) ist die Glykolyse beim Geflügelfleisch innerhalb von 3 h post mortem beendet, in Einzelfällen sogar binnen 10 min p.m. In Hähnchenbrustmuskeln setzt der Rigor mortis 2 – 4,5 h p.m. ein (DE FREMERY u. POOL, 1960; GREY et al., 1974). Nach Studien von KIJOWSKI et al. (1982) erreicht der Hähnchenbrustmuskel innerhalb 1 h p.m. den Rigor, während in der Schenkelmuskulatur der Rigor schon nach 30 min einsetzt. SAMS u. JANKY (1991) stellen bei Broilern fest, dass die Rigorentwicklung in weißer Muskulatur wesentlich schneller abläuft als im roten Muskel. Sie erklären dieses mit der höheren glykolytischen Kapazität und der höheren Glykogenreserven der weißen gegenüber den roten Muskelfasern. Zum anderen sinkt der pH der weißen Muskeln beim Geflügel schneller und erreicht niedrigere End-pH-Werte als die rote Geflügelmuskulatur. Die End-pH-Werte liegen bei 5,8 – 5,9 bzw. 6,3 – 6,4 (DODGE u. STADELMANN, 1960; RISTIC, 1974; DAUM-THUNBERG et al., 1992). Da die Glykolyse in der Schenkelmuskulatur wesentlich langsamer abläuft als im Geflügelbrustmuskel, sind hier die Differenzen in der

Fleischqualität ausgeprägter als zwischen der roten und weißen Muskulatur bei den Säugetieren (DAUM-THUNBERG et al., 1992).

Nach SCHÖN und RISTIC (1974) ist die Geschwindigkeit der postmortalen Glykolyse bei weißem gegenüber roten Putenfleisch wesentlich höher. Der Rigor setzt in beiden Muskeln etwa zum gleichen Zeitpunkt ein. Allerdings zeigt der Putenbrustmuskel niedrigere End-pH-Werte als die Schenkelmuskulatur (5,9 bzw. 6,4).

Eine weitere Besonderheit von Geflügelfleisch ist der leichte und zeitlich begrenzte Anstieg des pH-Wertes sehr früh p.m. (LANDES et al., 1971). Es besteht die Hypothese, dass dieses auf einer zeitlich begrenzten Ansammlung von alkalischem Creatin, einem Abbauprodukt des bei Geflügel sehr stabilen Creatinphosphat, beruht (DE FREMERY, 1966). Viele Untersucher beobachten einen leichten Anstieg des End-pH-Wertes nach Lagerung des Fleisches über einen Tag. Zum Beispiel beträgt der pH-Wert des Brustmuskels bei Puten 24 h post mortem 6,0, während 3 h p.m. ein pH-Wert von 5,8 gemessen wird (RISTIC, 1974). Es bestehen Unterschiede in der Geschwindigkeit der postmortalen Glykolyse zwischen einzelnen Puten oder Hähnchen (MA et al., 1971; VANDERSTOEP u. RICHARDS, 1974). MA et al. (1971) behaupten, dass individuelle Unterschiede in der Geschwindigkeit der Glykolyse beim Geflügelfleisch unter anderem auf Unterschiede im vegetativen Bereich zu suchen sind.

Die Tatsache, dass die Art des Fasertyps einen sehr bedeutsamen Einfluss auf die Geschwindigkeit der p.m. Glykolyse ausübt, stellt eine Eigenart des Geflügelfleisches dar. Der pH-Wert-Verlauf des Geflügelfleisches wird weiterhin, ähnlich dem bei Rind- und Schweinefleisch, von Faktoren wie Alter, Rasse und Umweltfaktoren beeinflusst.

## 2.2. Fleischqualität

In der Wissenschaft und Praxis spielt der Begriff der Fleischqualität eine immer gewichtigere Rolle. In der Literatur findet sich über lange Zeit keine allgemein anerkannte Definition des Begriffs „Fleischqualität“. Definitionsversuche, wie z.B. der von HAMMOND im Jahre 1952: „Qualität ist das, was dem Konsumenten gefällt“ oder der von SCHEPER (1962), der unter Fleischqualität eine Anzahl von chemisch, physikalischen und sensorischen Faktoren versteht, decken den Begriff nicht voll ab. Aus der Komplexität des Begriffes der Fleischqualität heraus kommt JOULE (1973) zum Entschluss, dass man Qualität weder definieren noch durch Laborbefunde charakterisieren kann. Eindeutige Begriffsdefinitionen sind jedoch für Forschung und Wirtschaft unverzichtbar (HOFMANN, 1973).

Die Qualität des Fleisches wird von einer Summe von Eigenschaften bestimmt. HOFMANN (1973) sammelte diese qualitätsrelevanten Parameter und unterteilte sie entsprechend ihrer Bedeutung für den Genusswert, den Nährwert, die menschliche Gesundheit und die Fleischverarbeitung in folgende vier Gruppen:

### 1.) Sensorische Faktoren

- Aussehen (Farbe, Marmorierung)
- Aroma (Genuss, Geschmack)
- Textur (Festigkeit, Zähigkeit)

### 2.) Nährwert Faktoren

- Eiweißgehalt
- Fettgehalt
- Vitamingehalt
- Mineralstoffgehalt

### 3.) Hygienische Faktoren

- Keimgehalt
- Haltbarkeit (pH-Wert,  $a_w$ -Wert)
- Rückstände

### 4.) Verarbeitungstechnologische Faktoren

- Wasserbindungsvermögen
- Festigkeit/Zähigkeit
- pH-Wert
- Farbe

Zu beachten ist, dass einige Eigenschaften gleichzeitig für mehrere Qualitätsfaktoren von Bedeutung sind (HOFMANN, 1974; LEISTNER, 1980).

Nach HOFMANN (1973) kann Fleischqualität definiert werden als „Summe aller sensorischen, ernährungsphysiologischen, hygienisch-toxikologischen und verarbeitungstechnologischen Eigenschaften des Fleisches“. Dieser Qualitätsbegriff ist frei von subjektiver Wertschätzung und umfasst zahlreiche Eigenschaften der Ware Fleisch; somit erhebt diese Definition Anspruch auf Objektivität und Allgemeingültigkeit (HOFMANN, 1986, 1987). Obige Definition des Qualitätsbegriffes findet sich in der DIN-Norm 55350, Teil 2, wieder, die in DLG-Qualitätsprüfungen für alle Lebensmittel Anwendung findet. Alle in der Definition nach HOFFMANN (1973) aufgeführten Qualitätsfaktoren für Fleisch sind feststellbar und messbar. Somit wird auch die Fleischqualität messbar und, da auch die Sensorik als objektives Analyseverfahren gilt, einer objektiven Bewertung zugänglich (JELLINEK, 1981).

Die Erfassung der Fleischqualität in ihrer ganzen Breite würde jedoch eine Vielzahl von Messungen erfordern (RISTIC, 1984). Zur Charakterisierung der sogenannten „substantiellen Fleischqualität“ im Rahmen der amtlichen tierärztlichen Fleischuntersuchung schlägt REUTER (1982) folgende Messverfahren vor:

- 1.) pH-Messung
- 2.) die Bestimmung des auspressbaren Gewebswassers (Filterpapierpressmethode)
- 3.) Rigormessung mit Rigormeter
- 4.) Farbhelligkeitsmessung mit dem Göfo-Gerät
- 5.) Bestimmung des ATP/IMP – Verhältnisses (R-Wert)
- 6.) End-pH-Wert-Bestimmung mittels biochemisch vorgezogener Glykolyse

Somit stellt die in der Praxis bedeutsame substantielle Fleischqualität den durch chemisch-physikalische Fleischeigenschaften bestimmten Teil einer „Gesamtfleischqualität“ dar.

Die nach der Schlachtung resultierende Fleischqualität ist das Ergebnis von allen endogenen und exogenen Faktoren, die ante mortem bzw. post mortem Einfluss auf das Schlachttier bzw. den Schlachtkörper nehmen. Diese Faktoren sind in unterschiedlichem Ausmaß ursächlich für verschiedene Formen von Fleischqualitätsabweichungen.

Qualität im allgemeinen wurde von der Deutschen Gesellschaft für Qualität (DGQ) definiert als „die Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes oder einer Tätigkeit, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung gegebener Erfordernisse beziehen“ (DGQ, 1980).

### 2.2.1. Substantielle Fleischqualitätsmängel bei Rind und Schwein

Der Begriff **PSE** wurde 1964 von Briskey geprägt. Auf einem internationalen Symposium (1968) in Zeist (Niederlande) schlugen SYBESMA, LOGTESTIJN und HESSEL de HEER die Bezeichnung „PSE“ für Fleisch, das ganz charakteristische Mängel aufweist, vor (SEIDLER et al., 1984). Unter PSE-Fleisch wird helles (pale), weiches (soft) und wässriges (exsudative) Fleisch verstanden. Es handelt sich um einen substantiellen Mangel im Sinne des Fleischhygienerechts, der vor allem bei Schweinefleisch beobachtet wird. PSE-Fleisch ist die Folge einer überstürzten postmortalen anaeroben Glykolyse (LAWRIE, 1966). Diese kann durch neuro- (Erregung) und lokomotorische Belastungen so stark erhöht werden, dass die Muskelzellen nicht mehr in der Lage sind, die Produkte des Energieabbaus (Laktat) abzupuffern.

Im noch lebenden Organismus wird in der Muskulatur erzeugtes Lactat über den Blutkreislauf zur Leber transportiert und dort in der Gluconeogenese zu Glucose umgewandelt. Nach dem Eintritt des Todes ist dieser aktive Transport nicht mehr möglich, so dass der Gehalt an Lactat (plus Wasserstoffionen) in der Muskulatur zunimmt und der pH-Wert absinkt.

Große End-pH-Wert-Unterschiede zwischen PSE- und Fleisch mit normal verlaufender Glykolyse gibt es nicht (HILLEBRAND, 1974). Die Kombination aus niedrigem pH-Wert und noch hoher Fleischtemperatur führt zur Denaturierung sarkoplasmatischer Proteine, was zur Ausbildung des typischen PSE-Erscheinungsbildes führt (HAMM u. POTTHAST, 1972). Nach LAWRIE (1979) tritt diese Fleischqualitätsabweichung besonders in Muskulatur mit überwiegend weißen Muskelfasern, wie Kotelett und Schinken auf.

PSE-Fleisch ist nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Untersuchungen nach dem Fleischhygienegesetz (VwVFIH, 1987) wie folgt definiert: „pH<sub>1</sub>-Wert < 5,8 im M. semimembranosus und pH<sub>1</sub>-Wert < 5,6 für den M. longissimus dorsi sowie bzgl. beider Muskelgruppen ein Q-Wert (24 h p.m.) als Maß für das Wasserbindungsvermögen von < 0,40“. Im Rahmen der Farbmessung mit dem Minolta-Chromameter ermittelten FELDHUSEN et al., (1987) einen L\*-Wert < 56,0 als Grenzwert für die Farbhelligkeit bezüglich der PSE-Diagnostik 24 h p.m.

In zahlreichen Untersuchungen (AUGUSTINI, 1983; LENGERKEN et al., 1998) wird anhand des pH<sub>1</sub>-Wertes als Bewertungskriterium aufgezeigt, dass die modernen Fleischrassen, wie z.B. Pietrain oder Deutsche Landrasse, im Vergleich zu den Rassen mit ungünstigerem Fleisch-Fett-Verhältnis einen deutlich höheren PSE-Anteil besitzen. Bei der Gewichtung endogener und exogener PSE-Ursachen sehen SCHEPER (1972) und BENTELER (1972) den genetischen

Faktor Rasse als bedeutsamer an. Eine weitere Ursache für die Entstehung von PSE-Fleisch ist die hohe Belastung während Transport und Schlachtung. Die Faktoren Alter und Geschlecht haben einen nur unbedeutenden Einfluss (BENDALL u. LAWRIE, 1964; LOGTESTIJN, 1967; LENGERKEN u. HENNEBACH, 1980). Der Nüchterungsdauer (FISCHER et al., 1986) und der Fütterung (SCHEPER, 1972) kommt ebenfalls kaum eine Bedeutung im PSE-Geschehen zu. Nach TROEGER et al. (1998) ist für die spätere Fleischqualität entscheidend nicht der Zeitpunkt des Futterentzuges vor dem Transport, sondern die Nüchterungszeit insgesamt. Der Einfluss der Haltung auf den postmortalen Glykolyseverlauf bei Schweinen wird kontrovers diskutiert. Nach LINDBERG et al. (1973) bzw. ALBRECHT et al., (1977) trägt die bewegungsfördernde Haltung zur Verringerung des PSE-Vorkommens beim Schwein bei, für KRÜGER und DOMEL (1978) bzw. AUGUSTINI (1983) hat die Haltung keinen nennenswerten Einfluss auf die Fleischqualität.

Die Ursache für das gehäufte Auftreten von PSE-Fleisch bei den modernen Fleischrassen liegt somit in der genetisch determinierten Stressanfälligkeit dieser Rassen und in deren Belastung durch Transport und Schlachtung. Die Stressanfälligkeit stellt dabei die Voraussetzung dar, die Belastungsfaktoren sind dagegen als auslösende Momente anzusehen, wobei der genetischen Komponente die weitaus größere Bedeutung zukommt (SCHEPER, 1972; HILDEBRAND, 1974; AUGUSTINI, 1983; LENGERKEN et al., 1998). Die Stresslabilität der modernen Fleischrassen ist in der veränderten Mikrostruktur des Muskelaufbaus begründet. Der Anteil weißer Muskelfasern, die ihren Energiebedarf in erster Linie durch anaerobe Glykolyse decken, ist gegenüber stressresistenten Rassen deutlich erhöht (SWATLAND u. CASSENS, 1973). Untersuchungen von BERGMANN und WESEMEIER (1972) zeigen, dass in der Muskulatur PSE-anfälliger Schweine altersunabhängig ultrastrukturelle Veränderungen an den Mitochondrien zu finden sind, die nach CHEAH und CHEAH (1976) den erhöhten Efflux von Kalziumionen in Belastungssituationen erklärt. Die Bindungsfähigkeit des sarkoplasmatischen Retikulums für Kalzium nimmt nach Halothan-Inhalation ab (BRUCKER, 1971). Aus dem Versuch von WICKE et al. (2000) geht hervor, dass eine erhöhte Atractylat-gehemmte Atmung scheinbar ein zusätzlicher Marker für PSE-Fleisch ist. Die veränderte Atractylat-gehemmte Atmung könnte auf einen leicht erhöhten Ruheumsatz und/oder eine erhöhte Instabilität der Mitochondrien in der Muskulatur zurückführbar sein, so die Autoren.

Neben der genetisch bedingten Veränderung im Muskelaufbau weisen Schweine moderner Zuchtichtung Defizite im Herz-Kreislauf-, Atmungs- und Hormonsystem auf (CHRISTIAN, 1970; HILDEBRAND, 1974; TROEGER et al., 1998). Bei Belastung kommt es in Folge einer überhöhten Kalziumkonzentration im Sarkoplasma zu einer verstärkten Glykolyse. In Folge von

Kompensationsmängeln tritt eine Übersäuerung des Muskels mit rapidem pH-Abfall und ansteigender Körpertemperatur ein (CAMPION u. TOPEL, 1975; HONIKEL u. SCHWÄGELE, 1998).

Neben den genetischen Faktoren wirkt sich der Faktor Belastung negativ auf die Fleischqualität in Richtung von PSE-Charakter aus. Sowohl physische Belastung in Form von Muskelarbeit als auch psychische Belastung in Form von Stress beschleunigen den ATP-Abbau und damit die Geschwindigkeit der postmortalen Glykolyse. Stress ist ein Zustand vermehrter Erregung, der zur Ausschüttung von sogenannten Stresshormonen (Katecholamine) führt (SCHEUNERT u. TRAUTMANN, 1978). Laut FISCHER (1987) wird Stress durch bestimmte Umweltfaktoren (Stressoren) hervorgerufen, die ihrerseits eine emotionale Belastung bzw. Reaktion des Tieres in Form von Angst, Kampf, Erschrecken, Flucht etc. bewirken. Auf den Zusammenhang zwischen der erhöhten Belastung durch unsachgemäßen Transport (zu hohe Belegdichte, starkes Bremsen, zu weite Entfernungen, schlechte klimatische Transportbedingungen etc.) und verstärktem Auftreten von PSE-Fleisch wiesen MICKWITZ et al. (1971), SCHIEFER und SCHARNER (1975), MICKWITZ (1981) und TROEGER et al. (1998) hin. Eine Ausruhezeit vor der Schlachtung von etwa zwei Stunden wirkt sich nach Untersuchungen von KUHLING et al., (1969), PRANGE et al., (1977), LENGERKEN et al. (1977) und SACKMANN (1988) günstig auf die Fleischqualität beim Schwein aus. Zu kurze bzw. zu lange Erholungsphasen (<~ 1 h; >~ 4 h) haben jedoch negative Auswirkungen. Der unsachgemäße Zutrieb zur Betäubungsanlage kann in modernen Schlachtbetrieben zu Fleischqualitätsproblemen beitragen (TROEGER u. WOLTERS DORF, 1988). Bauliche geeignete Treibgänge, geeignete Treibhilfen und geschultes Personal können die Belastungsintensität vermindern (TROEGER, 1990 u. 1998). TROEGER und WOLTERS DORF (1988 u. 1989) stellen anhand von Katecholaminmessungen fest, dass die elektrische Betäubung, egal in welcher Variation, im Vergleich zu den anderen schlachtbedingten Belastungsfaktoren die mit Abstand bedeutendste stressverursachende Belastung für das Schwein darstellt. Zur Minimierung dieser Belastung muss die Betäubungsstromstärke so bemessen sein, dass die Tiere nach Betäubungsende kaum Krämpfe zeigen, wobei während der Betäubungsphase möglichst wenig Katecholamine freigesetzt werden sollen. Zur Verminderung der PSE-Rate beim Schwein als Folge der CO<sub>2</sub>-Betäubung trägt die sofortige Anwendung hoher CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bei. Einen weiteren Belastungsfaktor im Rahmen der Schlachttechnik stellt die Entblutetechnik dar. Der unmittelbar nach Betäubungsende einsetzende Entblutestich und das Entbluten der Schlachtschweine im Liegen bringt Qualitätsverbesserungen gegenüber der konventionellen Schlachttechnik mit sich (RÖSENER u. BRENNER, 1989). HONIKEL (1984 u. 1998) weist daraufhin, dass auch fehlerhafte Kühlung des Fleisches nach dem Schlachten die PSE-Eigenschaften verstärkt. Eine

Verringerung von Fleisch mit PSE-Eigenschaften setzt belastungsvermindernde und züchterische Maßnahmen voraus (SCHEPER, 1972; LENGERKEN et al., 1998; WICKE et al., 2000).

PSE-Fleisch ist als Ausgangsmaterial für bestimmte Fleischerzeugnisse wie z.B. Brühwurst oder Kochschinken ungeeignet (LEISTNER, 1980; MÜLLER, 1998). Für die Auswahl des Rohmaterials ist somit die frühe PSE-Diagnostik in der Praxis von großer Bedeutung (SCHEPER, 1972; STUMPE et al., 1990; FISCHER, 1999). Vor Ausbildung der eigentlichen PSE-Kondition weist PSE-Fleisch bereits 45 min. p.m. einen sehr niedrigen pH-Wert auf (HAMM u. POTTHAST, 1972; HONIKEL u. KIM, 1985). Nach Untersuchungen von SCHEPER und SCHÖN (1971) sowie FISCHER (1999) ist dieser pH<sub>1</sub>-Wert das Merkmal der Wahl zur Bestimmung der Fleischqualität in der Praxis. Nach REUL (1988) können dabei bei Schweinefleisch folgende Grenzwerte Anwendung finden:

Fleischqualität	gut	fraglich	schlecht
pH <sub>1</sub> -Wert	> 6,0	5,99 – 5,81	< 5,8

Durch Denaturierungsprozesse mit Schäden an den Muskelzellmembranen kommt es u.a. auch zum Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit im PSE-Fleisch, so dass Leitfähigkeitsmessungen eine weitere Methode zur Erkennung von PSE-Fleisch darstellen. In der jüngeren Literatur wird der Leitfähigkeits- oder LF<sub>1</sub>-Wert als eine entweder gleichwertige (STUMPE et al., 1990) oder bessere (REUL, 1988; SCHMITTEN et al., 1984) Alternative zum pH<sub>1</sub>-Wert für die frühzeitige Fleischqualitätsbestimmung in der Praxis eingestuft. HONIKEL et al. (1998) hingegen beschreiben, dass trotz entsprechender biochemischer Disposition die geschilderten Veränderungen in 30 bis 45 min p.m. nicht immer so weit fortgeschritten sind, dass schon am Schlachtband eine befriedigende klare Trennung von PSE- und normaler Qualität möglich ist. Für das Schweinefleisch werden folgende Grenzwerte vorgeschlagen (REUL, 1988):

Fleischqualität	gut	fraglich	schlecht
LF <sub>1</sub> -Wert	< 6,0	6,01 – 10,99	≥ 11,0

Im Gegensatz zur pH-Wert-Messung ist die Leitfähigkeitsmessung auch zur Erkennung von PSE-Fleisch bei gekühlten Schlachtkörpern geeignet (SCHMITTEN et al., 1984; REUL, 1988; STUMPE et al., 1990; FISCHER 1999). Jedoch gelingt die Unterscheidung von normaler und PSE-Kondition mit den bisher verfügbaren Leitfähigkeits-Messgeräten für Fleisch nur am intakten Schlachtkörper, aber nicht mehr an kleineren Teilstücken (z.B. Lachsfleisch, Oberschale). So driftet innerhalb kurzer Zeit nach der Zerlegung nicht nur die Leitfähigkeit von Proben mit mehr oder weniger PSE-typischen pH<sub>1</sub>-Werten, sondern auch die von Normalfleisch sehr stark nach oben ab. Dabei gleichen sich außerdem die LF-Werte soweit an, dass mit diesem

Merkmal eine Qualitätsdifferenzierung, die ja hinsichtlich Farbe und Wasserbindung nach wie vor besteht, nicht mehr möglich ist (FISCHER, 1999).

Auch beim Rind kann eine beschleunigte postmortale Glykolyse zu ähnlichen Fleischbeschafftheitsabweichungen wie beim Schwein führen. PSE-Rindfleisch muss prinzipiell ein gleiches Merkmalsmuster zugesprochen werden wie dem PSE-Schweinefleisch (HUNT u. HEDERICK, 1977; HOOF et al., 1986; FISCHER, 1987). Jedoch finden sich bezüglich der Häufigkeit des Auftretens von PSE-Fleisch beim Rind in der Literatur wesentlich niedrigere Angaben als für das Schwein. FISCHER und HONIKEL (1978) und ALI-SEID (1983) bezeichnen Rindfleischproben mit einem pH<sub>30</sub>-Wert < 6,0 als PSE-Fleisch. Das Auftreten dieser Fleischqualitätsabweichung ist bei Rindern vorwiegend auf den Musculus psoas major beschränkt (KHAN und BALLANTYNE, 1973). Die Ursache der PSE-Konstitution beim Rindfleisch ist bisher weniger geklärt. Die Ergebnisse von HOOF et al. (1986) bzgl. des stärkeren PSE-Auftretens bei Doppellendern gegenüber Nicht-Fleisch-Rassen lassen, ähnlich wie beim Schwein, eine genetische Disposition, die mit erhöhter Muskelfülle einhergeht, vermuten.

Die negativen Eigenschaften von **DFD-Fleisch** (dark, firm, dry = dunkel, fest, trocken) (POTTHAST u. HAMM 1976) rühren von seinem hohem End-pH-Wert her. Dieser liegt 24 - 28 Stunden post mortem oberhalb eines Wertes von 6,2. Dieser substantielle Mangel wird vor allem bei Rindern beobachtet (AUGUSTINI u. FISCHER, 1979). DFD-Rindfleisch, das in der Literatur häufig auch als DCB (dark cutting beef) bezeichnet wird, ist die Folge einer ante mortem verstärkt ablaufenden Glykolyse bzw. mangelnder Energiezufuhr (Mc VEIGH et al., 1982). Nach FISCHER (1987) tritt DFD nicht am gesamten Schlachtkörper auf, sondern in Muskeln, die größtenteils im Hinterviertel lokalisiert sind.

Wenn die in Form von Glykogen im Muskel vorliegenden Energiereserven vor dem Schlachten bereits weitgehend durch längere Nüchternung oder extreme Stresssituation in Verbindung mit Erschöpfungszuständen verbraucht sind, dann wird nach dem Schlachten über die Glykolyse keine Milchsäure mehr gebildet und der pH-Wert in der Muskulatur sinkt nur noch geringfügig ab. DFD-Fleisch ist wegen seiner unansehnlichen dunklen Farbe, seines faden Geschmacks und seiner „Leimigkeit“, vor allem aber wegen seiner verminderten Haltbarkeit, die durch den hohen pH-Wert bedingt ist, unerwünscht (HONIKEL und SCHWÄGELE, 1998).

Für den Konsumenten besitzt DFD-Fleisch trotz erhöhter Zartheit aufgrund seines Aromaverlustes einen herabgesetzten Genusswert (RHODES, 1973; WIRT et al. 1976). Nach ENDER und AUGUSTINI (1998) besitzt es eine eingeschränkte Verarbeitungseignung und ist als Frischfleisch ungeeignet.

### 2.2.2. Exogene Einflussfaktoren auf die Fleischqualität

Die Fleischqualität wird durch die Behandlung der Tiere vor der Schlachtung beeinflusst. Aussagen über die Auswirkungen bestimmter Belastungen sind jedoch nicht immer einheitlich. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Fleischqualität in der Praxis nie durch einen Belastungseinfluss allein, sondern durch viele sich gegenseitig beeinflussende Faktoren verändert wird. Die Monogastriden wie Schweine und Geflügel werden durch den Transport zum Schlachthof stärker als Wiederkäuer (Rinder, Schafe) in Mitleidenschaft gezogen (TROEGER et al., 1998). Zum anderen gibt es erhebliche Unterschiede in der Belastungsempfindlichkeit sowohl innerhalb als auch zwischen den Rassen. Stressempfindliche Schweine haben auch nach schonender Behandlung vielfach PSE-Fleisch, offensichtlich reicht hier allein der Schlachteinfluss aus. Stressunempfindliche Tiere dagegen sprechen auf eine schonende Behandlung vor der Schlachtung positiv an, zeigen jedoch bei starken Belastungen ebenfalls Fleischqualitätsabweichungen (LISTER et al., 1981).

Der **Transport** bringt erhebliche Belastungen mit sich (AUGUSTINI, 1982) und neben einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens können auch später feststellbare Schäden am Schlachtkörper sowie Mängel in der Gewebequalität hervorgerufen werden (FISCHER, 1994).

Im gesamten Verlauf eines Schlachtiertransportes, vom Treiben der Tiere aus der Mastbucht bis zum Eintreiben in die Wartebuchten am Schlachthof, sind mehrere typische Belastungsformen mit jeweils spezifischen Reaktionen von Bedeutung. FISCHER (1994) unterteilt sie in:

Motorische Belastung (Muskelarbeit) entsteht beim Zurücklegen der Treibwege, beim Ausbalancieren auf dem fahrenden Transportmittel, bei kämpferischen Auseinandersetzungen und bei Befreiungsversuchen aus beengenden Situationen, wenn z.B. mehrere Tiere übereinander liegen.

Psychische/ emotionale Belastungen ergeben sich aus Angst vor den unbekanntem Situationen beim Heraustreiben aus der gewohnten Umgebung (Mastbucht), beim Zusammentreffen mit unbekanntem Tieren und Personen, ggf. aufgrund roher Behandlung, Lärms usw. Emotionen lösen leicht ein sog. Fight-and-Flight-Syndrom mit rascher und intensiver Freisetzung von Katecholaminen aus.

Belastungen des Wärmehaushalts werden einerseits durch Kälte und Zugluft, andererseits durch Hitze und Schwüle, insbesondere bei unzureichender Gelegenheit zur Wärmeabgabe (hohe Belegdichte, schlechte Belüftung), verursacht. Kältereize haben kurzfristige Unruhe, Kältezittern und einen erhöhten Energieverbrauch zur Folge.

Mechanische Belastungen, die durch Schwachstellen bei den Verlade- und Transporteinrichtungen, rohe Behandlung durch das Personal (Schlagen, Stoßen), Rangkämpfe, Aufeinander-

fallen/ -treten von Tieren entstehen, können Verletzungen der Haut, aber auch tiefere Gewebeschichten (Risswunden, Quetschungen, Stauchungen, Knochenbrüche) verursachen. Damit verbundene Schmerzreize lösen wieder ein Fight-and-Flight-Syndrom aus.

Belastungen des Wasserhaushaltes ergeben sich vor allem bei unzureichender Wasserversorgung vor und nach dem Transport. Wasser ist im lebenden Organismus nicht nur ein äußerst wichtiges Transportmedium für Atemgase, Nährstoffe, Stoffwechselendprodukte, Wärme und vieles andere mehr, sondern es bietet dem Tier im Rahmen der Schweißbildung, der Speichelproduktion und der Schleimhautbefeuchtung auch die Möglichkeit, Verdunstungskälte zu erzeugen.

Belastungen durch die Verdauungstätigkeit entstehen, wenn Schlachttiere direkt nach umfangreicher Futteraufnahme auf den Transport geschickt werden. Die Verdauungsvorgänge sind an gesteigerte Blutversorgung gebunden, so dass hierdurch der Kreislauf zusätzlich beansprucht wird, was in Konkurrenz zur Durchblutung der Muskulatur und der Haut geschehen muss.

Die Belastungen können über biochemische und physiologische Kriterien gemessen werden. Dazu gehören Herz- und Atemfrequenzsteigerungen, Erhöhung der Körpertemperatur und der belastungsabhängigen Enzyme sowie die Erhöhung von Cortisol,  $\beta$ -Endorphin und Veränderungen des Hämatokritwertes (TROEGER et al., 1998). Zwischen dem Grad der Belastung und der Höhe des Enzymspiegels im Blut konnten LINGERKEN et al. (1977) allerdings keine linearen Beziehungen nachweisen. Andererseits hatten aber alle Tiere mit ausgesprochenen Extremwerten in den belastungsabhängigen Enzymen und Metaboliten nach der Schlachtung im Kotelettmuskel Qualitätsveränderungen im Sinne des PSE-Fleisches.

Die Entfernung und die Dauer der Transporte sind Belastungsfaktoren, denen in der öffentlichen Diskussion besondere Beachtung geschenkt wird. Grundsätzlich kann jedoch aus Entfernung und Dauer nicht allein auf die tatsächlich ausgeübte Belastung rückgeschlossen werden, da z.B. lange und ruhige Fahrten bei günstigen Verhältnissen (Möglichkeit zum Niederlegen, Wärmeabfuhr durch Lüftung) nicht besonders negativ auf die Tiere wirken (TROEGER et al., 1998). Dennoch ist einzuräumen und anhand von Herzfrequenzmessungen auch zu belegen, dass die Tiere während des Transports nie völlig zur Ruhe kommen, so dass Forderungen nach einer zeitlichen Begrenzung ihre Berechtigung haben. Bei der Festlegung einer Höchstdauer muss eine gewisse Sicherheitsspanne einkalkuliert werden (FISCHER, 1994). Unter deutschen Verhältnissen erscheint eine Transportdauer von 6 Stunden als Regelwert durchaus realisierbar, eine Höchsttransportdauer von 8 Stunden sollte keinesfalls überschritten werden (TROEGER et al., 1998).

Das **Wetter** beeinflusst nicht nur den Belastungsstatus der Tiere während der Fahrt, sondern es bestimmt auch mit, in welcher Kondition die Tiere überhaupt zum Transport gelangen und wie gut sie sich während der Wartezeit am Schlachthof erholen können. Mit steigenden Außentemperaturen ( $>18^{\circ}\text{C}$ ) nehmen die Transportverluste bei Schweinen zu (SCHÜTTE, 1994; TROEGER et al., 1998). Ist nicht nur die Außentemperatur erhöht, sondern auch der von der Luftfeuchtigkeit mitbestimmte sog. Schwülefaktor (Temperatur + zweifacher Dampfdruck), so wird es für die Tiere immer schwieriger, überschüssige Wärme abzugeben. Daraus resultieren Totalverluste und höhere Körper- bzw. Fleischtemperaturen mit einer Verschlechterung der Fleischqualität (LENGERKEN u. SCHMIDT, 1980; WÄHAUS, 1982). Allerdings können auch sehr niedrige Temperaturen auf dem Fahrzeug dazu beitragen, dass Schweine während des Transportes nicht zur Ruhe kommen und überdurchschnittlich hohe Herzfrequenzwerte aufweisen (TROEGER et al., 1998).

Mit dem Futterentzug (**Nüchterung**) von mehreren Stunden vor dem Transport und Schlachtung sollen zusätzliche Belastungen des Tieres durch einen vollen Verdauungstrakt und unnötige Futterverluste vermieden werden. Eine unzureichende Nüchterung verstärkt alle anderen Transport bedingten Belastungen und geht mit erhöhten Totalverlusten einher. Schweine, die 24 h vor dem Transport das letzte Futter aufnehmen, zeigen im Mittel die geringste Erhöhung der Herzfrequenz und deren schnellste Senkung nach dem Transportende. Andererseits sind längere Nüchterungszeiten immer mit Gewichtsverlusten verbunden. Sie liegen beim Schwein zwischen 0,12 und 0,20 % pro Stunde und werden zunächst durch die Ausscheidung von Kot und Harn verursacht. Die Entstehung von Verlusten an Schlachtkörpersubstanz beginnt wahrscheinlich zwischen 9 und 18 h nach der letzten Mahlzeit. Wegen ihres relativ größeren Verdauungstraktes sind bei Rindern nüchterungsbedingte Verluste an Schlachtkörpersubstanz geringer und je nach Begleitumständen auch außerordentlich variabel (FISCHER, 1994).

Futterentzug kann auch die spätere Fleischqualität beeinflussen (EIKELENBOOM et al., 1989). Dies trifft besonders beim Schwein zu. Im Vergleich zu einer nicht genücherten Tiergruppe trat bei der Gruppe mit 24-stündiger Nüchterungszeit vor dem Transport weniger PSE-Fleisch auf, die End-pH-Werte in Kotelett- und Schinkenmuskulatur lagen höher, ohne in den DFD-Bereich zu geraten. Die Muskelfarbe war somit dunkler und das Wasserbindevermögen besser (TROEGER et al., 1998).

Nachdem die transportierten Tiere den Schlachthof betreten haben, werden sie i.d.R. zwischenzeitlich nochmals aufgestellt (**Ausruhezeit**). Dies hat zunächst eine arbeitsorganisatorische Funktion, weil durch die Bereitstellung einer hinreichend großen Zahl an Tieren ein kontinuierlicher Schlachtablauf gewährleistet wird. Daneben kommt aber einer Ruhephase vor dem Schlachten auch die sehr wichtige Aufgabe zu, die Tiere in eine stabile Schlachtkondition zu bringen und somit zu einer Verbesserung der Fleischqualität beizutragen. Die Dauer solcher Ruhezeiten muss tierspezifisch, aber auch in Abhängigkeit von den jeweiligen Transport- und Aufstallungsbedingungen (Stallklima, Buchtengestaltung, Berieselung, allgemeine Unruhe usw.) betrachtet werden (FISCHER, 1994). Bei Schweinen ist der PSE-Anteil bei einer Schachtung direkt nach der Anlieferung am höchsten. Im Verlauf einer zwei- bis vierstündigen Ruhezeit geht er deutlich zurück (AUGUSTINI u. FISCHER, 1981; SACKMANN, 1988). Dies ist durch eine allgemeine Beruhigung der Tiere sowie eine Stabilisierung von Stoffwechsel, Kreislauf und Temperaturhaushalt zu erklären (FISCHER, 1994). Längere Ruhezeiten können zu erneuten Rangordnungskämpfen und einer wieder zunehmenden Belastung mit negativen Auswirkungen auf die Fleischqualität führen (TROEGER et al., 1998).

Rinder, insbesondere Jungbullen, sollten nach dem Transport möglichst umgehend geschlachtet werden. Eine zwischenzeitliche Verbringung in Wartebuchten sowie insbesondere der Kontakt mit fremden Artgenossen führt zu Aufregung und motorischer Aktivität, wie gegenseitiges Bespringen, was häufig über den vermehrten Verbrauch von Muskelglykogen zu Fleischqualitätsabweichungen (DFD-Fleisch) führt (TROEGER et al., 1998). Daneben besteht ein erhebliches Risiko, dass sich die Tiere verletzen und die von ihnen gewonnenen Schlachtkörper durch Blutergüsse im Wert gemindert werden (FISCHER, 1994).

### 2.2.3. spezielle Probleme der Geflügelfleischqualität

Qualitätsmängel sind auch bei dem Putenfleisch bekannt und können eine noch zunehmende ökonomische Bedeutung für die Geflügelwirtschaft gewinnen. Es häufen sich Hinweise, dass aufgrund intensiver Selektion auf Wachstum und Muskelfülle auch beim Geflügel ein aviäres, dem porcinen ähnliches, Stress Syndrom besteht, das eine erhöhte Anfälligkeit für verschlechterte Fleischqualität, Myopathien und Transporttod zur Folge hat (PINGEL u. BIRLA, 1982; STEPHAN, 1993; WICKE et al., 2000). So werden in jüngster Zeit häufiger Abweichungen der Fleischqualität in der Brustmuskulatur beobachtet und diskutiert (SOSNICKI, 1993; FERKET, 1995). SANTE et al. (1995) vermuten aufgrund der Tatsache, dass bei schnell wachsenden breitbrüstigen Puten mit überstürzter Glykolyse häufig ähnliche biochemische und physikochemische Abweichungen im Fleisch wie bei PSE-Schweinen zu beobachten sind, ebenfalls einen genetischer Defekt.

In der Tabelle 2 sind, nach Autoren gegliedert, die Ergebnisse mit verschiedenen Messmethoden zur Qualitätsbestimmung von Geflügelbrustmuskulatur aufgeführt. Die Autoren bildeten jeweils Gruppen aufgrund unterschiedlicher pH- bzw. L\*-Werte. Vergleicht man die Werte der unterschiedlichen Messmethoden miteinander, so sind hieraus Schlüsse bzgl. der Beziehungen zwischen den verschiedenen Fleischqualitätsparametern möglich.

In den Untersuchungen von FRONING et al. (1978), BABJI et al. (1982) und NGOKA et al. (1982) erfolgte die Bestimmung des Wasserbindungsvermögens (prozentualer Anteil an gebundenem Wasser), der Farbe bzw. des Pigmentgehaltes beim Geflügelfleisch jeweils erst 3 Wochen p.m. am rohem Fleischmaterial. Die Zartheit wurde jeweils am gekochten Fleisch ermittelt. Die Bestimmung der Farbe, der Zartheit und der Sarkomerenlänge erfolgte bei HILLERAND et al. (1991) 1 bzw. 6 Tage p.m. am rohem Brustmuskel. MOHAN RAJ und GREGORY (1991) ermittelten die Farb- und Scherwerte der gekochten Broilerbrustmuskulatur ca. 24 h p.m. BARBUT (1997) bildete unterschiedliche pH-Gruppen, indem er dem ursprünglichen pH-Wert der Putenbrustmuskulatur von 5,84 durch Zugabe von Natronlauge bzw. Salzsäure veränderte. Das Wasserhaltevermögen wurde nach dem Zentrifugieren, der Kochverlust im warmen und erkalteten Zustand, sowie die Scherkraft der zerkleinerten, gekochten Probe, gemessen. In der Untersuchung von OWENS et al. (2000) wurde eine Teilung der Proben von 134 Putenbrustmuskeln aufgrund der Helligkeit (L\*-Wert), 1,5 h post mortem, vorgenommen.

Tab. 2: Ergebnisse chemisch-physikalischer Messungen zur Qualität der Geflügelbrustmuskulatur

S	pH <sub>1</sub>	W	L*	a*	b*	GP	pH <sub>2</sub>	Autor
P	6,25	25,49 <sub>(1)</sub>	51,55 <sub>(1)</sub>	5,87 <sub>(1)</sub>	12,30 <sub>(1)</sub>	0,33 <sub>(1)</sub>	5,89	NGOKA
P	5,83	19,24 <sub>(1)</sub>	50,97 <sub>(1)</sub>	8,11 <sub>(1)</sub>	12,22 <sub>(1)</sub>	0,51 <sub>(1)</sub>	5,90	et. al., 1982
S	pH <sub>1</sub>	W	L*	a*	b*	GP	R	Autor
P	6,06	27,61 <sub>(1)</sub>	40,80 <sub>(1)</sub>	8,20 <sub>(1)</sub>	10,20 <sub>(1)</sub>	0,72 <sub>(1)</sub>	4,31 <sub>(1)</sub>	BABJI
P	5,99	21,63 <sub>(1)</sub>	48,90 <sub>(1)</sub>	5,10 <sub>(1)</sub>	11,80 <sub>(1)</sub>	0,47 <sub>(1)</sub>	4,64 <sub>(1)</sub>	et. al., 1982
S	pH <sub>1</sub>		L*	a*	b*		R	Autor
H	6,32		45,90 <sub>(1)</sub>	11,50 <sub>(1)</sub>	8,50 <sub>(1)</sub>		4,28 <sub>(1)</sub>	FRONING
H	6,26		41,10 <sub>(1)</sub>	15,70 <sub>(1)</sub>	8,30 <sub>(1)</sub>		5,88 <sub>(1)</sub>	et. al., 1978
S	pH <sub>1</sub>	KV	L*	a*	b*		R	Autor
H	6,50	25,99 <sub>(2)</sub>	54,74 <sub>(2)</sub>	1,79 <sub>(2)</sub>	-0,31 <sub>(2)</sub>		2,19 <sub>(2)</sub>	MOHAN RAJ
H	6,39	26,55 <sub>(2)</sub>	54,77 <sub>(2)</sub>	1,49 <sub>(2)</sub>	-0,25 <sub>(2)</sub>		2,02 <sub>(2)</sub>	et. al., 1991
H	5,91	26,07 <sub>(2)</sub>	52,74 <sub>(2)</sub>	2,06 <sub>(2)</sub>	-0,44 <sub>(2)</sub>		1,80 <sub>(2)</sub>	
S	pH <sub>1</sub>	KV	L*	a*	b*		R	Autor
P	hoch	22,20 <sub>(3)</sub>	48,58 <sub>(2)</sub>	4,68 <sub>(2)</sub>	6,58 <sub>(2)</sub>		4,02 <sub>(2)</sub>	HILEBRAND
P	mittel	22,50 <sub>(3)</sub>	48,76 <sub>(2)</sub>	4,12 <sub>(2)</sub>	6,63 <sub>(2)</sub>		3,76 <sub>(2)</sub>	et. al., 1991
P	niedrig	20,70 <sub>(3)</sub>	48,17 <sub>(2)</sub>	4,95 <sub>(2)</sub>	6,07 <sub>(2)</sub>		2,80 <sub>(2)</sub>	
S	pH <sub>1</sub>	SL	L*	a*	b*			Autor
P	hoch	1,75 <sub>(2)</sub>	49,62 <sub>(3)</sub>	4,43 <sub>(3)</sub>	6,79 <sub>(3)</sub>			HILEBRAND
P	mittel	1,72 <sub>(2)</sub>	49,67 <sub>(3)</sub>	4,33 <sub>(3)</sub>	6,81 <sub>(3)</sub>			et. al., 1991
P	niedrig	1,89 <sub>(2)</sub>	48,36 <sub>(3)</sub>	5,02 <sub>(3)</sub>	6,98 <sub>(3)</sub>			
S	pH	KV <sub>(warm)</sub>	KV <sub>(kalt)</sub>	WHC			R	Autor
P	4,5	29,9	28,0	-50,4			1,7	BARBUT
P	5,5	19,8	11,6	-37,6			2,3	1997
P	6,5	10,6	8,6	-1,4			4,2	
P	7,5	0,1	0,1	0,0			6,7	
S	Farbe	L* <sub>(1,5h)</sub>	L* <sub>(24h)</sub>	pH <sub>(1,5h)</sub>	W	D		Autor
P	normal	47,31	48,99	6,09	23,41	0,72		OWENS
P	hell	56,85	54,72	5,72	32,31	2,52		et. al., 2000

(1; 2; 3) = Messzeitpunkt 20 Tage p.m.; 1 Tag p.m.; 6 Tage p.m.

W = Anteil an locker gebundenem Wasser im Fleisch (%)

GP = Gesamtpigmentgehalt im Muskel (mg/g Fleisch)

R = Widerstand bei der Scherwertbestimmung des Fleisches (kg)

SL = Sarkomerlängen (µm)

KV = Kochverlust (%)

D = Tropfverlust (%)

WHC = Wasserhaltekapazität (%)

pH<sub>1/2</sub> = frühpostmortaler pH / End-pH

L\*, a\*, b\* = Farbwerte

S = Spezies (P = Pute; H = Hähnchen)

Große Auswirkungen auf die Fleischqualität haben nach FLETCHER (1992) die sogenannten „Kurzzeitfaktoren“, d.h. Faktoren, die unmittelbar (< 24 h) vor der Schlachtung durch eine stressbedingte Beeinflussung des biochemischen Muskelstoffwechsels Veränderungen in der Fleischqualität verursachen können. Diese können insbesondere bei schnell wachsenden, breitbrüstigen Puten zu einer unphysiologisch verlaufenden Glykolyse führen, die sich negativ auf die Fleischqualitätsparameter pH-Wert/ pH-Verlauf, Zartheit/Scherkraft, Wasserbindungsvermögen/ Kochverlust und Farbe/Farbstabilität auswirkt (FRONING et al., 1978; BABJI et al., 1982; PINGEL u. BIRLA, 1982; SOSNICKI, 1993; SANTE et al., 1995). EHINGER (1978) sowie EHINGER u. GSCHWIND (1981) kommen nach Untersuchungen an Broilern zu dem Schluss, dass eine hohe Fleischleistung infolge prämortaler Belastungen die Fleischqualität verschlechtert. Auch der beschleunigte Eintritt des Rigors beeinträchtigt die Qualität der Putenbrustmuskulatur und steht nach SANTE et al. (1991) und SOSNICKI u. WILSON (1991, 1992) in enger Verbindung mit der Züchtung auf Schnellwüchsigkeit. GRASHORN u. ELWINGER (1993) ermittelten an Broilern eine signifikant negative Korrelation zwischen pH<sub>1</sub>-Wert und Scherkraft. Die mit einer überstürzten Glykolyse teilweise einhergehenden Veränderungen der Fleischfarbe (Fleischfarbmesswerte) ließen in Einklang mit früheren Untersuchungen (BARBUT, 1993; SWATLAND u. BARBUT, 1995; BARBUT, 1997) eine Korrelation mit den Fleischqualitätsparametern pH-Wert, Wasserbindungsvermögen, Kochverlust und Textur erkennen. Beim Geflügel ist jedoch, im Unterschied beispielsweise zu PSE-Abweichung im Schweinefleisch, kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Glykolyseverlauf (pH-Wert- und Temperaturverlauf p.m.), Helligkeit/Weißfleischigkeit und Zartheit des Fleisches herzustellen (FLETCHER, 1991; HILLEBRAND et al., 1991; MEIERING, 1995).

Die Auswirkungen von Belastungsfaktoren auf Farbe und Farbstabilität sind bei Geflügelfleisch noch nicht abschließend untersucht und werden in der Literatur unterschiedlich beurteilt. Neben genetischen und fütterungsbedingten Schwankungen werden auch exogene Stressfaktoren für abweichende Farbmesswerte verantwortlich gemacht. Nach FLETCHER (1991) sind dafür jedoch noch andere Ursachen als eine beschleunigte postmortale Glykolyse verantwortlich. Auch MEIERING (1995) konnte bei Putenfleisch, im Gegensatz zu Schweinefleisch, keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen Glykolyseverlauf, Fleischhelligkeit und Zartheit feststellen.

Eine kanadische Forschergruppe zeigt Hinweise auf, die prinzipiell die Möglichkeit der Erkennung derartiger Mängel im Putenbrustfleisch durch spektrophotometrische Farbmessungen und darauf basierende weitere Rückschlüsse bzgl. pH-Wert, Wasserbindungsvermögen, Textur und Kochverlust darstellen (BARBUT, 1993; SWATLAND u. BARBUT, 1995; BARBUT et al., 1995). Weiches, wässriges Fleisch zeigt demnach eine hellere Farbe (BARBUT, 1994).

Ob PSE- oder DFD-Fleischqualitätsabweichungen bei Geflügelschlachtkörpern vorkommen, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. FRONING et al. (1978), LOCKYER und DRANSFIELD (1986) und SEEMANN (1986) bezweifeln dies. Andere Autoren beschreiben PSE- und DFD-Merkmale bei Geflügel (TROJAN u. NIEWIAROWICZ, 1971; HOOF u. DEZEURE-WALLAYS, 1980; RISTIC, 1981; STEPHAN, 1993; SAMS, 2000). Die Autoren klassifizieren Brustfleisch als PSE-, DFD-, oder Normalfleisch anhand des postmortalen pH-Verlaufes. Danach liegt PSE-Fleisch vor, wenn ein End-pH-Wert von  $< 5,7$  innerhalb weniger Minuten p.m. erreicht ist. DFD-Fleisch ist durch einen End-pH-Wert 24 h p.m. von  $> 6,2$  charakterisiert. Liegt erst 3 h post mortem ein End-ph-Wert von  $< 5,7$  im Brustfleisch von Puten vor, so wird dieses als Normalfleisch bezeichnet.

Falls der Rigor zwischen 0,5 und 1 h p.m. bei einem End-pH-Wert  $< 5,8$  einsetzt, kommt es infolge noch hoher Fleischtemperaturen ( $> 35^{\circ}\text{C}$ ) und niedrigem pH-Wert zu Protein-Denaturierung, die letztlich zu blassem, weichem und wässrigem Putenbrustfleisch (PSE-Fleisch) führt, ähnliches gilt für Broiler-Fleisch (BENDALL u. WISMER-PETERSEN, 1962; STEPHAN u. DZAPO, 1992; SANTE et al. 1995). Nach SANTE et al. (1991) geschieht das Einsetzen des Rigor mortis im Putenbrustmuskel physiologisch sehr schnell und ähnlich dem beim Schwein, aber mit einem etwas höheren End-pH-Wert. ARTEAGRA und NAKAI (1992) stellten fest, dass das Myosin des Putenbrustmuskels empfindlicher gegenüber hohen Temperaturen ist als das von Säugetiermuskeln. Aus diesem Grunde ist es möglich, dass der Putenmuskel eher zu PSE-Kondition neigt, als die Kotelett- und Schinken-Muskulatur des Schweins.

Die PSE-Kondition der Putenbrustmuskulatur wurde lange nicht als problematisch bewertet, obwohl schon MA und ADDIS (1973) feststellten, dass der pH-Abfall in der Brustmuskulatur vieler Putenschlachtkörper schneller war als in Schweinemuskulatur mit PSE-Eigenschaften. Erst mit den wachsenden Marktanteilen des Putenfleisches in jüngster Zeit wird eine mögliche PSE-Kondition der Putenbrustmuskulatur verstärkt diskutiert (SOSNICKI, 1993).

Der rasante genetische Fortschritt in der Mastleistung hat, wie bei anderen Tierarten, auch in der Geflügelmast zu unerwünschten Leistungsveränderungen in anderen Merkmalskomplexen geführt, wobei vor allem die Bereiche Konstitution und Fleischqualität zu nennen sind (STEPHAN et al., 1990; STEPHAN u. DZAPO, 1992).

Stellt man die Schlachtkörperzusammensetzung und die histometrischen Kenngrößen in Zusammenhang mit der Fleischqualität, so wird deutlich, dass Tiere mit hohem Schlachtkörpergewicht, hohem Brustmuskelanteil, hoher CK-Aktivität und Faserhypertropie eher zur Entwicklung von Fleischqualitätsmängeln neigen. Ähnliches zeigt sich auch für die Beziehung zwischen Qualitätskennzeichen und Parametern der mitochondrialen Atmung. Tiere mit hoher mitochondrialer Atmungsrate zeigen überdurchschnittlich häufig schlechte Fleischbeschaffenheit (WICKE et al., 2000).

Mit einer veränderten Stoffwechselsituation im Skelettmuskel sind pathologische Veränderungen in der histologischen Struktur der quergestreiften Skelettmuskulatur gekoppelt, die ihren Ausdruck u.a. im Auftreten sogenannter Riesenfaser (giant fibers) finden. Trotz der vorhandenen Meinungsverschiedenheiten im Schrifttum über die Bedeutung der einzelnen Fasertypen für die Muskelphysiologie wird ein großer Faserdurchmesser einheitlich als negativ für die Belastungsstabilität und die Fleischqualität eingeschätzt. Die Erlangung eines hohen Fleischansatzes durch viele dünne Fasern (Hyperplasie = Faservermehrung) gegenüber wenigen dicken Fasern (Hypertrophie = Faserwachstum) wird muskelphysiologisch wesentlich günstiger eingeschätzt (WICKE et al., 2000). Histologische Untersuchungen zeigen auf, dass bei schnell wachsenden Puten- und Broiler-Rassen die Muskelfasern ihre Struktur verändern, sie hypertrophieren. CASSENS et al. (1969) beschreiben das typische Erscheinungsbild dieser Riesenfaser. Sie sind rund und i.d.R. länger und breiter als die sie umgebenden Muskelfasern. SOSNICKI und WILSON (1991) wiesen bei fleischreichen Putenrassen nach, dass das Wachstum der Muskelfasern wesentlich schneller verläuft als das des umgebenden Bindegewebes und der Kapillaren, was sich nach GREY et al. (1986) negativ auf die Qualität des Putenbrustfleisches auswirkt. Der Durchmesser der Brustmuskelfaser erhöht sich in den ersten 15 Lebenswochen um das 35-fache, während das Wachstum des umgebenden Bindegewebes wesentlich geringer ausfällt. Das im Vergleich zum Bindegewebe übermäßige Wachstum der Brustmuskulatur führt zu vermindertem Zusammenhalt daraus hergestellter Produkte (SWATLAND, 1990).

SOSNICKI et al. (1991) sowie SOSNICKI und WILSON (1991) berichten, dass sich bei Puten, die eine hohe Wachstumsrate aufweisen, das Blutgefäßsystem im Muskel nicht an die Riesenfaser anpasst. Der vergrößerte Durchmesser der Muskelfasern geht einher mit einem verlängerten Diffusionsweg für Sauerstoff. Als eine Folge der hieraus resultierenden Hypoxie und der physiologisch geringen oxidativen Kapazität der Brust- und Schenkel-Muskulatur beim Geflügel wird durch anaerobe Stoffwechselvorgänge Lactat produziert, was zur Azidose im

Putenmuskel führen kann. WICKE et al. (2000) sehen eine mögliche Erklärung für den im Geflügel typisch raschen postmortalen pH-Abfall in der Muskulatur durch eine insgesamt geringe Metabolisierung von Pyruvat. Puten mit schlechter Fleischqualität zeigten eine erheblich eingeschränkte relative Pyruvat-Verwertung. Das durch die Glykolyse gebildete Pyruvat könnte bei einer limitierten Pyruvat-Verwertung verstärkt in Laktat umgewandelt werden, was einen intramuskulären pH-Abfall bereits prä mortal im Sinne einer Präkonditionierung zur Folge hätte; postmortal wäre dann eine weitere Verstärkung der Azidose vom niedrigeren Ausgangsniveau aus zu vermuten, so die Autoren.

Gleichzeitig kommt es durch die verminderte Produktion energiereicher Verbindungen zum Anstieg der Kalzium-Permeabilität des sarkoplasmatischen Retikulums und der mitochondrialen Membran. Die Aktivierung von Proteasen und Phospholipasen führt zu irreversiblen Muskelzellschäden (QUALI, 1990). Das Resultat sind histopathologische Veränderungen der Muskulatur, die als fokale Myopathien bezeichnet werden. Hierbei handelt es sich um segmentale bis großflächige Muskel-Nekrosen sowie um Überkontraktionen der Muskelfasern (SILLER, 1985; SOSNICKI et al., 1989; SWATLAND, 1989, 1990; SOSNICKI u. WILSON, 1991;). CHEREL et al. (1992) stellten bei 1200 untersuchten Proben von Putenschenkeln etwa 30 % Nekrotierungen und 70 % überkontrahierte Fasern fest. Das Auftreten von lokalen Myopathien korreliert positiv mit der Wachstumsrate und dem Alter von modernen Putenrassen (WILSON et al., 1990). Untersuchungen von MILLS und NICOLI (1990) zeigen auf, dass Stress u. a. über die Verstärkung der lokalen Ischämie im Brustmuskel moderner Putenrassen den glykolytischen Metabolismus der Riesenfaser erhöht, was eine ausgeprägtere Azidose im Muskel zur Folge hat. Unter diesen Bedingungen können die lokalen Myopathien in den verschiedenen Putenmuskeln wesentlich stärker ausfallen (SOSNICKI u. WILSON, 1991).

Nach HENCKEL (1992) sowie SEEMANN und KOSLOWSKI (1982) liegt beim Geflügel physiologisch ein geringer Anteil an  $\beta$ -R-Muskelfasern vor. Diese Fasern sind aufgrund ihrer hohen oxidativen Kapazität für Dauerbelastungen geeignet. Durch intensive Selektion auf Fleischzuwachs hat sich bei den modernen Geflügelrassen der Anteil der  $\beta$ -R-Fasern zugunsten der  $\alpha$ -R- bzw.  $\alpha$ -W-Fasern noch mehr vermindert, woraus sich eine höhere Anfälligkeit gegenüber Umweltbelastungen ergibt. Insbesondere die  $\alpha$ -W-Fasern sind durch eine hohe glykolytische Kapazität gekennzeichnet. Werden moderne Geflügelrassen, mit Muskulatur mit hoher glykolytischer Kapazität (HENCKEL, 1992) und/oder hypertrophen Muskelfasern (SOSNICKI u. WILSON, 1991) starken Umweltbelastungen ausgesetzt, so kann es zu einem verstärkten anaeroben Muskelstoffwechsel mit dramatischem pH-Abfall in Muskulatur und Blut kommen.

Es wird davon ausgegangen, dass auch beim Geflügel ein aviäres, dem porcinen ähnliches, Stress-Syndrom besteht, das eine erhöhte Anfälligkeit für verschlechterte Fleischqualität, Myopathien und den Transporttod zur Folge hat (PRINGEL u. BIRLA, 1982; STEPHAN, 1993). Aufgrund der Tatsache, dass bei schnell wachsenden, breitbrüstigen Puten mit überstürzter Glykolyse häufig ähnliche biochemische und physiko-chemische Abweichungen im Fleisch wie bei PSE-Schweinen zu beobachten sind, wird ebenfalls ein genetischer Defekt im Ryanodin-Rezeptor vermutet (SANTE et al., 1995). PERCIVAL et al. (1994) und OWENS et al. (2000) jedoch vermuten in Geflügel, aufgrund ihrer Untersuchung zur Halothan-Empfindlichkeit von Puten, zwei Isoformen des Ryanodin Rezeptors, im Gegensatz zum Schwein, wo von nur einer Isoform ausgegangen wird.

Das Auftreten von PSE-Fleisch bei Putenschlachtkörpern steht demnach im Zusammenhang mit der Zucht und Produktion dieser Tiere. Negativ auf die Fleischqualität wirken sich zudem eine Belastung der Puten während Transport und Schlachtung sowie unzureichende Kühlbedingungen aus (SOSNICKI, 1993).

## 2.3. Methoden zur Bestimmung der Fleischqualität

### 2.3.1. Die elektronische pH-Messung

Die Geschwindigkeit des pH-Wertabfalls ist bei jeder Tierart unterschiedlich. Deshalb müssen zur Erfassung von Fleischqualitätsabweichungen tierartspezifisch unterschiedliche Messzeitpunkte gewählt werden. Die VwVFIHG enthält die pH-Grenzwerte für PSE- und DFD-Fleisch bei Schwein und Rind. Danach ist eine beschleunigte Glykolyse beim Schwein definiert durch einen pH-Wert 45 min p.m.  $\leq 5,6$  (M. longissimus dorsi) bzw.  $\leq 5,8$  (M. semimembranosus). Ist der pH-Wert 45 min p.m. beim Rind  $\leq 6,0$  (M. longissimus dorsi), liegt PSE-Fleisch vor.

Das Geflügelfleischhygiene-Recht enthält bisher keine Angaben über pH-Grenzwerte bzgl. PSE- oder DFD-Fleisch. Nach SOSNICKI und WILSON (1991) liegt PSE-Fleisch bei der Pute vor, wenn der End-pH 30 bis 60 min p.m. erreicht wird und dabei Werte unter 5,8 annimmt.

PIETRZAK et al. (1994) berichtet, dass ein pH-Wert 1 h p.m. von 5,7 notwendig war, um PSE-Merkmale im Fleisch herbeizuführen. Nach SANTE et al. (1991) hatten die Puten mit PSE-Kondition bereits 20 min post mortem einen pH-Wert von 5,75.

### 2.3.2. Die Bestimmung des Leitfähigkeitswertes

Die Leitfähigkeit stellt das Produkt aus Leitwert und Messzellenkonstante dar, wobei letztere von der Geometrie der Messelektroden (Elektrodenfläche, Elektrodenabstand) abhängt (PLIQUETT u. PLIQUETT, 1998). Unter der Leitfähigkeit als Kriterium zur Beurteilung der Fleischqualität versteht man die Fähigkeit des Fleisches, elektrischen Strom zu leiten (FELDHUSEN et al., 1987). Gemessen wird die sogenannte „komplexe Leitfähigkeit“ in mS/cm. Der Leitfähigkeitswert (LF-Wert) ist ein Maß für die Leitfähigkeit (REUL, 1988). Die Höhe des LF-Wertes ist abhängig von verschiedenen strukturellen Gegebenheiten der Muskulatur.

Lebendes Gewebe ist ein schlechter elektrischer Leiter, da die intra- und interzellulären Flüssigkeiten durch isolierte Membranen voneinander getrennt sind. Im Verlauf der Denaturierungsprozesse, die zur PSE-Kondition führen, kommt es auch zu Läsionen an den Zellmembranen, so dass diese vorzeitig ihre Sperrfunktion verlieren. Dies hat zur Folge, dass Intrazellulärflüssigkeit in den extrazellulären Raum austreten kann, wodurch sich dieser vergrößert, während die Zellen schrumpfen. Dabei geht auch die Fähigkeit der Zellmembranen, als Kondensatoren zu wirken, verloren (FISCHER, 1999). Bedingt durch den nun erleichterten Ionenaustausch zwischen den Kompartimenten des Muskelgewebes und den verminderten kapazitiven Widerstand der Membranen erhöht sich die elektrische Leitfähigkeit.

Die Leitfähigkeitsmessung erfolgt mit einem Leitfähigkeitsmessgerät. Es handelt sich um ein messtechnisch unkompliziertes Verfahren (keine häufige Kalibrierung, unempfindliche Elektroden). Die LF-Messung bei Schweineschlachtkörpern erweist sich im Vergleich zur pH-

Messung sowohl in der Schlachtkette als auch 24 h p.m. an der gekühlten Schlachthälfte als leicht durchführbar (FELDHUSEN et al., 1987).

Die PSE-Diagnose anhand des pH-Wertes ist nur an der Schlachtkette möglich, wohingegen die Leitfähigkeitsmessung sowohl eine früh- als auch spät-postmortale PSE-Diagnostik ermöglicht (STUMPE et al., 1990). HONIKEL et al. (1995) schildern, dass keine befriedigende Trennung von PSE- und normaler Qualität im Schlachtband möglich ist. Die LF-Messung erlaubt jedoch keine Differenzierung zwischen normalem und DFD-Fleisch (WARRISS et al., 1991).

Nach REUL (1988) und GRESHAKE et al. (1988) bedeutet ein LF-Wert 60 min. p.m. von  $\leq 6,0$  im M. longissimus dorsi des Schweins eine gute Fleischqualität und ein LF-Wert von  $\geq 11,0$  PSE-Fleisch. Dazwischen wird die Fleischqualität als fraglich eingestuft. Nach FISCHER (1999) ist die Unterscheidung von normaler und PSE-Kondition mit den bisher verfügbaren Leitfähigkeits-Messgeräten für Fleisch nur am intakten Schlachtkörper, aber nicht mehr an kleineren Teilstücken (z.B. Lachsfleisch, Oberschale) möglich. So driftet innerhalb kurzer Zeit nach der Zerlegung nicht nur die Leitfähigkeit von Proben mit mehr oder weniger PSE-typischen  $\text{pH}_1$ -Werten ( $< 5,6$ ;  $5,6 - 6,0$ ), sondern auch die von Normalfleisch ( $\text{pH}_1 > 6,0$ ) sehr stark nach oben ab. Dabei gleichen sich außerdem die LF-Werte soweit an, dass mit diesem Merkmal eine Qualitätsdifferenzierung nicht mehr möglich ist, so der Autor.

Literaturangaben zur Anwendung der Leitfähigkeitsmessung bei Geflügelfleisch sind gering.

In der Untersuchung von STEPHAN et al. (1990) wurden in 81 % der Broilerschlachtkörper LF-Werte von unter 7 mS/cm, 45 min p.m., gemessen. Lediglich bei 7 % der Tiere lagen die Werte über 11. Nach MEIERING (1995) ist die Unterscheidung von normaler und PSE-Kondition mit der Leitfähigkeitsmessung möglich, ein LF-Wert 60 min p.m. von  $< 5,6$ , gemessen im Brustmuskel der Pute, bedeutet eine gute Fleischqualität und ein LF-Wert von  $\geq 5,6$  PSE-Fleisch. Der LF-Grenzwert für gute Fleischqualität 24 Stunden post mortem wurde mit  $< 6,3$  angegeben.

### 2.3.3. Die Bestimmung der Fleischfarbe

Zur Beurteilung von Fleisch und Fleischerzeugnissen wird neben anderen Qualitätsmerkmalen (Geruch, Geschmack, Festigkeit) vielfach auch die Farbe herangezogen, denn der Farbeindruck eines Erzeugnisses spielt oft die entscheidende Rolle beim Kauf (RÖDEL, 1990; HONIKEL, 1999). Die visuelle subjektive Einschätzung durch den Menschen hat den großen Nachteil, dass das Ergebnis nicht reproduzierbar und damit auch nicht standardisierbar ist. Daher gewinnen apparative Farbmessungen immer mehr an Bedeutung (KLETTNER u. STIEBING, 1980; STIEBING u. KLETTNER, 1980).

Nach HONIKEL (1999) gibt es im Fleisch drei hauptsächliche Einflussfaktoren, die zu dessen Farbe beitragen:

- 1) Der Gehalt des Pigments Myoglobin. Er ist in den verschiedenen Muskeln variabel und hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie der Spezies, der Rasse, dem Muskel, der Fütterung und dem Alter des Tieres.
- 2) Die Behandlung des Tieres vor dem Schlachten (Stress), der Schlachtvorgang und der anschließende pH-Wert- und Temperaturabfall spielen eine Rolle.
- 3) Während der Zerlegung, Lagerung und Distribution findet Sauerstoffbindung und Oxidation von Myoglobin statt, welche die Farbe verändert.

Neben der reinen Fleischhelligkeitsmessung ist auch eine komplexere Farbmessung möglich. Bei dieser Farbmessung geht man von einem 3-dimensionalen Koordinatensystem aus, wobei beim CIE-Lab System die Farbmesszahlen  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  benutzt werden. Der  $L^*$ -Wert gibt die Lage auf der Hell-Dunkel-Achse an (0 = schwarz, 100 = weiß). Durch  $a^*$ - und  $b^*$ -Wert werden im Koordinatensystem die Farbtöne charakterisiert. Die Rotheit ist durch positive  $a^*$ -Werte gekennzeichnet, negative  $a^*$ -Werte charakterisierten den Grünbereich. Positive  $b^*$ -Werte sind ein Maß für den Gelbton und negative  $b^*$ -Werte beschreiben den Blaubereich. Je größer die absolute Zahl, desto höher ist die Sättigung des jeweiligen Farbtönen (KLETTNER u. STIEBING, 1980; RÖDEL, 1991; HONIKEL, 1998). Die Dreibereichs-Farbmessung bei Fleisch und Fleischwaren ist mittels verschiedener Messgeräte möglich. Dabei sind neben der Festlegung der allgemeinen Messbedingungen wie Lichtarten, Beobachtungswinkel und Messöffnung insbesondere die Probenvorbereitung, die Inhomogenität und die Messzeit besonders zu beachten (KLETTNER u. STIEBING, 1980; HONIKEL, 1998). Für wissenschaftliche und praktische Aufgabenstellungen hat sich das Minolta-Chromameter CR-300 bewährt (RÖDEL, 1991).

McCURDY et al. (1996) zeigen signifikante Korrelationen zwischen Farbe, pH-Wert, Wasserhaltekapazität und Textur-Eigenschaften in Puten auf. Ähnliche Ergebnisse werden von BARBUT (1997) berichtet. Infolge der aufgezeigten Korrelationen zwischen Fleischqualitätsparametern auf der einen und der Fleischfarbe auf der anderen Seite schlägt BARBUT (1997) vor, dass ein Farbmesssystem als Methode verwendet werden könnte, um Geflügel-PSE-Fleisch, zu isolieren.

#### 2.3.4. Physikalische Messung des Wasserbindungsvermögens

Das Wasserbindungsvermögen (WBV) ist nach HAMM (1977) definiert als das Vermögen des Gewebes, das in ihm von Natur aus enthaltene Wasser oder zugesetztes Wasser bei Anwendung eines definierten Zwanges, z. B. eines bestimmten Druckes, festzuhalten. Dieses ist bedeutsam für die Fleischqualität, da der Flüssigkeitsverlust beim Kühlen und der Saftaustritt beim Auftauen sowie bei der Zubereitung im wesentlichen von diesem Kriterium abhängen.

Das WBV wird vielfältig gemessen, im unerhitzten Zustand z.B. als Tropfsaft. Zentrifugier- bzw. Saugmethoden bringen ein rascheres Ergebnis, da sie den Saftaustritt beschleunigen. Beim Erhitzen wird vor allem durch Schrumpfung der myofibrillären Proteine und des Kollagens Wasser als Kochverlust freigesetzt (HONIKEL, 1994 u. 1998).

Bei der Bestimmung des Tropfsaftverlustes von Fleisch misst man die Menge des aus einem Fleischstück ohne äußere Einwirkung während ein- bis mehrtägiger Lagerung austretenden Fleischsaftes. Der Saft tritt an der Oberfläche des Fleisches aus dem Raum zwischen den Muskelfasern aus. Einen beschleunigten Austritt des Tropfsaftes innerhalb 30-60 min kann man durch Zentrifugieren eines Fleischstückes erreichen. Die Zentrifugalkräfte führen zu einem raschen Austritt des nur locker gebundenen Saftes aus dem Fleisch. Das am häufigsten angewendete Verfahren zur Bestimmung des Wasserbindungsvermögens ist die Bestimmung der Flüssigkeitsfläche mittels der Filterpapier-Pressmethode nach Grau - Hamm (1957). Ähnlich wie bei der Zentrifugiermethode wird durch Anwendung eines äußeren Drucks innerhalb weniger Minuten das nur locker gebundene Wasser aus dem Fleisch gepresst.

Eine weitere, der Praxis sehr nahestehende Verfahrensweise ist die Bestimmung des Grill- bzw. des Kochverlustes in einem Wasserbad zum Ermitteln des Erhitzungsverlustes bei Fleisch (HONIKEL, 1998). Die verschiedenen Muskelproteine denaturieren bei verschiedenen Temperaturen zwischen 37 und 75°C. Auch die Lipiddoppelschicht von Zellmembranen wird desintegriert. Denaturierung verursacht Längs- und Querschrumpfen von ungelösten Muskelproteinen und Bindegewebe und die Koagulation und Unlöslichwerden von löslichen Sarkoplasmproteinen. All diese Ereignisse beeinflussen den Kochverlust von Fleisch, vor allem die Veränderung des Bindegewebes wirkt sich entscheidend aus (HONIKEL, 1999).

### 3. Aufgabenstellung für eigene Untersuchungen

In der Literatur gibt es eine Vielzahl von Hinweisen darauf, dass aufgrund intensiver Selektion auf Wachstum und Muskelfülle auch beim Geflügel ein dem porcinen ähnliches Stress-Syndrom besteht, das eine erhöhte Anfälligkeit für verschlechterte Fleischbeschaffenheit zur Folge hat. Die Fleischqualitätsmängel der Pute, die mit der Intensivierung des Wachstums der Muskulatur vermehrt auftreten, erfordern verstärkte Forschung zur Klärung der physiologischen Zusammenhänge und zur Erarbeitung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung in Zucht und Produktion. Neuere Erkenntnisse weisen auf einen genetischen Defekt des Ryanodin-Rezeptors im Geflügelfleisch hin. Die Folgen dieses Defektes werden mit verschlechterter Fleischqualität im Sinne von PSE- Fleisch beschrieben.

Bisherige Untersuchungen geben keine aussagefähigen Angaben über den Zusammenhang zwischen prämortalen Belastungsfaktoren und abweichender Fleischqualität wieder. So werden zum Beispiel jahreszeitlich bedingte Temperatureinflüsse im Auftreten von blassem, weichem und wässrigem Fleisch beobachtet.

Die eigenen Untersuchungen erfolgten im Rahmen des Forschungsprojektes „Untersuchung der Zusammenhänge zwischen externen Belastungsfaktoren und Fleischqualität von Puten“. Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln der industriellen Gemeinschaftsforschung (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie (FEI) gefördert (Projekt-Nr.: AiF-FV 11768 N). Kooperationspartner waren die Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach sowie drei kommerzielle Schlacht- und Verarbeitungsbetriebe in Deutschland.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es:

- 1) die Beeinflussung der Fleischqualität von Puten durch prämortale Belastungsfaktoren zu evaluieren. Die Untersuchungen sollen die komplexen Zusammenhänge zwischen potentiellen Stressfaktoren einerseits und sensorischen sowie technologischen Fleischqualitätsabweichungen schwerer Putenlinien andererseits aufdecken.
- 2) Stressfaktoren, die zu Fleischqualitätsmängeln führen, zu wichten und Strategien zu deren Vermeidung zu entwickeln.
- 3) zu ermitteln, mit welchen objektiven, physikalisch-chemischen Messmethoden die Fleischqualität der Putenbrust- und Putenoberkeulenmuskulatur erfasst werden kann.

## 4. Material und Methoden

### 4.1. Tiermaterial

Im Zeitraum eines Kalenderjahres erfolgten in drei verschiedenen kommerziellen Geflügelschlachtbetrieben die Untersuchungen an insgesamt 1279 Putenhähnen der schweren Putenlinie BIG 6 (B.U.T.) aus 22 Erzeugungsbetrieben. Berücksichtigt wurden ausschließlich männliche Puten, sie entstammten allesamt derselben Rasse. Zwischen den Untersuchungskollektiven bestanden Unterschiede in der Herkunft (Mäster) und im Alter der Tiere. Alle Probanden wurden bei der Schlachtier- und Fleischuntersuchung nicht beanstandet. Erfasst wurden Schlachtdatum, Mästername, Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme, Verladetechnik, Transportzeit und Temperatur sowie der Schlachtzeitpunkt. Die Kennzeichnung der Tiere erfolgte vor der Betäubung, nach dem Verlassen der Rupfmaschine und im Kühlhaus einzeln und teilstückbezogen, so dass jederzeit die Zuordnung gewährleistet war.

### 4.2. Schlachthöfe

Die Verladung der Puten erfolgte am Abend bzw. Morgen vor der Schlachtung. Zum Verladen der Tiere wurden verschiedene Techniken eingesetzt (Hebebühne, Förderband, natürliche und künstliche Rampe), wobei die Verladung mit dem Förderband und der Hebebühne den größten Teil ausmachten. Der Transport erfolgte sowohl über Spedition als auch über eigenen Fuhrpark. Die Transportentfernung betrug 2 bis 270 Kilometer. Über Nacht verblieben alle beladenen Transportfahrzeuge bzw. Paletten in den Wartehallen, die überdacht, windgeschützt und z.T. mit einer Berieselungs- sowie Belüftungsanlage versehen war. An den Schlachthöfen wurden die Puten vom schlachthofeigenen Entladepersonal mit jeweils beiden Ständern in das Schlachtband gehängt. Unterschiede bei den Lebendhängezeiten der Putenhähne waren, bis auf einen Schlachthof, technisch bedingt. Links auf dem Verladefahrzeug platzierte Tiere erreichten den Betäuber eher als Tiere der rechten Verladeseite. Die Betäubung erfolgte elektrisch mittels Wasserbecken. Die Köpfe der Putenhähne durchliefen für jeweils 6-8 s das unter elektrischen Strom stehende Wasserbecken. Es befanden sich immer mehrere Tiere gleichzeitig im Becken. Unmittelbar nach der Betäubung erfolgte der manuelle Entblutestich. Die Verweildauer in der Ausblutungsbahn betrug zwischen 2 und 4 min. Die Tiere wurden anschließend durch eine Brühvorrichtung gezogen und danach der Rupfmaschine zugeführt. Die Enthalsung, Öffnung und Ausweidung der Schlachtkörper erfolgte zum Teil automatisch, zum Teil manuell. Der Schlachtprozess war nach 18-25 min (durch verschiedene Längen der Schlachtketten bedingt) p.m. beendet, die Karkassen wurden gekühlt und am nächsten Tag zerlegt.

Es wurden insgesamt 1279 Tiere innerhalb der drei Schlachtbetriebe untersucht. Das Tiermaterial wurde nicht vorsortiert, sondern gelangte zufällig in die Untersuchung. Die Abbildung 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Karkassen zum pH<sub>20</sub>-Wert, die Abbildung 2 die Verteilung des Gewichtes der Putenbrust ohne Filet an. Die Abbildungen zeigen jeweils eine Normalverteilung an.

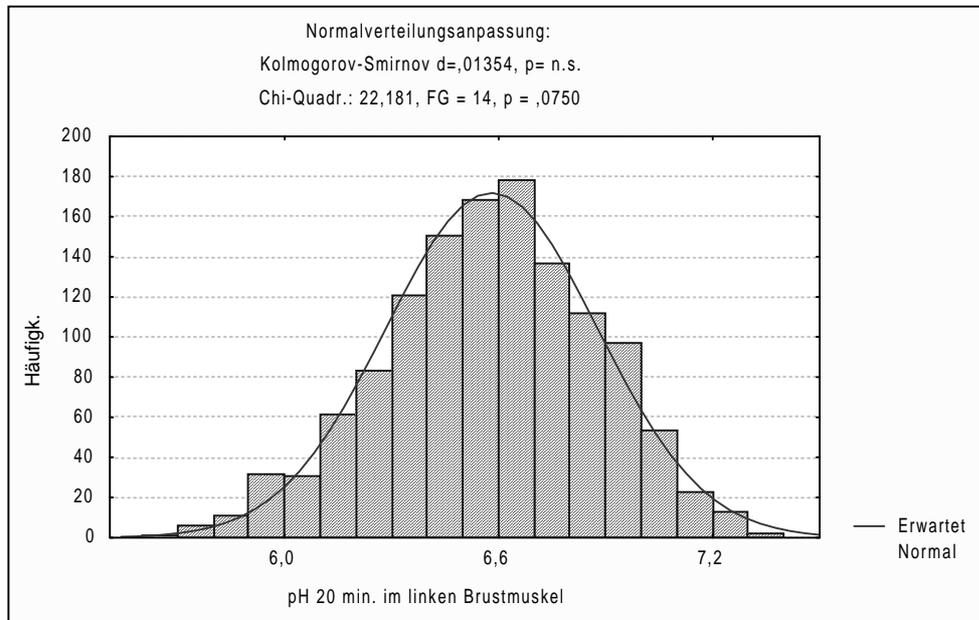


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung des pH<sub>20</sub>-Wertes im M. pectoralis superf. von Puten (BIG 6)

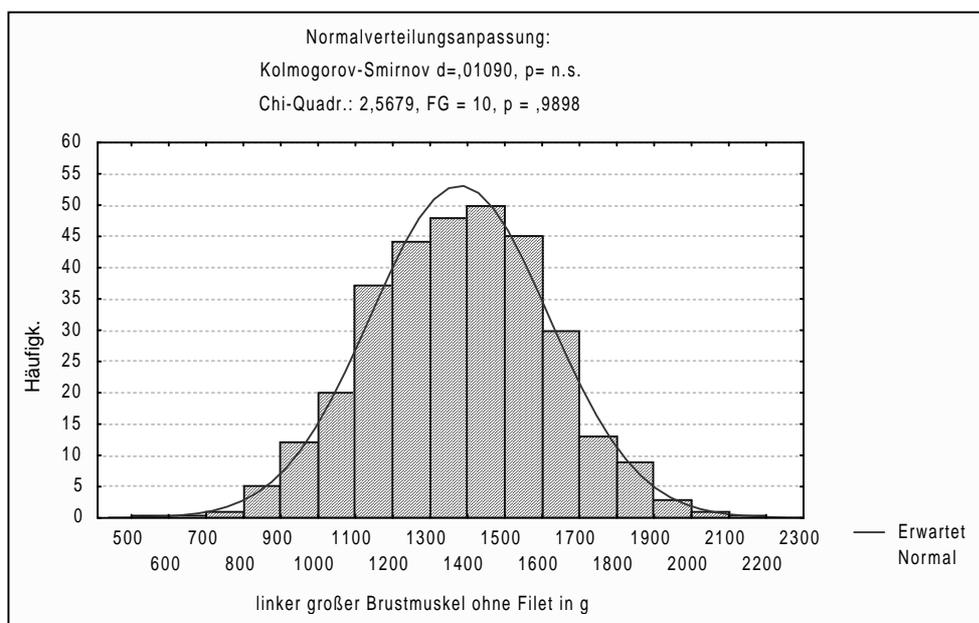


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung des Gewichtes des M. pectoralis superf. von Puten (BIG 6)

Die Messung des  $\text{pH}_{20}$ -Wertes erfolgte technisch bedingt (durch Messung in der Schlachtkette), nach 16 (Schlachtbetrieb B), 18 (Schlachtbetrieb C) sowie 22 min (Schlachtbetrieb A) p.m. Infolge dieser Zeitunterschiede und des verhältnismäßig schnellen Glykolyseverlaufes post mortem in der Putenbrustmuskulatur können die unterschiedlichen Mittelwerte der  $\text{pH}_{20}$ -Messung der Puten in den jeweiligen Schlachthöfen erklärt werden.

In der Abbildung 3 wird dieser Zusammenhang graphisch dargestellt.

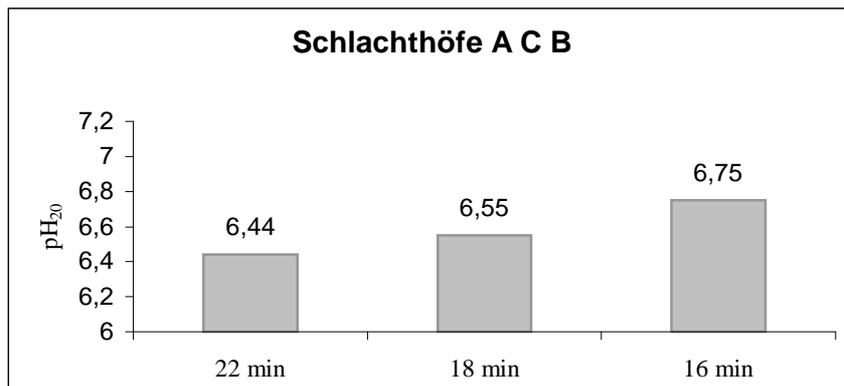


Abbildung 3:  $\text{pH}_{20}$ -Mittelwerte der Putenbrust im Vergleich zum Messzeitpunkt

Nach der Schlachtung wurden die Putenschlachtskörper gekühlt, wobei Luftkühlung (Schlachthof C) sowie Luft-Sprüh-Kühlung (Schlachthof A und B) eingesetzt wurden. Der unterschiedliche Verlauf der Kühlung der Schlachtskörper in den drei Schlachtbetrieben ist in der Abbildung 4 und 5 dargestellt.

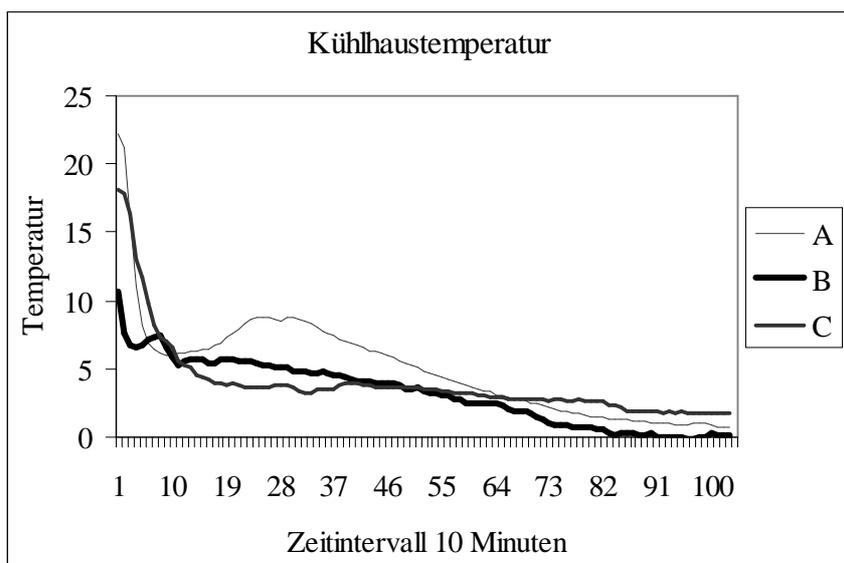


Abbildung 4: Mittlere äußere Kühltemperatur, die auf die Schlachtskörper von Puten p.m. im jeweiligen Schlachthof einwirkt

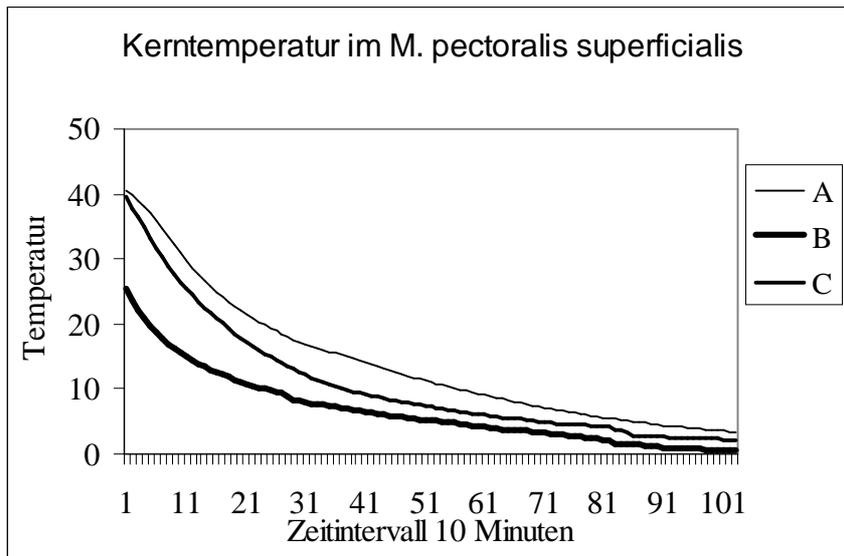


Abbildung 5: Mittlerer-Kerntemperatur-Verlauf von Schlachtkörpern der Puten in den jeweiligen Schlachthöfen

### 4.3. Untersuchungsmethoden

#### 4.3.1. Erfassung der Fleischqualität mittels physikalisch-chemischer Messmethoden

Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die durchgeführten Methoden zur Erfassung der Fleischqualitätsparameter in der Putenmuskulatur. Als Messstelle diente dabei bei allen Tieren der Brustmuskel (Musculus pectoralis superficialis) bzw. z.T. die Oberschenkelmuskulatur.

Tabelle 3: Prüfmethode zur Erfassung der Fleischqualität im M. pectoralis superf. von Puten

Messparameter	Geräte/ Methoden	Messzeitpunkt p.m.
Temperatur	Digitalthermometer Testo 112 Fa. Testoterm, Lenzkirch	20 min, 3 h, 24 h
	Datenlogger Escort junior Kirsch Messtechnik, Ködnitz	20 min – 24 h Transporttemperatur
pH- Wert	pH-Star CPU-Pistole Ingenieurbüro R. Matthäus Gaissach- Obergries	20 min, 3 h, 24 h
Leitfähigkeit	LF-Star CPU-Pistole Ingenieurbüro R. Matthäus Gaissach- Obergries	3 h, 24 h
Farbe (L*-, a*-, b*- Werte)	Chromameter CR-200 Fa. Minolta Camera Co. Ltd, Japan	24 h, 48 h, 7 d
Scherkraft	Instron Fa. Instron Wolpert GmbH, Ludwigshafen	nach der Hitzebehandlung

Die Messung der **Temperatur** des Transportes, im Kühlhaus und der Kerntemperatur wurde mittels Datenlogger durchgeführt. Durch den externen Temperaturfühler des Loggers wurde die Kerntemperatur fortlaufend ermittelt sowie durch interne Fühler die Transport- und Kühlhaustemperatur. Die Kerntemperatur, die zur Messung und Kalibrierung der CPU-Pistole benötigt wird, wurde 20 min, 3 h und 24 h p.m. mit dem Digitalthermometer bestimmt. Die Messung erfolgte im Bereich des cranialen Brustbeinendes, wobei die Einstichelektrode 4-5 cm tief in den linken Brustmuskel eingestochen wurde. Zur Bestimmung der Kerntemperatur während des Erhitzungsprozesses wurde ebenfalls das Digitalthermometer Testo 112 der Firma Testoterm verwendet.

Die **pH-Messung** erfolgte mit dem Digital-pH-Meter „pH-Star CPU-Pistole“. Vor jedem Versuchstag wurde das Gerät auf die Anzeigegenauigkeit überprüft und unter Verwendung der Standardpufferlösung kalibriert. Nach den Messungen wurde die Elektrode mit destilliertem Wasser und Zellstoff gereinigt. Der pH-Wert wurde 20 min, 3 und 24 h p.m. an unterschiedlichen Stellen (versetzte Lokalisation, damit Verfälschungen der Messwerte durch vorausgegangene Messvorgänge soweit wie möglich ausgeschlossen werden können) des oberflächlichen Brustmuskels im Bereich des cranialen Brustbeinendes bestimmt. Die pH-Wert-Messung der Oberkeule (Musculus quadriceps femoris, vastus medialis) erfolgte 24 h post mortem nach der Zerlegung des Schlachtkörpers.

Vor jeder pH- Messwertreihe wurde die jeweilige Fleischtemperatur in das Gerät eingegeben, anschließend wurde die Elektrode ca. 3 cm tief in das Muskelgewebe eingestochen. Die Ablesung bzw. Abspeicherung des pH-Wertes wurde nach Stillstand der Digitalanzeige auf 2 Stellen hinter dem Komma vorgenommen.

Zur Bestimmung der **Leitfähigkeit** fand das Digital LF-Meter „LF-Star CPU-Pistole“ Anwendung, in der Ausführung mit „großem“ Elektrodenabstand, wie er bei der Untersuchung von Schwein und Rind zum Einsatz kommt. Die Leitfähigkeit ist ein Maß für die sogenannte „komplexe Leitfähigkeit“ und wird in mS/cm angezeigt.

Die Messungen erfolgten 3 und 24 h p.m. am rohem, unzerlegten Fleischmaterial. Die Messstelle befand sich in unmittelbarer Umgebung der pH- Messstellen. Es wurde keine Einstichstelle vorheriger Messungen (pH und LF) benutzt, da sich sonst aufgrund der Ansammlung von Fleischsaft an diesen Stellen verfälschte Leitfähigkeitswerte ergeben hätten. Der Einstich der Elektrode des Leitfähigkeitgerätes erfolgte quer zur Faserrichtung, bis die nicht isolierten Elektrodenspitzen ganz im Musculus pectoralis superficialis eingedrungen waren. Die Ablesung

bzw. Speicherung erfolgte nach Stillstand der Digitalanzeige auf zwei Stellen nach dem Komma.

Mit dem Farbmessgerät Chromameter CR-200, bestehend aus der Kontrolleinheit und dem Messkopf, wurde eine **Dreibereichs-Farbmessung** am Brustmuskel nach dem CIE-Lab System vorgenommen. Im Messkopf befindet sich eine Hochleistungs-Xenon-Blitzröhre, die für eine konstante und gleichmäßige Ausleuchtung der im Durchmesser 8 mm großen Messfläche sorgt. Als Lichtart wurde die Normlichtart D<sub>65</sub> gewählt, die dem mittleren Tageslicht entspricht. Die Kontrolleinheit ist ein mikroprozessorgesteuertes Gerät, welches über einen Datenspeicher, Datenanzeiger und Datenüberträger verfügt. Aus den aufgenommenen Daten wird vom Kontrollgerät das arithmetische Mittel und die Standardabweichung berechnet.

Vor jedem Messtag wurde das Messgerät mit dem entsprechenden Weiß-Reflektor kalibriert.

Die komplexe Farbmessung erfolgte ca. 24 h p.m. an der angetrockneten Putenbrustoberfläche. Den Puten wurde im Verlauf der Schlachtkette die Brusthaut entfernt. 48 h p.m. wurde die Farbmessung an einer frischen Anschnittfläche des Musculus pectoralis superficialis durchgeführt. Ebenfalls an einer frischen Anschnittfläche des Muskels wurde ca. 72 h p.m. die L\*, a\*, b\*-Messung nach dem Erhitzen, im erkalteten Zustand durchgeführt.

Pro Messfläche erfolgte die Farbmessung aufgrund der Inhomogenität des Fleisches an drei verschiedenen Messpunkten. Pro Messpunkt wurden 3 Messungen durchgeführt. Es wurden somit jeweils 3x3 Messungen (Multi-Measure-Einstellung) vollzogen, so dass der arithmetische Mittelwert aus jeweils 9 Einzelmessungen errechnet wurde. Diese Punkte waren frei von Bindegewebs-, Blut- und Fettanteilen. Der Messkopf wurde senkrecht auf die Oberfläche aufgesetzt und somit konnte immer ein konstanter Abstand der Fleischprobe zur Messöffnung gewahrt werden.

Zur Bestimmung der **Scherkraft** fand das Instron-Gerät mit einem modifizierten Warner Bratzler Scherblatt Anwendung. Das Scherblatt, mit einer rechtwinkligen Öffnung, war 11 mm breit und 15 mm hoch. Aus den erhitzten Proben wurden im erkalteten Zustand Streifen, quer zur Faserrichtung, mit den Kantenmaßen 1x1 cm auf einer Aufschnittmaschine geschnitten. Diese geometrisch genau definierten Proben wurden bei einer konstanten Messtemperatur durch das Scherblatt zertrennt und die dafür notwendige Kraft (Energie) in Nm gemessen. Niedrige Werte zeigen ein weiches und hohe eine festes Fleischgefüge an. Bei der Herrichtung der Streifen wurde darauf geachtet, dass keine Sehnen bzw. andere mögliche Abweichungen in diesen enthalten sind.

Die Bestimmung des **Erhitzungsverlustes** der Putenbrust (analog der Putenoberkeule mit Knochen) erfolgte nach ca. 48 Stunden p.m. Im Anschluss an die Farbmessung 48 h nach dem Schlachten und der Ermittlung des Rohgewichtes der Putenbrust ohne Filet, erfolgte der Erhitzungsvorgang. Zur Bestimmung des **Kochverlustes** wurde die Brust als ganzes Stück in einen Kochbeutel erwärmt. In die Beutel wurde zusätzlich noch ca. 200 ml physiologischer Kochsalzlösung zugegeben. Die Putenbrüste in den Beuteln wurden in einem Wasserbecken bei einer Temperatur von 82 °C bis auf eine Kerntemperatur von 72 °C erwärmt. Die **gebackenen Putenbrüste** wurden als ganzes Stück, bei einer Kammer Temperatur von 180 °C, wiederum bis zu einer Kerntemperatur von 72 °C erhitzt. Im Anschluss an den Erhitzungsvorgang wurden die Proben gewogen. Der Verlust der erhitzten Putenbrustmuskulatur errechnet sich wie folgt:

$$\text{Verlust (\%)} = \frac{\text{Rohgewicht (g)} - \text{Gewicht nach Erhitzen (g)}}{\text{Rohgewicht (g)}} \times 100$$

#### 4.3.2. Erfassung der Fleischqualität mittels der sensorischen Prüfung

Die Ermittlung der sensorischen Qualität der Putenbrust erfolgte durch ein aus sechs Personen bestehendes Prüfpanel. Die Prüfer sind erfahrene Sachverständige der Sensorik und besitzen den DLG-Prüferpaß. Die erhitzten Proben wurden im Anschluss an den Erhitzungsvorgang im warmen Zustand geprüft. Das Prüfpanel bewertete das Prüfgut in Einzelprüfung nach den Qualitätsmerkmalen Saftigkeit, Zartheit, Textur und Aroma/Geschmack. Die Einstufung erfolgte nach einem 6-Punkte-Schema, bei dem die Note 1 die jeweils schlechteste und die Note 6 die jeweils beste Bewertung darstellte. Aus den 6 Einzelprüfungen pro Probe wurde der arithmetische Mittelwert gebildet, nur dieser Wert wurde zur weiteren Betrachtung und Beurteilung verwendet.

#### 4.3.3. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe der Programmpaketes „STATISTICA“ (StatSoft, Inc., Version 5,5) im Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg mittels einfacher Varianzanalyse vorgenommen. Zur Bestimmung der Vorhersagegenauigkeit der postmortalen Fleischqualitätsparameter anhand der ermittelten Messwerte wurde die kanonische Diskriminanzanalyse aus dem Programmpaket „STATISTICA“ verwendet, wobei das Modell „Standard“ mit einer Toleranz von 0,01 benutzt wurde. Signifikante Unterschiede in den Tabellen wurden durch unterschiedliche Buchstaben (a, b, c) auf einen Niveau von  $p \leq 0,05$  gekennzeichnet.

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Externe Faktoren

#### 5.1.1. Klasseneinteilung der externen Faktoren

Die Unterschiede zwischen den 22 Erzeugerbetrieben in Bezug auf die äußeren Bedingungen (externe Faktoren) Transportentfernung, Temperatur, Nüchterungs- und Wartezeit sind in der Tabelle 4 dargestellt. Der Zeitabschnitt zwischen letzter Fütterung im Mastbetrieb und Schlachtung (Nüchterungszeit) umfasst im Mittel 11 h (Min.: 4 h, Max.: 21 h). Die Zeitspanne zwischen Ende des Beladevorganges des Transportfahrzeuges bei der Abholung der Tiere im Erzeugerbetrieb und der Schlachtung (Wartezeit) beträgt im Durchschnitt 10 h (Min.: 4 h, Max.: 21 h). Die Transportentfernung der insgesamt 22 Fahrten zwischen Mast- und Schlachtbetrieb liegt durchschnittlich bei 93 km (Min.: 2 km; Max.: 270 km). Die Messungen der mittleren Außentemperaturen während der gesamten Wartezeit ergibt Werte zwischen  $-0,5\text{ °C}$  und  $20\text{ °C}$ . Bezugnehmend auf die eben genannten Mittelwerte und die Standardabweichungen werden für jeden einzelnen externen Faktor jeweils drei Klassen gebildet (Tab. 4).

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen externen Faktoren der 22 Puten-Erzeugungsbetriebe sowie die Trennung der externen Faktoren in 3 Klassen

externe Faktoren	LSQ	s	Klassen
Nüchterungszeit in h	11	3,5	$x < 9$ $9 \geq x \leq 13$ $x > 13$
Wartezeit in h	10	3,7	$x < 8$ $8 \leq x \leq 12$ $x > 12$
Transportentfernung in km	93	84	$x \leq 50$ $50 > x \leq 130$ $x > 130$
Außentemperatur in °C	12	7	$x \leq 8$ $8 > x < 16$ $x \geq 16$

In den folgenden Kapiteln wird die Unterteilung der äußeren Bedingungen in drei Klassen sowie deren Einfluss auf die Fleischqualitätsparameter pH- und LF-Wert dargestellt. Des weiteren erfolgt eine getrennte Auswertung der drei im Versuch beteiligten Schlachthöfe für jeden externen Faktor.

### 5.1.2. Nüchterungszeit

Die Nüchterung ist erforderlich, um einer starken Verschmutzung der Tiere während des Transportes und der Schlachthanlagen vorzubeugen. Die Tabelle 5 zeigt die Anzahl der Puten in den jeweiligen Nüchterungszeiträumen an, unabhängig davon in welchem Betrieb die Schlachtung der Tiere erfolgte. Dem größten Teil der Tiere wurde 9 bis 13 h vor der Schlachtung das Futter entzogen. Zwischen den Nüchterungsklassen besteht ein signifikanter Unterschied zum Verlauf der früh-postmortalen Glykolyse. Puten mit einer kürzeren Zeitspanne zwischen letzter Futteraufnahme und dem Schlachten zeigen deutlich niedrigere pH<sub>20</sub>-Werte im M. pectoralis superf. an. Die Schlachttiere mit Nüchterungszeiten von mehr als 13 h weisen hingegen signifikant höhere pH-Werte in diesem Muskel auf. Diese höheren pH-Werte sind auch 24 h post mortem in der Oberkeule erkennbar. Bei Betrachtung der Tabelle 5 wird der bekannte Zusammenhang zwischen langer Nüchterung der Schlachttiere, verbunden mit geringeren Glykogenreserven zum Zeitpunkt der Schlachtung, und hohem End-pH-Wert (DFD-Fleisch) der Muskulatur sichtbar. Des Weiteren geht aus der Tabelle 5 hervor, dass die niedrigsten mittleren Leitfähigkeitswerte bei Nüchterungszeiten zwischen 9 und 13 h gemessen werden.

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Nüchterungszeit in den Schlachthöfen ABC (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Nüchterungszeit	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
< 9 h	218	LSQ s	6,46 <sup>a</sup> 0,28	5,98 <sup>a</sup> 0,21	5,83 <sup>a</sup> 0,11	2,61 <sup>b</sup> 1,65	2,85 <sup>b</sup> 1,51	89	6,10 <sup>a</sup> 0,31
≥ 9 h ≤ 13 h	902	LSQ s	6,59 <sup>b</sup> 0,29	6,01 <sup>a</sup> 0,24	5,82 <sup>a</sup> 0,10	2,29 <sup>a</sup> 1,46	2,64 <sup>a</sup> 1,33	386	6,08 <sup>a</sup> ,20
> 13 h	159	LSQ s	6,64 <sup>c</sup> 0,31	6,12 <sup>b</sup> 0,26	5,87 <sup>b</sup> 0,12	2,42 <sup>a, b</sup> 1,59	2,84 <sup>a, b</sup> 1,48	41	6,28 <sup>b</sup> 0,23

In den Tabellen 6 bis 8 sind die Einflüsse der Nüchterungszeit auf den Putenschlächtkörper, getrennt nach dem jeweiligen Schlachtort, zusammengefasst. Im Betrieb A standen keine Schlachttiere mit einer Nüchterungsdauer von > 13 h und im Betrieb C keine Puten mit entsprechenden Zeiten < 9 h zur Verfügung. Der deutliche Zusammenhang zwischen Nüchterung und früh-postmortalem pH-Verlauf, der aus der Tabelle 5 (alle Schlachthöfe) hervor geht, kann in den einzelnen Schlachthöfen nicht dargestellt werden. Die höheren pH-Werte 24 h p.m. infolge einer Nüchterungszeit größer als 13 h sind jedoch in den Schlachtstätten B und C tendenziell erkennbar. Die höheren pH-Werte 24 h post mortem sind nicht nur in den weißen (glykolytischen) Fasern der Putenbrust, sondern auch in den roten (oxidativen) Fasern der Schenkelmuskulatur messbar.

Die Auswertung der Leitfähigkeitsmessungen im M. pectoralis superf. der Schlachtkörper zeigt, dass bei der Betrachtung jedes einzelnen Schlachtbetriebes kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Nüchterungsdauer und strukturellen Veränderungen der Muskulatur erkennbar ist. In der Brustmuskulatur der Puten mit der kürzesten Nüchterungsdauer des Schlachtortes A sind durchschnittlich geringere Leitfähigkeitswerte ( $LF_{24} = 2,82$ ) zu beobachten als bei mittleren Nüchterungsraten ( $LF_{24} = 2,90$ ). Vollkommen konträr zu diesen Messungen sind die entsprechenden Werte der Nüchterungszeit und Leitfähigkeit im Betriebes B. Hier werden signifikant niedrigere  $LF_{24}$ -Werte (2,08) bei Futterentzug von 9 h bis 13 h erreicht. Bei kürzeren Zeitspannen zwischen Fütterung und Schlachtung sind höhere  $LF_{24}$ -Werte (3,20) erkennbar.

Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Nüchterungszeit im Schlachthof A (<sup>a, b</sup>  $p < 0,05$ )

Nüchterungszeit	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
< 9 h	198	LSQ	6,45 <sup>a</sup>	5,97 <sup>b</sup>	5,83 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,82 <sup>a</sup>	84	6,09 <sup>b</sup>
		s	0,29	0,21	0,11	1,70	1,55		0,31
≥ 9 h - ≤ 13 h	276	LSQ	6,42 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	5,84 <sup>a</sup>	2,76 <sup>a</sup>	2,90 <sup>a</sup>	138	6,02 <sup>a</sup>
		s	0,24	0,16	0,10	1,64	1,37		0,17

Tabelle 7: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Nüchterungszeit im Schlachthof B (<sup>a, b, c</sup>  $p < 0,05$ )

Nüchterungszeit	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
< 9 h	20	LSQ	6,51 <sup>a</sup>	6,07 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	2,38 <sup>b</sup>	3,20 <sup>c</sup>	5	6,29 <sup>a, b</sup>
		s	0,24	0,18	0,13	0,89	0,97		0,15
≥ 9 h - ≤ 13 h	344	LSQ	6,76 <sup>b</sup>	6,17 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	1,86 <sup>a</sup>	2,08 <sup>a</sup>	135	6,15 <sup>a</sup>
		s	0,25	0,24	0,11	0,71	0,78		0,19
> 13 h	104	LSQ	6,73 <sup>b</sup>	6,23 <sup>b</sup>	5,89 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>	2,34 <sup>b</sup>	27	6,36 <sup>b</sup>
		s	0,28	0,24	0,12	0,75	0,81		0,21

Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Nüchterungszeit im Schlachthof C (<sup>a, b</sup>  $p < 0,05$ )

Nüchterungszeit	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≥ 9 h - ≤ 13 h	282	LSQ	6,56 <sup>b</sup>	5,93 <sup>a</sup>	5,80 <sup>a</sup>	2,29 <sup>a</sup>	2,95 <sup>a</sup>	113	6,07 <sup>a</sup>
		s	0,27	0,21	0,10	1,70	1,55		0,22
> 13 h	55	LSQ	6,46 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,83 <sup>a</sup>	3,21 <sup>b</sup>	3,79 <sup>b</sup>	14	6,13 <sup>a</sup>
		s	0,29	0,12	0,10	2,31	1,93		0,18

### 5.1.3. Wartezeit

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Fleischqualitätsparameter pH- und LF-Wert der Schlachtkörper mit unterschiedlichen Wartezeiten zusammengefasst. Die meisten Tiere verbleiben 8 bis 12 h nach dem Verladen bis zur Schlachtung auf dem Transportfahrzeug. Bei Betrachtung der Wartezeit, unabhängig vom Schlachthof, zeigen die Gruppen mit Zeitspannen von kleiner 8 h und größer 12 h zwischen dem Ende der Verladung und Beginn der Schlachtung tendenziell niedrigere pH<sub>20</sub>-Werte in der Brust an als die Gruppe mit Wartezeiten von 8 h bis 12 h. Jedoch sind 24 h p.m. in der mittleren Gruppe signifikant niedrigere End-pH-Werte messbar.

In der Oberschenkelmuskulatur ist dieser Zusammenhang nicht erkennbar. Nur in der Gruppe mit der längsten Verweildauer in den Transportkäfigen werden deutlich höhere pH<sub>24</sub>-Werte in der Schenkelmuskulatur gemessen. Diese Gruppe zeigt auch die höchsten Leitfähigkeitswerte 24 h nach dem Schlachten in der Brustmuskulatur an.

Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Wartezeit in den Schlachthöfen ABC (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Wartezeit	N		Brust					Oberkeule	
			pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
< 8 h	330	LSQ	6,53 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>	5,84 <sup>b</sup>	2,38 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>	136	6,08 <sup>a</sup>
		s	0,31	0,22	0,10	1,63	1,41		
≥ 8 h - ≤ 12 h	758	LSQ	6,59 <sup>b</sup>	6,00 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	2,38 <sup>a</sup>	2,71 <sup>a, b</sup>	318	6,09 <sup>a</sup>
		s	0,29	0,24	0,11	1,55	1,41		
> 12 h	191	LSQ	6,57 <sup>a, b</sup>	6,08 <sup>b</sup>	5,85 <sup>b</sup>	2,30 <sup>a</sup>	2,92 <sup>b</sup>	62	6,23 <sup>b</sup>
		s	0,29	0,24	0,10	1,15	1,23		

In den Tabellen 10 bis 12 werden die Einflüsse der Wartezeit auf die Messparameter pH- und LF-Wert der Puten in den jeweiligen Schlachthöfen ersichtlich. Die höchsten Leitfähigkeitswerte 24 h p.m. sind in allen drei Schlachthöfen nach einer Wartezeit von länger als 12 h in der Brustmuskulatur zu beobachten. In der Schenkelmuskulatur kann ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer sehr langen Verweildauer in den Transportkäfigen (> 12 h) und dem End-pH-Wert aufgezeigt werden. Dieses Ergebnis unterstreicht somit den Zusammenhang zwischen der Dauer des Aufenthaltes der Puten in den Käfigen und dem pH<sub>24</sub>-Wert der Putenoberkeule, der bereits bei der Betrachtung der Tabelle 9 zu erkennen ist. Die aus der Gesamtbetrachtung (Tab. 9) hervorgehende Beziehung zwischen einer „kurzen“ bzw. „langen“ Wartezeit und niedrigen pH<sub>20</sub>-Werten kann im Schlachthof A und B bestätigt werden, jedoch nicht im Betrieb C. Der Einfluss der Wartezeit auf den End-pH-Wert der Brustmuskulatur ist schlachtstättenspezifisch unterschiedlich. In den Betrieben B und C sind nach Wartezeiten von 8 h bis 12 h niedrigere pH<sub>24</sub>-Werte messbar als im Vergleich zu Zeitabständen > 12 h zwischen Verladeende und

Schlachtung. Im Schlachthof A hingegen werden die niedrigsten End-pH-Werte im Fleisch bei Wartezeiten > 12 h beobachtet.

Tabelle 10: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Wartezeit im Schlachthof A (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Wartezeit	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
< 8 h	217	LSQ s	6,43 <sup>a</sup> 0,27	5,95 <sup>a</sup> 0,19	5,84 <sup>a, b</sup> 0,10	2,78 <sup>a</sup> 1,83	2,90 <sup>a</sup> 1,51	93	6,04 <sup>a</sup> 0,24
≥ 8 h - ≤ 12 h	197	LSQ s	6,46 <sup>a</sup> 0,26	5,93 <sup>a</sup> 0,19	5,85 <sup>b</sup> 0,10	2,55 <sup>a</sup> 1,54	2,68 <sup>a</sup> 1,34	99	6,04 <sup>a</sup> 0,24
> 12 h	60	LSQ s	6,39 <sup>a</sup> 0,21	5,92 <sup>a</sup> 0,15	5,81 <sup>a</sup> 0,10	2,95 <sup>a</sup> 1,41	3,39 <sup>b</sup> 1,40	30	6,13 <sup>b</sup> 0,17

Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Wartezeit im Schlachthof B (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Wartezeit	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
< 8 h	113	LSQ s	6,73 <sup>a</sup> 0,27	6,14 <sup>a</sup> 0,21	5,84 <sup>a, b</sup> 0,10	1,60 <sup>a</sup> 0,65	1,89 <sup>a</sup> 0,84	43	6,18 <sup>a</sup> 0,15
≥ 8 h - ≤ 12 h	276	LSQ s	6,77 <sup>a</sup> 0,24	6,19 <sup>a</sup> 0,24	5,83 <sup>a</sup> 0,12	2,05 <sup>b</sup> 0,71	2,30 <sup>b</sup> 0,78	104	6,17 <sup>a</sup> 0,23
> 12 h	79	LSQ s	6,71 <sup>a</sup> 0,28	6,20 <sup>a</sup> 0,24	5,87 <sup>b</sup> 0,09	2,00 <sup>b</sup> 0,81	2,37 <sup>b</sup> 0,89	20	6,32 <sup>b</sup> 0,15

Tabelle 12: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Wartezeit im Schlachthof C (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Wartezeit	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≥ 8 h - ≤ 12 h	285	LSQ s	6,54 <sup>a</sup> 0,28	5,90 <sup>a</sup> 0,18	5,79 <sup>a</sup> 0,09	2,52 <sup>a</sup> 1,95	3,06 <sup>a</sup> 1,72	115	6,05 <sup>a</sup> 0,22
> 12 h	52	LSQ s	6,57 <sup>a</sup> 0,26	6,07 <sup>b</sup> 0,22	5,88 <sup>b</sup> 0,11	2,00 <sup>a</sup> 0,96	3,21 <sup>a</sup> 1,17	12	6,31 <sup>b</sup> 0,23

#### 5.1.4. Transportentfernung

Der Transport der Puten zur Schlachtung wird durch betriebseigenen Fuhrpark (Schlachthof A) sowie durch Fremdunternehmen (Schlachthof B und C) realisiert. Die größte Anzahl der untersuchten Tiere entstammt aus Mastbetrieben, deren Entfernungen zum Schlachthof 50 km oder weniger betragen. Die Tiere, die zur Schlachtung mehr als 130 km transportiert werden, sind die kleinste Gruppe (Tab. 13). In der Gesamtbetrachtung der Schlachthöfe ist zu erkennen, dass die Tiere mit den kürzesten Fahrtwegen die geringsten pH<sub>20</sub>-Werte und die höchsten End-pH-Werte in der Putenbrust aufweisen. Bei den Oberkeulen hingegen sind die höchsten mittleren End-pH-Werte bei den Tieren mit den längsten Transportentfernungen zu beobachten. Die

Leitfähigkeitswerte 24 h post mortem lassen in der Gruppe mit den mittleren Transportentfernungen die stärksten Muskelzellschädigungen erkennen.

Tabelle 13: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Transportentfernung in den Schlachthöfen ABC  
(<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Transportentfernung	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≤ 50 km	527	LSQ	6,55 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	5,86 <sup>c</sup>	2,37 <sup>a</sup>	2,50 <sup>a</sup>	246	6,08 <sup>a</sup>
		s	0,30	0,23	0,10	1,52	1,31		0,22
> 50 km - ≤ 130 km	394	LSQ	6,61 <sup>b</sup>	6,03 <sup>a</sup>	5,82 <sup>b</sup>	2,41 <sup>a</sup>	2,93 <sup>c</sup>	143	6,07 <sup>a</sup>
		s	0,29	0,25	0,13	1,68	1,53		0,25
> 130 km	358	LSQ	6,60 <sup>b</sup>	6,02 <sup>a</sup>	5,80 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>	2,72 <sup>b</sup>	127	6,18 <sup>b</sup>
		s	0,30	0,23	0,09	1,30	1,28		0,21

In den Tabellen 14 bis 16 werden die Auswirkungen der zurückgelegten Transportstrecke bis zum Schlachthof, auf die pH- und LF-Werte der Putenmuskulatur p.m., in Abhängigkeit vom Schlachthof dargestellt. Im Schlachthof C konnten keine Untersuchungen an Schlachttieren mit Transportentfernungen von 50 km oder weniger durchgeführt werden. Die niedrigen pH<sub>20</sub>-Werte infolge eines kurzen Transportes sind nur im Schlachthof B zu beobachten. Im Schlachthof A ist aufgrund der Transportentfernung kein signifikanter Unterschiede im früh-postmortalen Glykolyseverlauf erkennbar. Hohe End-pH-Werte infolge eines kurzen Transportes können nur im Schlachthof A gezeigt werden. Die geringere pH-Wert-Absenkung der Schenkelmuskulatur 24 h nach dem Schlachten, aufgrund der langen Transportstrecke, ist in zwei der drei Schlachtbetriebe zu beobachten. Bei der Betrachtung des Einflusses der Wartezeit und der Transportentfernung auf den End-pH-Wert der Oberkeule wird deutlich, dass die Gesamtzeit des Verweilens der Puten in den Transportbehältnissen einen stärkeren Einfluss auf die Schenkelmuskulatur bzw. dessen späteren Glykolyseverlauf ausübt als die gefahrenen Kilometer.

Tabelle 14: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Transportentfernung im Schlachthof A (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Transportentfernung	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≤ 50 km	295	LSQ	6,43 <sup>a</sup>	5,93 <sup>a</sup>	5,86 <sup>b</sup>	2,66 <sup>a</sup>	2,71 <sup>a</sup>	147	6,04 <sup>b</sup>
		s	0,27	0,19	0,09	1,78	1,46		0,24
> 50 km - ≤ 130 km	59	LSQ	6,49 <sup>a</sup>	6,00 <sup>b</sup>	5,78 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,86 <sup>a, b</sup>	30	5,92 <sup>a</sup>
		s	0,22	0,23	0,11	1,03	1,04		0,14
> 130 km	120	LSQ	6,43 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>	5,81 <sup>a</sup>	2,89 <sup>a</sup>	3,26 <sup>b</sup>	45	6,15 <sup>c</sup>
		s	0,26	0,16	0,09	1,64	1,51		0,21

Tabelle 15: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Transportentfernung im Schlachthof B <sup>(a, b, c p < 0,05)</sup>

Transportentfernung	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≤ 50 km	232	LSQ	6,70 <sup>a</sup>	6,13 <sup>a</sup>	5,85 <sup>b</sup>	1,89 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	99	6,12 <sup>a</sup>
		s	0,27	0,23	0,10	0,78	0,93		
> 50 km - ≤ 130 km	116	LSQ	6,81 <sup>b</sup>	6,23 <sup>b</sup>	5,87 <sup>b</sup>	1,92 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	29	6,36 <sup>c</sup>
		s	0,22	0,24	0,15	0,65	0,72		
> 130 km	120	LSQ	6,80 <sup>b</sup>	6,20 <sup>b</sup>	5,81 <sup>a</sup>	1,95 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>	39	6,24 <sup>b</sup>
		s	0,24	0,22	0,08	0,76	0,79		

Tabelle 16: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Transportentfernung im Schlachthof C <sup>(a, b p < 0,05)</sup>

Transportentfernung	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
> 50 km - ≤ 130 km	219	LSQ	6,53 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>	5,81 <sup>a</sup>	2,62 <sup>a</sup>	3,31 <sup>a</sup>	84	6,03 <sup>a</sup>
		s	0,29	0,20	0,11	2,10	1,80		
> 130 km	118	LSQ	6,58 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	5,80 <sup>a</sup>	2,10 <sup>b</sup>	2,67 <sup>b</sup>	43	6,17 <sup>b</sup>
		s	0,26	0,19	0,09	1,17	1,22		

### 5.1.5. Außentemperatur

Aus der Tabelle 17 sind die mittleren Außentemperaturen aller Untersuchungsgruppen, die während des Endes der Verladung der Tiere beim Mäster und dem Schlachtbeginn (Wartezeit) vorherrschten, zusammengefasst. Obwohl die Untersuchungen der 22 Puten-Kollektive sich über den Zeitraum eines ganzen Kalenderjahres erstreckte, war kein Kollektiv dabei, das aufgrund starker Minusgrade im Winter oder großer Hitze im Sommer besonderen Stresssituationen ausgesetzt war. Die mittlere Außentemperatur während der gesamten Untersuchung lag zwischen -0,5 und 20 °C. Die größte Anzahl der Tiere war während der Wartezeit einer Temperatur von durchschnittlich 16 bis 20 °C ausgesetzt. Puten, bei denen während des Transportes und dem anschließenden Verweilen bis zur Schlachtung mittlere Temperaturen von 9 bis 15 °C gemessen werden, zeichnen sich durch einen günstigen Verlauf der Glykolyse p.m. in der Brust aus. Die Schlachtkörper weisen höhere pH<sub>20</sub>-Werte und niedrigere End-pH-Werte in der Brustmuskulatur auf. Der für die Ausprägung der späteren Fleischqualität günstige Glykolyseverlauf wird durch die geringeren Leitfähigkeitswerte 3 und 24 h post mortem bestätigt. In der Schenkelmuskulatur (oxidative Fasern) werden gegensätzliche Einflüsse der Temperatur auf den End-pH-Wert beobachtet als in der Brustmuskulatur (glykolytische Fasern). Die roten Muskelfasern der Putenschenkel zeigen bei mittleren Außentemperaturen die höchsten pH<sub>24</sub>-Werte an.

Tabelle 17: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Außentemperatur in den Schlachthöfen ABC  
(<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Außentemperatur	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≤ 8 °C	465	LSQ s	6,54 <sup>a</sup> 0,28	6,03 <sup>b</sup> 0,22	5,84 <sup>b</sup> 0,10	2,41 <sup>b</sup> 1,42	2,86 <sup>b</sup> 1,37	176	6,12 <sup>b</sup> 0,21
> 8 °C - <16 °C	296	LSQ s	6,67 <sup>b</sup> 0,30	6,09 <sup>c</sup> 0,25	5,82 <sup>a</sup> 0,12	2,15 <sup>a</sup> 1,15	2,42 <sup>a</sup> 1,08	98	6,17 <sup>b</sup> 0,25
≥ 16 °C	518	LSQ s	6,57 <sup>a</sup> 0,30	5,95 <sup>a</sup> 0,23	5,83 <sup>a, b</sup> 0,10	2,46 <sup>b</sup> 1,78	2,72 <sup>b</sup> 1,54	242	6,06 <sup>a</sup> 0,22

Aus den Tabellen 18 bis 20 geht der Einfluss der Außentemperatur auf die Fleischqualitätsparameter pH- und LF-Wert, gemessen in der Brust- und Schenkelmuskulatur, hervor. Auch hier erfolgt die Auswertung jeder Schlachtstätte getrennt. Der bei der Gesamtbetrachtung erkennbare günstige Verlauf der früh postmortalen Glykolyse (hoher pH<sub>20</sub>-Wert) bei einer mittleren Außentemperatur während der Wartezeit wird auch in den Betrieben A und B beobachtet, die niedrigeren End-pH-Werte sowie die geringeren Leitfähigkeitswerte dieser Gruppe hingegen nicht. Die höheren pH<sub>24</sub>-Werte der Oberschenkelmuskulatur (Gesamtbetrachtung), die bei Außentemperaturen von 9 bis 15°C gemessen werden, treten in der Auswertung der einzelnen Schlachtbetrieben nur in einem der Betriebe (B) auf.

Tabelle 18: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Schlachthof A (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Außentemperatur	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≤ 8 °C	179	LSQ s	6,44 <sup>a</sup> 0,24	5,96 <sup>a</sup> 0,19	5,81 <sup>a</sup> 0,10	2,74 <sup>a, b</sup> 1,47	3,07 <sup>b</sup> 1,34	90	6,01 <sup>a</sup> 0,17
> 8 °C - <16 °C	119	LSQ s	6,45 <sup>a</sup> 0,25	5,93 <sup>a</sup> 0,15	5,82 <sup>a</sup> 0,09	2,39 <sup>a</sup> 1,58	2,68 <sup>a</sup> 1,41	45	6,05 <sup>a, b</sup> 0,21
≥ 16 °C	176	LSQ s	6,42 <sup>a</sup> 0,29	5,93 <sup>a</sup> 0,21	5,89 <sup>b</sup> 0,10	2,89 <sup>b</sup> 1,87	2,79 <sup>a, b</sup> 1,55	87	6,09 <sup>b</sup> 0,29

Tabelle 19: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Schlachthof B (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Außentemperatur	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≤ 8 °C	179	LSQ s	6,67 <sup>a</sup> 0,27	6,14 <sup>a</sup> 0,23	5,86 <sup>b</sup> 0,10	1,96 <sup>b</sup> 0,80	2,28 <sup>b</sup> 0,96	60	6,25 <sup>b</sup> 0,17
> 8 °C - <16 °C	177	LSQ s	6,81 <sup>b</sup> 0,24	6,21 <sup>b</sup> 0,24	5,82 <sup>a</sup> 0,13	1,99 <sup>b</sup> 0,69	2,25 <sup>b</sup> 0,75	53	6,27 <sup>b</sup> 0,25
≥ 16 °C	112	LSQ s	6,80 <sup>b</sup> 0,21	6,21 <sup>a, b</sup> 0,24	5,86 <sup>b</sup> 0,09	1,57 <sup>a</sup> 0,55	1,82 <sup>a</sup> 0,55	54	6,04 <sup>a</sup> 0,10

Tabelle 20: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Schlachthof C (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Außentemperatur	Brust							Oberkeule	
	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	N	pH <sub>24</sub>
≤ 8 °C	107	LSQ s	6,51 <sup>a</sup> 0,28	5,99 <sup>b</sup> 0,19	5,85 <sup>b</sup> 0,11	2,62 <sup>a</sup> 1,88	3,51 <sup>b</sup> 1,62	26	6,21 <sup>b</sup> 0,22
≥ 16 °C	230	LSQ s	6,56 <sup>a</sup> 0,28	5,90 <sup>a</sup> 0,19	5,78 <sup>a</sup> 0,09	2,35 <sup>a</sup> 1,83	2,89 <sup>a</sup> 1,63	101	6,04 <sup>a</sup> 0,20

## 5.2. Fleischqualitätsparameter und Kategorisierung

Der Schlachthof B weist Besonderheiten gegenüber den zwei anderen Schlachtstätten auf (Tab. 21). Er ist gekennzeichnet durch eine sehr kurze Schlachtlinie. Des weiteren werden die Schlachtkörper in diesem Betrieb am schnellsten heruntergekühlt (Abb. 6). Infolge dieser Gegebenheiten zeigen sich sehr deutliche Unterschiede im Bezug auf pH- und LF-Werte (Tab. 21) zu den anderen zwei Betrieben. Die Putenschlachtkörper im Schlachtbetrieb B weisen die höchsten mittleren pH-Werte 20 min sowie 3 h p.m. auf. Die Leitfähigkeitswerte in diesem Betrieb sind im Mittel auch deutlich geringer. Auch bei der Mastdauer ist ein genereller Unterschied festzustellen, denn die Puten werden nach durchschnittlich 149 Tagen Mastdauer geschlachtet. Diese Puten weisen ein signifikant höheres durchschnittliches Lebendgewicht auf, als die Puten der beiden anderen Betriebe (A und C), die die Tiere nach 142 Tagen Mast schlachten. Die Putenbrüste des Schlachtbetriebes B erzielen bei der sensorischen Bewertung der gekochten und gebackenen Proben die höchsten Bewertungen. Die Scherkraft-Messung zeigt, dass die erhitzten Proben der Putenbrust des Betriebes B die zartesten sind.

Damit diese erheblichen Unterschiede des Schlachthofes B die Ergebnisse der Bestimmung und Kategorisierung der Fleischqualitätsparameter nicht verfälschen, wurde er in den folgenden Abschnitten nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 21 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von den Schlachthöfen ABC (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Schlachthof	N		Alter in d	L.-Gew. in kg	pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>
<b>A</b>	474	LSQ s	142 <sup>a</sup> 4	19,1 <sup>b</sup> 0,9	6,44 <sup>a</sup> 0,26	5,94 <sup>a</sup> 0,19	5,84 <sup>b</sup> 0,10	2,71 <sup>c</sup> 1,67	2,87 <sup>b</sup> 1,45
<b>B</b>	468	LSQ s	149 <sup>b</sup> 3	19,4 <sup>c</sup> ,7	6,75 <sup>c</sup> ,26	6,18 <sup>b</sup> ,24	5,84 <sup>b</sup> ,11	1,92 <sup>a</sup> ,74	2,20 <sup>a</sup> ,84
<b>C</b>	337	LSQ s	142 <sup>a</sup> 3	18,4 <sup>a</sup> 0,7	6,55 <sup>b</sup> 0,28	5,93 <sup>a</sup> 0,20	5,81 <sup>a</sup> 0,10	2,44 <sup>b</sup> 1,84	3,09 <sup>c</sup> 1,65

Tabelle 21 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von den Schlachthöfen ABC (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Schlachthof	N		L*	a*	b*	Scherkraft Kochen	Scherkraft Backen	Sensorik Kochen	Sensorik Backen
<b>A</b>	119	LSQ s	51,88 <sup>a</sup> 2,90	4,68 <sup>b</sup> 0,95	1,13 <sup>a</sup> 0,86	25,36 <sup>b</sup> 3,46	27,55 <sup>a</sup> 3,61	16,4 <sup>a</sup> 1,1	16,4 <sup>a</sup> 1,1
<b>B</b>	111	LSQ s	52,37 <sup>a</sup> 2,82	3,94 <sup>a</sup> 0,89	0,60 <sup>b</sup> 0,70	24,25 <sup>a</sup> 3,11	26,79 <sup>a</sup> 3,86	17,0 <sup>b</sup> 2,1	17,1 <sup>b</sup> 2,1
<b>C</b>	85	LSQ s	52,14 <sup>a</sup> 2,84	4,55 <sup>b</sup> 0,86	0,53 <sup>b</sup> 1,09	26,29 <sup>b</sup> 4,53	26,86 <sup>a</sup> 4,58	16,6 <sup>a, b</sup> 1,5	16,6 <sup>a, b</sup> 1,5

### 5.2.1. Mittelwerte und Standardabweichungen objektiver und subjektiver

#### Fleischqualitätskriterien

Tabelle 22 a zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Messungen bzw. Bewertungen, die an der Putenbrust durchgeführt wurden. Analog dazu sind in Tabelle 22 b die entsprechenden Daten der Messungen an der Oberkeule gezeigt. Diese Ergebnisse werden als Richtwerte zur Kategorisierung von Putenfleisch herangezogen.

Aus der Tabelle 22 a geht hervor, dass die früh postmortal gemessenen pH-Werte der linken Brusthälfte leicht niedriger sind als die der rechten Brusthälfte. Obwohl die gezeigten Mittelwertunterschiede sehr gering sind, ist diese Abweichung signifikant. Die End-pH-Werte sowie die Leitfähigkeitswerte, ermittelt im rechten bzw. linken M. pectoralis superf., unterscheiden sich jedoch nicht signifikant voneinander. An der Anschnittfläche der linken Brustmuskulatur können deutlich höhere Helligkeitswerte und ein geringerer Rotwert beobachtet werden. Die Gewichts Differenz zwischen den zwei Brusthälften (ca. 3%) wird durch die Schnittführung begründet.

Der Vergleich zwischen dem Kochen und Backen der Putenbrust (Tab. 22 a) auf die sensorischen und technologischen Eigenschaften zeigt, dass deutliche Unterschiede aufgrund der verschiedenen Erhitzungs- bzw. Zubereitungsverfahren auftreten. Gekochte Putenbrüste weisen einen signifikant geringeren Teilstückverlust nach der Erhitzung sowie geringere Scherkräfte auf als die gebackenen Proben. Auch bei den sensorischen Parametern werden die gekochten Proben deutlich besser bewertet. Nur das Prüfmerkmal Zartheit zeigt keinen signifikanten Unterschied.

Aus der Tabelle 22 b wird ersichtlich, dass auch die Putenoberkeule durch den Kochvorgang einen geringeren Teilstückverlust aufweist als nach dem Backen. Die Scherwerte der gekochten Proben der Oberkeule sind analog zur Brustmuskulatur auch niedriger. Jedoch werden die gebackenen Proben der Schenkelmuskulatur durch die Sachverständigen sensorisch deutlich besser beurteilt. Seitenspezifische Unterschiede der Keulenmuskulatur können für die Mess-

parameter pH<sub>24</sub>-Wert, Teilstückgewicht, Helligkeit und a\*-Wert nicht herausgestellt werden. Dagegen wird in der rechten Oberkeulenmuskulatur ein signifikant höherer Gelbton gemessen.

Tabelle 22 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in der Putenbrust

Messparameter	n	linke Brust		Rechte Brust	
		LSQ	s	LSQ	s
pH <sub>20</sub>	803	6,48 <sup>a</sup>	0,27	6,51 <sup>b</sup>	0,28
pH <sub>3</sub>	803	5,93 <sup>a</sup>	0,19	5,98 <sup>b</sup>	0,22
pH <sub>24</sub>	803	5,83 <sup>a</sup>	0,10	5,83 <sup>a</sup>	0,11
LF <sub>3</sub>	803	2,61 <sup>a</sup>	1,75	2,62 <sup>a</sup>	1,70
LF <sub>24</sub>	803	2,97 <sup>a</sup>	1,54	2,92 <sup>a</sup>	1,53
Gewicht in g	204	1345 <sup>a</sup>	244	1303 <sup>b</sup>	235
L*	204	52,01 <sup>b</sup>	2,86	51,48 <sup>a</sup>	2,77
a*	204	4,64 <sup>a</sup>	0,90	4,76 <sup>b</sup>	0,98
b*	204	0,89 <sup>a</sup>	1,00	0,88 <sup>a</sup>	1,05
Koch-/ Backverlust in %	204	15,21 <sup>a</sup>	2,83	19,34 <sup>b</sup>	3,63
Scherkraft in Nm	204	25,75 <sup>a</sup>	3,96	27,24 <sup>b</sup>	4,03
Saftigkeit	204	3,85 <sup>b</sup>	0,56	3,35 <sup>a</sup>	0,54
Zartheit	204	4,78 <sup>a</sup>	0,41	4,74 <sup>a</sup>	0,40
Textur	204	3,95 <sup>b</sup>	0,57	3,64 <sup>a</sup>	0,55
Geschmack	204	3,91 <sup>b</sup>	0,68	3,79 <sup>a</sup>	0,62
Sensorik gesamt	204	16,5 <sup>b</sup>	1,3	15,5 <sup>a</sup>	1,2

Tabelle 22 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in der Putenoberkeule

Messparameter	n	linke Oberkeule		rechte Oberkeule	
		LSQ	s	LSQ	s
pH <sub>24</sub>	203	6,00 <sup>a</sup>	0,21	5,99 <sup>a</sup>	0,17
Gewicht in g	203	1198 <sup>a</sup>	123	1199 <sup>a</sup>	127
L*	203	40,51 <sup>a</sup>	2,88	40,13 <sup>a</sup>	2,55
a*	203	14,48 <sup>a</sup>	1,64	14,53 <sup>a</sup>	1,73
b*	203	3,63 <sup>a</sup>	1,16	4,19 <sup>b</sup>	1,31
Koch-/ Backverlust in %	203	21,07 <sup>a</sup>	3,20	25,02 <sup>b</sup>	3,78
Scherkraft in Nm	203	29,04 <sup>a</sup>	2,90	30,04 <sup>b</sup>	3,02
Saftigkeit	203	3,88 <sup>a</sup>	0,44	4,13 <sup>b</sup>	0,44
Zartheit	203	4,11 <sup>a</sup>	0,47	4,30 <sup>b</sup>	0,44
Textur	203	4,65 <sup>a</sup>	0,32	4,70 <sup>a</sup>	0,35
Geschmack	203	4,32 <sup>a</sup>	0,51	4,35 <sup>a</sup>	0,50
Sensorik gesamt	203	17,0 <sup>a</sup>	1,1	17,5 <sup>b</sup>	1,2

### 5.2.2. Kategorisierung nach pH<sub>20</sub>-Werten

In den Tabellen 23 a, b und c sind die chemisch-physikalischen Messergebnisse sowie die sensorische Bewertung der gekochten Putenbrust-Proben in Abhängigkeit vom pH<sub>20</sub>-Wert dargestellt. Generell kann gezeigt werden, dass je niedriger der früh postmortale pH-Wert in der Brust ist, desto höher ist die spätere Leitfähigkeit. Die Schlachtkörper-Gruppe, die 20 min p.m. einen pH-Wert von 6,21 oder niedriger aufweist, weist auch bei der Messung nach 3 h die signifikant niedrigsten Werte auf. Zwischen den pH-Klassen und dem Kochverlust bestehen signifikante Unterschiede. Der geringste Kochverlust wird bei den Proben mit den höchsten pH<sub>20</sub>-Werten beobachtet. Zwischen den pH-Klassen bestehen jedoch keine gesicherten Unterschiede im Scherkraftwert. In der Tendenz zeigen Proben mit niedrigen pH<sub>20</sub>-Werten jedoch höhere Scherwerte an. Die Putenbrüste die 20 min p.m. die niedrigsten pH-Werte aufweisen, werden auch bei der sensorischen Beurteilung des Merkmals Zartheit am schlechtesten bewertet. Der infolge der mechanischen Messung der Scherkraft ermittelte Zusammenhang zwischen dem früh-postmortalen pH-Wert und der Zähigkeit des Fleisches kann auch durch die sensorische Prüfung bestätigt werden. Des weiteren kann ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Glykolyseverlauf nach dem Schlachten, dem Kochverlust und dem sensorischen Prüfparameter Saftigkeit gezeigt werden. Je niedriger der pH<sub>20</sub>-Wert, desto höher der Kochverlust und desto niedriger die sensorische Bewertung der Saftigkeit. Die Proben mit einem normalen Glykolyseverlauf nach der Schlachtung (mittlere und hohe pH-Klasse) erzielten bei der Gesamtsumme aller sensorischen Bewertungen die höchste Punkteanzahl. Einen gesicherten Zusammenhang zwischen dem pH<sub>20</sub>-Wert und dem L\*-Wert des rohen Fleisches sowie dem Brustgewicht des Schlachtkörpers wird nicht sichtbar. Jedoch ist erkennbar, je niedriger die pH-Klasse ist, desto niedriger sind die Teilstückgewichte der Brust und desto höhere a\* und b\* Farbwerte werden gemessen.

Tabelle 23 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom pH<sub>20</sub>-Wert der linken Putenbrust (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. In g	L*
pH <sub>20</sub> ≤ 6,21	32	LSQ s	6,07 <sup>a</sup> 0,11	5,79 <sup>a</sup> 0,07	5,81 <sup>a, b</sup> 0,07	5,20 <sup>a</sup> 2,24	4,89 <sup>a</sup> 2,07	1233 <sup>a</sup> 175	50,72 <sup>a</sup> 2,58
pH <sub>20</sub> > 6,21 - < 6,75	129	LSQ s	6,51 <sup>b</sup> 0,14	5,93 <sup>b</sup> 0,16	5,83 <sup>b</sup> 0,10	2,31 <sup>b</sup> 1,19	2,75 <sup>b</sup> 1,30	1366 <sup>b</sup> 248	52,29 <sup>b</sup> 2,75
pH <sub>20</sub> ≥ 6,75	43	LSQ s	6,86 <sup>c</sup> 0,09	6,15 <sup>c</sup> 0,27	5,80 <sup>a</sup> 0,10	1,49 <sup>c</sup> 0,51	1,94 <sup>c</sup> 0,52	1368 <sup>b</sup> 258	52,14 <sup>b</sup> 3,19

Anhand der Minolta-Messung an den gekochten Proben wird ein Zusammenhang zwischen der Fleischfarbe und dem pH<sub>20</sub>-Wert belegt. Je schneller die Glykolyse nach dem Schlachten abläuft,

desto niedrigere L\*-Werte werden nach dem Kochen gemessen. Die b\*-Werte hingegen zeigen signifikant zunehmende Werte.

Tabelle 23 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom pH<sub>20</sub>-Wert der linken Putenbrust (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
pH <sub>20</sub> ≤ 6,21	32	LSQ	5,05 <sup>a</sup>	1,26 <sup>a</sup>	16,85 <sup>a</sup>	29,16 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>	3,52 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>
		s	1,12	1,06	2,67	5,17	1,2	0,53	0,43
pH <sub>20</sub> > 6,21 - < 6,75	129	LSQ	4,59 <sup>b</sup>	0,92 <sup>a</sup>	15,36 <sup>b</sup>	25,35 <sup>b</sup>	16,6 <sup>b</sup>	3,87 <sup>b</sup>	4,81 <sup>b</sup>
		s	0,82	0,93	2,74	3,26	1,2	0,55	0,41
pH <sub>20</sub> ≥ 6,75	43	LSQ	4,48 <sup>b</sup>	0,53 <sup>b</sup>	13,56 <sup>c</sup>	24,41 <sup>b</sup>	16,5 <sup>a, b</sup>	4,01 <sup>c</sup>	4,85 <sup>b</sup>
		s	0,86	1,06	2,38	3,53	1,6	0,48	0,36

Tabelle 23 c: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischfarbe, gemessen nach dem Kochen, in Abhängigkeit vom pH<sub>20</sub>-Wert der linken Putenbrust (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Messparameter	N		L* nach kochen	a* nach kochen	b* nach kochen
pH <sub>20</sub> ≤ 6,21	32	LSQ	78,99 <sup>a</sup>	5,36 <sup>a</sup>	9,94 <sup>a</sup>
		s	1,51	0,69	0,83
pH <sub>20</sub> > 6,21 - < 6,75	129	LSQ	80,28 <sup>b</sup>	4,97 <sup>b</sup>	9,64 <sup>b</sup>
		s	1,63	0,72	0,71
pH <sub>20</sub> ≥ 6,75	43	LSQ	81,11 <sup>c</sup>	4,80 <sup>b</sup>	9,39 <sup>c</sup>
		s	1,55	0,66	0,71

In Tabelle 24 sind die Ergebnisse der Kategorisierung nach dem pH<sub>20</sub>-Wert, gemessen in der Putenbrust, auf die Messparameter in der Oberkeule zusammengefasst. Es wird deutlich, dass die starken Zusammenhänge zwischen Glykolyseverlauf bzw. -geschwindigkeit und dem Kochverlust, der Scherkraft und dem sensorischen Parameter der Saftigkeit, die im Brustmuskel beobachtet werden, in der Oberschenkelmuskulatur nicht auftreten. In den Schlachtkörperteilstücken Oberschenkelmuskulatur und Brustmuskulatur eines Tieres sind unterschiedlich starke Ausprägungen der Fleischqualitätsparameter infolge einer beschleunigten oder verlangsamten Glykolyse zu beobachten. Tendenziell zeigt aber auch die Schenkelmuskulatur einen erhöhten Kochverlust, höhere Scherkraft, schlechtere Saftigkeit und geringere Punktevergabe bei der Zartheit an, wenn in der Brust eine pH<sub>20</sub>-Wert von 6,21 oder geringer beobachtet wird.

Tabelle 24: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom pH<sub>20</sub>-Wert der Putenbrust (<sup>a, b, c</sup> p < 0,05)

Brust	N	Oberkeule							
			pH <sub>24</sub>	L*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigk.	Zarth.	Gewicht in g
pH <sub>20</sub> ≤ 6,21	32	LSQ	6,04 <sup>a</sup>	40,77 <sup>a</sup>	22,01 <sup>a</sup>	29,23 <sup>a</sup>	3,79 <sup>a</sup>	4,05 <sup>a</sup>	1163 <sup>a</sup>
		s	0,28	2,58	3,51	2,80	0,46	0,48	112
pH <sub>20</sub> > 6,21 - < 6,75	129	LSQ	5,98 <sup>a</sup>	40,36 <sup>a</sup>	20,79 <sup>a</sup>	28,86 <sup>a</sup>	3,91 <sup>a</sup>	4,13 <sup>a</sup>	1209 <sup>a</sup>
		s	0,20	2,99	3,12	3,02	0,40	0,46	118
pH <sub>20</sub> ≥ 6,75	43	LSQ	6,00 <sup>a</sup>	40,76 <sup>a</sup>	21,20 <sup>a</sup>	29,47 <sup>a</sup>	3,89 <sup>a</sup>	4,12 <sup>a</sup>	1194 <sup>a</sup>
		s	0,17	2,77	3,12	2,62	0,50	0,48	141

### 5.2.3. Kategorisierung nach pH<sub>3</sub>-Werten

In den Tabellen 25 a bis c sind die Ergebnisse der Messungen der Fleischqualität nach Kategorisierung auf Grundlage des pH<sub>3</sub>-Wertes in drei Klassen dargestellt. Generell wird auch hier deutlich - wie bei der Einteilung nach dem pH<sub>20</sub>-Wert - je niedriger der pH-Wert 3 h post mortem ist, desto höhere Leitfähigkeitswerte treten in den Teilstücken auf. Die pH-Gruppe mit den niedrigsten Werten weisen die signifikant höchsten Leitfähigkeitswerte 3 und 24 h p.m. auf. Jedoch fällt die Differenz zwischen den mittleren Leitfähigkeitswerten geringer aus als bei der Kategorisierung infolge des pH<sub>20</sub>-Wertes. Ebenso werden die aufgrund des pH<sub>20</sub>-Wertes beobachteten Zusammenhänge zwischen dem Verlauf der Glykolyse und den Parametern Kochverlust, Scherkraft und Saftigkeit bestätigt. Die höchsten Kochverluste werden bei den Proben mit der stärksten pH<sub>3</sub>-Absenkung ermittelt. In der gleichen pH-Gruppe sind auch die höchsten mittleren Scherkräfte zu erkennen. Die beste Beurteilung des sensorischen Parameters Saftigkeit erzielen die Proben mit dem geringsten Kochverlust, die auch gleichzeitig die Gruppe mit den höchsten pH<sub>3</sub>-Werten sind. Der mögliche Zusammenhang zwischen einer beschleunigten Glykolyse und dem geringen Brustgewicht bzw. dem geringen Gesamtkörperschlachtgewicht, bei gleicher Mastdauer, kann wiederum beobachtet werden.

Tabelle 25 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom pH<sub>3</sub>-Wert der linken Putenbrust (a, b, c p < 0,05)

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
pH <sub>3</sub> ≤ 5,74	31	LSQ s	6,37 <sup>a</sup> 0,20	5,71 <sup>a</sup> 0,03	5,76 <sup>a</sup> 0,07	3,47 <sup>a</sup> 2,35	3,71 <sup>a</sup> 2,03	1286 <sup>a</sup> 243	52,91 <sup>a</sup> 2,59
pH <sub>3</sub> > 5,74 - < 6,12	134	LSQ s	6,46 <sup>b</sup> 0,25	5,91 <sup>b</sup> 0,10	5,82 <sup>b</sup> ,10	2,67 <sup>b</sup> 1,71	3,02 <sup>b</sup> 1,59	1341 <sup>a, b</sup> 231	51,74 <sup>b</sup> 2,73
pH <sub>3</sub> ≥ 6,12	39	LSQ s	6,80 <sup>c</sup> 0,15	6,30 <sup>c</sup> 0,16	5,85 <sup>b</sup> 0,10	1,63 <sup>c</sup> 0,56	1,95 <sup>c</sup> 0,58	1406 <sup>b</sup> 278	52,21 <sup>a, b</sup> 3,38

Tabelle 25 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom pH<sub>3</sub>-Wert der linken Putenbrust (a, b, c p < 0,05)

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
pH <sub>3</sub> ≤ 5,74	31	LSQ s	4,84 <sup>a</sup> 0,69	1,22 <sup>a</sup> 0,94	16,07 <sup>a</sup> 3,06	26,42 <sup>a</sup> 3,91	16,2 <sup>a</sup> 1,1	3,72 <sup>a</sup> 0,63	4,75 <sup>a</sup> 0,44
pH <sub>3</sub> > 5,74 - < 6,12	133	LSQ s	4,65 <sup>a</sup> 0,96	0,82 <sup>b</sup> 1,00	15,42 <sup>a</sup> 2,67	26,21 <sup>a</sup> 4,03	16,6 <sup>a</sup> 1,3	3,80 <sup>a</sup> 0,52	4,75 <sup>a</sup> 0,42
pH <sub>3</sub> ≥ 6,12	39	LSQ s	4,44 <sup>a</sup> 0,80	0,87 <sup>a, b</sup> 1,00	13,85 <sup>b</sup> 2,81	23,62 <sup>b</sup> 3,01	16,6 <sup>a</sup> 1,4	4,09 <sup>b</sup> 0,56	4,92 <sup>b</sup> 0,33

Aufgrund der Farbmessung der gekühlten Putenbrüste kann gezeigt werden, dass der Rotton tendenziell bei höheren  $\text{pH}_3$ -Werten abnimmt. Dieses Ergebnis stimmt mit den Aussagen der  $\text{pH}_{20}$ -Messung überein. Kein Zusammenhang wird zwischen dem Glykolyseverlauf 3 h p.m. und den Farbbereichen  $L^*$  und  $b^*$  festgestellt.

In der Tabelle 25 c wird ein Überblick über die Ergebnisse der Kategorisierung nach dem  $\text{pH}_3$ -Wert der Putenbrust auf die Messparameter an der Oberkeule gegeben.

Tabelle 25 c: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom  $\text{pH}_3$ -Wert der Putenbrust (<sup>a, b, c</sup>  $p < 0,05$ )

Brust	N	Oberkeule							
			$\text{pH}_{24}$	$L^*$	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigk.	Zarth.	Gewicht in g
$\text{pH}_3 \leq 5,74$	31	LSQ	5,99 <sup>a</sup>	40,89 <sup>a</sup>	20,56 <sup>a</sup>	28,75 <sup>a</sup>	3,90 <sup>a</sup>	4,21 <sup>a</sup>	1192 <sup>a</sup>
		s	0,23	2,55	3,76	2,61	0,40	0,45	131
$\text{pH}_3 > 5,74 - < 6,12$	133	LSQ	6,00 <sup>a</sup>	40,43 <sup>a</sup>	21,16 <sup>a</sup>	29,21 <sup>a</sup>	3,89 <sup>a</sup>	4,10 <sup>a</sup>	1200 <sup>a</sup>
		s	0,21	3,11	3,09	2,99	0,44	0,49	109
$\text{pH}_3 \geq 6,12$	39	LSQ	6,01 <sup>a</sup>	40,46 <sup>a</sup>	21,15 <sup>a</sup>	28,72 <sup>a</sup>	3,84 <sup>a</sup>	4,08 <sup>a</sup>	1197 <sup>a</sup>
		s	0,19	2,29	3,12	2,84	0,45	0,41	157

Es sind keinerlei Beziehungen zwischen den Kategorisierungsmerkmal  $\text{pH}_3$ -Wert in der Putenbrust und den geprüften Fleischqualitätsmerkmalen in der Oberkeule feststellbar.

Eine Kategorisierung der Putenbrüste auf der Grundlage des  $\text{pH}_{24}$ -Wertes wird nicht durchgeführt, da sich die Proben sehr stark an den End-pH-Wert von 5,82 genähert haben.

#### 5.2.4. Kategorisierung nach $\text{LF}_3$ -Werten

Einen Überblick über die Bewertung der Proben in Abhängigkeit vom Leitfähigkeitswert 3 h post mortem geben die Tabellen 26 a und b. Im Gegensatz zur Einteilung nach den pH-Werten werden hier nur zwei Gruppen gebildet. In der ersten Gruppe sind die Proben zusammengefasst, bei denen Leitfähigkeitswerte von  $\leq 2,97$  mS/cm gemessen werden. Die andere Gruppe umfasst Proben, deren Leitfähigkeitswerte über der mittleren Leitfähigkeit von 2,97 mS/cm liegen. Generell wird auch hier der bekannte Antagonismus zwischen dem früh-postmortalem pH-Wert und der Leitfähigkeit sichtbar. Geringe Leitfähigkeitswerte drei Stunden nach dem Schlachten weisen signifikant höhere  $\text{pH}_{20}$ - und  $\text{pH}_3$ -Werte auf. In der Gruppe mit hohen LF-Werten werden hohe Kochverluste und Scherwerte nachgewiesen. Die sensorischen Prüfungen der Proben unterstreichen die physikalischen Messergebnisse, denn die Proben mit den höheren Leitfähigkeitswerten werden signifikant schlechter in den sensorischen Parametern Saftigkeit und Zartheit beurteilt als die Proben mit geringeren LF-Werten. Analog zur  $\text{pH}_{20}$ -Messung wird auch durch die  $\text{LF}_3$ -Messung gezeigt, dass die Proben mit einem schnelleren Glykolyseverlauf

bzw. einhergehenden besseren Leitfähigkeit höhere  $a^*$  und  $b^*$  Farbwerte aufweisen als die Vergleichsgruppe. Ebenso wird der mögliche Zusammenhang zwischen schlechter Fleischqualität und geringeren Brustendgewichten, bei gleicher Mastdauer, ersichtlich. Die Proben mit den höheren Leitfähigkeitswerten, die auch einen höheren Kochverlust sowie Scherwert aufweisen und bei der Saftigkeit und Zartheit in der sensorischen Prüfung schlechter bewertet werden, weisen signifikant niedrigere Teilstückgewichte der Brust auf.

Tabelle 26 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom  $LF_3$ -Wert der linken Putenbrust ( $^{a,b} p < 0,05$ )

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
LF <sub>3</sub> ≤ 2,61	141	LSQ	6,63 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	1,69 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	1370 <sup>a</sup>	52,23 <sup>a</sup>
		s	0,20	0,22	0,10	0,49	0,65	243	2,81
LF <sub>3</sub> > 2,61	63	LSQ	6,25 <sup>b</sup>	5,82 <sup>b</sup>	5,82 <sup>a</sup>	4,61 <sup>b</sup>	4,60 <sup>b</sup>	1291 <sup>b</sup>	51,53 <sup>a</sup>
		s	0,21	0,11	0,10	1,89	1,85	239	2,93

Tabelle 26 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom  $LF_3$ -Wert der linken Putenbrust ( $^{a,b} p < 0,05$ )

Messparameter	N		$a^*$	$b^*$	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
LF <sub>3</sub> ≤ 2,61	141	LSQ	4,56 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	14,61 <sup>a</sup>	24,67 <sup>a</sup>	16,6 <sup>a</sup>	3,93 <sup>a</sup>	4,85 <sup>a</sup>
		s	0,88	1,01	2,69	2,97	1,3	0,54	0,37
LF <sub>3</sub> > 2,61	63	LSQ	4,82 <sup>b</sup>	1,15 <sup>b</sup>	16,57 <sup>b</sup>	28,17 <sup>b</sup>	16,3 <sup>a</sup>	3,65 <sup>b</sup>	4,64 <sup>b</sup>
		s	0,91	0,93	2,68	4,76	1,2	0,53	0,46

Die Tabelle 27 zeigt die Ergebnisse der Kategorisierung nach dem  $LF_3$ -Wert der Putenbrust auf die Messparameter der Oberkeule an. Die deutlichen Zusammenhänge zwischen hohen  $LF_3$ -Werten und hohem Kochverlust sowie hohen Scherwerten in der Brust werden in der Keule nicht sichtbar. Tendenziell weisen die Proben, bei vorliegenden hohen  $LF_3$ -Werten in der Brust, auch höhere mittlere Kochverluste sowie höhere Scherwerte in der Schenkelmuskulatur auf, jedoch sind die Differenzen minimal. Die sehr geringen Unterschiede sind auch in der Bewertung der Saftigkeit und Zartheit der gekochten Proben der Keule zu beobachten.

Tabelle 27: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom  $LF_3$ -Wert der Putenbrust ( $^{a,b} p < 0,05$ )

Brust		Oberkeule							
Messparameter	N		pH <sub>24</sub>	L*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigk.	Zarth.	Gewicht in g
LF <sub>3</sub> ≤ 2,61	140	LSQ	6,00 <sup>a</sup>	40,48 <sup>a</sup>	20,90 <sup>a</sup>	28,99 <sup>a</sup>	3,89 <sup>a</sup>	4,13 <sup>a</sup>	1206 <sup>a</sup>
		s	0,21	2,86	3,26	2,95	0,44	0,48	126
LF <sub>3</sub> > 2,61	63	LSQ	5,99 <sup>a</sup>	40,56 <sup>a</sup>	21,45 <sup>a</sup>	29,16 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>	1181 <sup>a</sup>
		s	0,22	2,94	3,04	2,80	0,43	0,43	114

### 5.2.5. Kategorisierung nach LF<sub>24</sub>-Werten

Die Tabellen 28 a und b zeigen die Ergebnisse der Messungen der Fleischqualitätsmerkmale, nach denen die Proben aufgrund ihrer LF<sub>24</sub>-Werte in zwei Klassen zugeordnet werden. Durch die Messung der Leitfähigkeit nach 24 h post mortem werden alle gezeigten Zusammenhänge, die auf der LF<sub>3</sub>-Messung basieren, bestätigt. Auch hier sind deutliche Unterschiede in den Qualitätsparametern pH-Wert, Scherkraft und Zartheit festzustellen. Der Unterschied in den Messparametern Kochverlust und Saftigkeit ist jedoch nicht mehr signifikant. Die Anzahl der Schlachtkörper, bei denen 24 h p.m. ein LF-Wert gemessen wird, der über der mittleren Leitfähigkeit liegt, erhöhte sich um sechs Tiere.

Tabelle 28 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom LF<sub>24</sub>-Wert der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
LF <sub>24</sub> ≤ 2,97	135	LSQ s	6,62 <sup>b</sup> 0,22	6,01 <sup>b</sup> 0,22	5,82 <sup>a</sup> 0,10	1,83 <sup>a</sup> 0,74	2,02 <sup>a</sup> 0,48	1363 <sup>a</sup> 237	52,22 <sup>a</sup> 2,87
LF <sub>24</sub> > 2,97	69	LSQ s	6,31 <sup>a</sup> 0,24	5,84 <sup>a</sup> 0,14	5,82 <sup>a</sup> 0,10	4,07 <sup>b</sup> 2,19	4,67 <sup>b</sup> 1,62	1311 <sup>a</sup> 255	51,61 <sup>a</sup> 2,83

Tabelle 28 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom LF<sub>24</sub>-Wert der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
LF <sub>24</sub> ≤ 2,97	135	LSQ s	4,57 <sup>a</sup> 0,88	0,82 <sup>a</sup> 1,01	15,02 <sup>a</sup> 2,74	25,06 <sup>a</sup> 3,16	16,6 <sup>a</sup> 1,2	3,90 <sup>a</sup> 0,52	4,84 <sup>b</sup> 0,38
LF <sub>24</sub> > 2,97	69	LSQ s	4,78 <sup>a</sup> 0,92	1,02 <sup>a</sup> 0,96	15,60 <sup>a</sup> 2,98	27,09 <sup>b</sup> 4,93	16,3 <sup>a</sup> 1,3	3,74 <sup>a</sup> 0,61	4,68 <sup>a</sup> 0,45

In der Tabelle 29 wird ein Überblick über die Fleischqualitätsmerkmale der Oberkeule, die in Verbindung mit der Leitfähigkeit in der Brust gemessen werden, gegeben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Zusammenhänge zwischen der Brust- und Schenkelmuskulatur, die infolge der LF<sub>3</sub>-Messung noch zu erkennen sind, nicht mehr auftreten.

Tabelle 29: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom LF<sub>24</sub>-Wert der Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Brust		Oberkeule							
Messparameter	N		pH <sub>24</sub>	L*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigk.	Zarth.	Gewicht in g
LF <sub>24</sub> ≤ 2,97	134	LSQ s	5,98 <sup>a</sup> 0,19	40,29 <sup>a</sup> 2,75	21,21 <sup>a</sup> 3,27	29,10 <sup>a</sup> 2,99	3,88 <sup>a</sup> 0,43	4,09 <sup>a</sup> 0,45	1206 <sup>a</sup> 129
LF <sub>24</sub> > 2,97	69	LSQ s	6,03 <sup>a</sup> 0,24	40,94 <sup>a</sup> 3,09	20,79 <sup>a</sup> 3,07	28,95 <sup>a</sup> 2,74	3,90 <sup>a</sup> 0,44	4,16 <sup>a</sup> 0,50	1183 <sup>a</sup> 109

### 5.2.6. Kategorisierung nach dem L\*-Wert der angeschnittenen Putenbrust

Die Minolta-Farbwert-Ermittlung erfolgt auf der Putenbrustoberfläche sowie an einer frischen Anschnittfläche. Aus Tabelle 30 wird ersichtlich, dass die Messungen der Oberfläche eine geringere Fleischhelligkeit aufweisen als die der Anschnittfläche.

Tabelle 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Minolta-Farbmessung auf der Oberfläche und Anschnittfläche der Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter		Oberfläche	Anschnittfläche
L*	LSQ	47,41 <sup>a</sup>	52,01 <sup>b</sup>
	s	2,66	2,86
a*	LSQ	4,97 <sup>a</sup>	4,64 <sup>b</sup>
	s	1,02	0,90
b*	LSQ	2,50 <sup>a</sup>	0,89 <sup>b</sup>
	s	1,78	1,00

In der Tabelle 31 werden die Beziehungen der zwei Messorte miteinander und zu den anderen Fleischqualitätsparametern zusammengefasst. Es wird ersichtlich, dass nur geringe Beziehungen ( $r = 0,37 - 0,47$ ) zwischen den Messorten bestehen. Die infolge der stärkeren Farbausprägung vermuteten stärkeren Verknüpfungen der Farbmerkmale der Oberfläche mit den frühpostmortalen Messparametern pH- und LF-Wert sowie den ermittelten Kriterien nach Erhitzung, können nicht festgestellt werden. Der für die praxistaugliche Farbmessung notwendige und erhoffte Effekt, dass die Messung der Farbwerte auf der Brustoberfläche eng mit den Fleischqualitätsparametern verbunden ist, kann nicht gezeigt werden.

Tabelle 31: Beziehungen zwischen den Messorten Oberfläche und Anschnittfläche der Putenbrust bei der Minolta-Farbmessung

Messparameter	Oberfläche			Anschnittfläche		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
pH <sub>20</sub>	0,07	-0,26 <sup>***</sup>	-0,07	0,11	-0,27 <sup>***</sup>	-0,24 <sup>***</sup>
pH <sub>3</sub>	0,10	-0,13	-0,03	0,06	-0,22 <sup>***</sup>	-0,08
pH <sub>24</sub>	0,01	-0,10	-0,16 <sup>*</sup>	-0,30 <sup>***</sup>	-0,15 <sup>*</sup>	-0,12
LF <sub>3</sub>	-0,03	0,07	-0,08	-0,12	0,16 <sup>*</sup>	0,19 <sup>**</sup>
LF <sub>24</sub>	-0,05	0,03	-0,06	-0,11	0,17 <sup>*</sup>	0,16 <sup>*</sup>
Brust o.F. in g	0,23 <sup>***</sup>	0,13	0,13	0,42 <sup>***</sup>	-0,13	0,27 <sup>***</sup>
L* Anschnittfläche	0,46 <sup>***</sup>	0,06	0,26 <sup>***</sup>	1,00	-0,18 <sup>**</sup>	0,45 <sup>***</sup>
a* Anschnittfläche	-0,27 <sup>***</sup>	0,47 <sup>***</sup>	0,12	-0,18 <sup>**</sup>	1,00	0,19 <sup>**</sup>
b* Anschnittfläche	0,18 <sup>**</sup>	0,27 <sup>***</sup>	0,37 <sup>***</sup>	0,45 <sup>***</sup>	0,19 <sup>**</sup>	1,00
Kochverlust in %	0,25 <sup>***</sup>	0,21 <sup>**</sup>	0,05	0,15 <sup>*</sup>	0,14 <sup>*</sup>	0,14 <sup>*</sup>
Scherkraft in Nm	-0,18 <sup>*</sup>	-0,07	-0,10	-0,30 <sup>***</sup>	-0,01	-0,01
Sensorik gesamt	0,15 <sup>*</sup>	-0,04	0,06	0,28 <sup>***</sup>	-0,19 <sup>**</sup>	-0,06
Saftigkeit	0,12	0,03	0,13	0,30 <sup>***</sup>	-0,16 <sup>*</sup>	0,14
Zartheit	0,07	-0,05	0,10	0,14 <sup>*</sup>	-0,01	-0,11

\* = p ≤ 0,05; \*\* = p ≤ 0,01; \*\*\* = p ≤ 0,001

Aus den Tabellen 32 a und b sind die Ergebnisse der Kategorisierung nach dem L\*-Wert der Minolta-Messung an einer frischen Anschnittfläche des M. pectoralis superf. ersichtlich. An den Proben mit Fleischhelligkeitswerten von  $L^* > 52$  sind deutlich höhere Teilstückgewichte der Brust zu beobachten als bei den Proben mit einer geringeren Fleischhelligkeit. Die Proben-Gruppe, bei denen höhere Helligkeitswerte festgestellt werden, zeigen signifikant geringere Scherwerte an. Diese Gruppe erhielt bei der sensorischen Prüfung sowohl in der Gesamtbeurteilung als auch im Prüfmerkmal Saftigkeit die deutlich höchsten Bewertungen, obwohl die helleren Proben im Durchschnitt einen stärkeren Kochverlust aufweisen. Des weiteren geht aus den Tabellen 32 a und b hervor, dass die helleren Putenbrüste die signifikant niedrigsten pH-Werte 24 h p.m. zeigen. Der häufig beschriebene Zusammenhang zwischen der Fleischhelligkeit und der Glykolysegeschwindigkeit p.m. kann nicht festgestellt werden.

Tabelle 32 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom L\*-Wert der Anschnittfläche der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>  $p < 0,05$ )

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
L* Brust ≤ 52	106	LSQ	6,49 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>	5,85 <sup>a</sup>	2,79 <sup>a</sup>	3,01 <sup>a</sup>	1279 <sup>a</sup>	49,83 <sup>a</sup>
		s	0,30	0,20	0,08	2,00	1,77	212	1,57
L* Brust > 52	98	LSQ	6,53 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>	5,79 <sup>b</sup>	2,38 <sup>a</sup>	2,81 <sup>a</sup>	1416 <sup>b</sup>	54,37 <sup>b</sup>
		s	0,24	0,23	0,11	1,43	1,43	257	1,92

Tabelle 32 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom L\*-Wert der Anschnittfläche der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>  $p < 0,05$ )

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
L* Brust ≤ 52	106	LSQ	4,76 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>	14,94 <sup>a</sup>	26,49 <sup>a</sup>	16,3 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>	4,75 <sup>a</sup>
		s	0,89	0,93	2,81	3,93	1,3	0,55	0,43
L* Brust > 52	98	LSQ	4,50 <sup>b</sup>	1,27 <sup>b</sup>	15,51 <sup>a</sup>	24,94 <sup>b</sup>	16,7 <sup>b</sup>	3,98 <sup>b</sup>	4,82 <sup>a</sup>
		s	0,89	0,93	2,84	3,85	1,2	0,53	0,39

Eine Übersicht über die Ergebnisse der Kategorisierung nach dem L\*-Wert, gemessen an der Putenbrust, auf die Messparameter in der Oberkeule gibt die Tabelle 33. Analog zur Wägung der Brustteilstücke werden auch höhere Teilstückgewichte der Oberkeule bei den Tieren ermittelt, die infolge der Farbmessung der Brust als heller eingestuft werden. Durch die Einteilung der Schlachtkörper nach der Messung des L\*-Wertes der Brust in „hell“ und „dunkel“, sind auch in den Oberkeulen der „hellen“ Gruppe tendenziell höhere Kochverluste, höhere Bewertung der Saftigkeit und Zartheit sowie geringere Scherwerte zu beobachten. Diese Unterschiede sind aber nicht signifikant.

Tabelle 33: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom L\*-Wert der Putenbrust (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Brust		Oberkeule							
Messparameter	N		pH <sub>24</sub>	L*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigk.	Zarth.	Gewicht in g
L* Brust ≤ 52	105	LSQ	6,02 <sup>a</sup> 0,23	40,51 <sup>a</sup> 2,64	20,80 <sup>a</sup> 3,50	29,33 <sup>a</sup> 2,94	3,85 <sup>a</sup> 0,45	4,08 <sup>a</sup> 0,47	1175 <sup>a</sup> 125
L* Brust > 52	98	LSQ	5,97 <sup>a</sup> 0,18	40,51 <sup>a</sup> 3,13	21,35 <sup>a</sup> 2,83	28,74 <sup>a</sup> 2,84	3,92 <sup>a</sup> 0,42	4,15 <sup>a</sup> 0,47	1224 <sup>b</sup> 115

### 5.2.7. Kategorisierung nach dem Gewicht der Putenbrust ohne Filet

Die Putenbrüste werden nach der Grobzerlegung für die weiteren Untersuchungen durch ein und dieselbe Person zugeschnitten. Bei diesem Vorgang werden noch anhaftende Brusthaut, angelagertes Oberflächenfett und das Filet entfernt. In den Tabellen 34 a und b ist die Bewertung der Proben in Abhängigkeit vom Gewicht der Putenbrust dargestellt. Die Proben mit den höchsten Teilstückgewichten weisen auch die signifikant höchsten Helligkeitswerte auf. Dieses Ergebnis unterstreicht den Zusammenhang zwischen Teilstückgewicht der Brust und L\*-Wert, bei gleicher Mastdauer der Schlachttiere, dieser Zusammenhang wird bereits durch die Gruppierung nach den Helligkeitswerten sichtbar. Die schwereren Putenbrüste zeigen zum Messzeitpunkt drei Stunden post mortem deutlich niedrige LF- als auch höhere pH- Werte an. Ebenso höher sind die b\*-Werte dieser Brüste. Bei den leichteren Teilstücken werden signifikant höhere Kochverluste sowie höhere Scherwerte ermittelt. Zum gleichem Ergebnis kommen die Sachverständigen bei der sensorischen Beurteilung der gekochten Proben. Die leichteren Proben werden im Durchschnitt trockener beurteilt. Auch im sensorischen Gesamteindruck erzielen diese Proben eine deutlich schlechtere Bewertung.

Tabelle 34 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom Teilstückgewicht der linken Putenbrust o. Filet (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
Brust o. Filet ≤ 1345 g	107	LSQ	6,48 <sup>a</sup> 0,28	5,92 <sup>a</sup> 0,19	5,81 <sup>a</sup> 0,09	2,86 <sup>a</sup> 2,02	3,06 <sup>a</sup> 1,80	1155 <sup>a</sup> 126	51,11 <sup>a</sup> 2,81
Brust o. Filet > 1345 g	97	LSQ	6,55 <sup>a</sup> 0,26	5,99 <sup>b</sup> 0,23	5,83 <sup>a</sup> 0,10	2,29 <sup>b</sup> 1,36	2,76 <sup>a</sup> 1,38	1556 <sup>b</sup> 152	53,01 <sup>b</sup> 2,58

Tabelle 34 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom Teilstückgewicht der linken Putenbrust o. Filet (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
Brust o. Filet ≤ 1345 g	107	LSQ	4,66 <sup>a</sup> 0,84	0,66 <sup>a</sup> 0,90	15,69 <sup>a</sup> 2,68	27,02 <sup>a</sup> 3,87	16,1 <sup>a</sup> 1,1	3,62 <sup>a</sup> 0,44	4,81 <sup>a</sup> 0,44
Brust o. Filet > 1345 g	97	LSQ	4,61 <sup>a</sup> 0,96	1,15 <sup>b</sup> 1,04	14,69 <sup>b</sup> 2,92	24,35 <sup>b</sup> 3,58	17,0 <sup>b</sup> 1,3	4,09 <sup>b</sup> 0,57	4,75 <sup>a</sup> 0,38

Tabelle 35 zeigt die Ergebnisse der Kategorisierung nach dem Teilstückgewicht der Putenbrust auf die Messparameter der Oberkeule. Generell kann festgestellt werden, dass die Gruppe mit den höheren Brustgewichten auch höhere Teilstückgewichte der Oberkeule aufweisen. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen leichten Brüsten und hohen Scherwerten in der Brust kann auch in den Werten der Oberkeule gezeigt werden. Jedoch werden diese Kochproben bei der sensorischen Beurteilung der Brust sowie der Keule im Merkmal Zartheit höher bewertet.

Tabelle 35: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom Teilstückgewicht der Putenbrust (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Brust	N	Oberkeule							
			pH <sub>24</sub>	L*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigk.	Zarth.	Gewicht in g
Brust o. Filet ≤ 1345 g	106	LSQ	6,01 <sup>a</sup>	40,37 <sup>a</sup>	20,85 <sup>a</sup>	29,43 <sup>b</sup>	3,85 <sup>a</sup>	4,20 <sup>b</sup>	1147 <sup>a</sup>
		s	0,23	2,62	3,12	2,56	0,42	0,45	109
Brust o. Filet > 1345 g	97	LSQ	5,98 <sup>a</sup>	40,66 <sup>a</sup>	21,31 <sup>a</sup>	28,62 <sup>a</sup>	3,92 <sup>a</sup>	4,02 <sup>a</sup>	1255 <sup>b</sup>
		s	0,18	3,15	3,28	3,19	0,45	0,47	112

### 5.2.8. Kategorisierung nach dem Kochverlust der Putenbrust

Die Tabellen 36 a und b zeigen die Ergebnisse der Messungen der Fleischqualitätsmerkmale, nachdem die Proben mit Hilfe des ermittelten Kochverlustes in zwei Klassen geordnet werden. Es wird ein sehr deutlicher Zusammenhang zwischen hohen Kochverlusten und beschleunigter Glykolyse sowie hohen Leitfähigkeitswerten festgestellt. Die Brüste mit Verlusten von größer 15 % haben signifikant niedrigere pH<sub>20</sub>- und pH<sub>3</sub>-Werte, die Leitfähigkeitswerte sind 3 und 24 h p.m. deutlich höher als in der Gruppe mit geringeren Kochverlusten. In der sensorischen Bewertung der Saftigkeit werden die Proben mit hohen Kochverlusten erwartungsgemäß als trockener beurteilt. Zwischen beiden Kochverlust-Klassen bestehen signifikante Unterschiede in der Fleischhelligkeit und dem b\*-Wert. Höhere L\* und b\*-Werte zeigen die Proben mit Verlusten > 15 %.

Tabelle 36 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom Kochverlust der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
Kochverlust Brust ≤ 15 %	89	LSQ	6,61 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	2,12 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	1395 <sup>a</sup>	51,42 <sup>a</sup>
		s	0,25	0,24	0,10	1,49	1,35	255	2,67
Kochverlust Brust > 15 %	115	LSQ	6,43 <sup>b</sup>	5,91 <sup>b</sup>	5,82 <sup>a</sup>	2,95 <sup>b</sup>	3,13 <sup>b</sup>	1306 <sup>b</sup>	52,47 <sup>b</sup>
		s	0,26	0,18	0,10	1,87	1,77	229	2,93

Tabelle 36 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom Kochverlust der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
Kochverlust Brust ≤ 15 %	89	LSQ s	4,55 <sup>a</sup> 0,89	0,72 <sup>a</sup> 1,04	12,58 <sup>a</sup> 1,51	25,45 <sup>a</sup> 3,16	16,5 <sup>a</sup> 1,5	4,06 <sup>a</sup> 0,56	4,84 <sup>a</sup> 0,41
Kochverlust Brust > 15 %	115	LSQ s	4,71 <sup>a</sup> 0,90	1,02 <sup>b</sup> 0,95	17,25 <sup>b</sup> 1,70	25,98 <sup>a</sup> 4,48	16,5 <sup>a</sup> 1,0	3,68 <sup>b</sup> 0,50	4,73 <sup>a</sup> 0,41

Tabelle 37 zeigt die Fleischqualitätsmerkmale der Oberkeule, die nach Einteilung durch den Kochverlust an der Brust gemessen werden. Zwischen Kochverlust in der Brustmuskulatur einerseits und Fleischqualitätsmerkmalen in der Oberkeulenmuskulatur andererseits ist ein deutlicher Zusammenhang ersichtlich. Weist das Teilstück Brust einen höheren Kochverlust auf, so wird auch in der Oberkeule ein höherer Verlust gemessen. Die Keulen werden von den Sensorikern ebenso als trockener beurteilt.

Tabelle 37: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom Kochverlust der Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Brust	Oberkeule								
Messparameter	N		pH <sub>24</sub>	L*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigk.	Zarth.	Gewicht in g
Kochverlust Brust ≤ 15 %	88	LSQ s	6,04 <sup>b</sup> 0,22	40,75 <sup>a</sup> 2,97	19,83 <sup>a</sup> 2,90	29,57 <sup>b</sup> 2,58	3,95 <sup>b</sup> 0,48	4,11 <sup>a</sup> 0,52	1206 <sup>a</sup> 99
Kochverlust Brust > 15 %	115	LSQ s	5,96 <sup>a</sup> 0,20	40,33 <sup>a</sup> 2,81	22,02 <sup>b</sup> 3,10	28,65 <sup>a</sup> 3,08	3,83 <sup>a</sup> 0,39	4,12 <sup>a</sup> 0,42	1193 <sup>a</sup> 138

### 5.2.9. Kategorisierung nach der Scherkraft der Putenbrust

Die Tabellen 38 a und b beinhalten die Ergebnisse der Messparameter der Proben in Abhängigkeit vom Scherwert. Die Ergebnisse der Scherwertmessung an den gekochten Proben bestätigen die Zusammenhänge, die bereits bei der Beurteilung nach dem Kochverlust, dem Teilstückgewicht der Brust und der Fleischhelligkeit ermittelt wurden. Die höchsten Scherwerte werden in den Proben gemessen, die einen schnelleren pH-Abfall und höhere Leitfähigkeitswerte aufweisen. Jedoch wird aus der Tabelle 38 a auch ersichtlich, dass höhere Scherwerte an den leichteren Teilstücken auftreten. Die sensorische Prüfung der Gruppe mit den niedrigeren Scherwerten ergeben in Saftigkeit, Zartheit und der Gesamtbeurteilung deutlich höhere Bewertungen als die Proben mit den höheren Scherwerten. In der Gruppe mit den niedrigeren Scherwerten sind bei der Farbmessung deutlich hellere Brüste sowie höhere b\*-Werte zu erkennen.

Tabelle 38 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Scherkraft der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
Scherkraft kochen Brust ≤ 26 Nm	116	LSQ s	6,58 <sup>a</sup> 0,23	6,00 <sup>a</sup> 0,23	5,81 <sup>a</sup> 0,10	2,10 <sup>a</sup> 1,21	2,57 <sup>a</sup> 1,28	1421 <sup>a</sup> 238	52,83 <sup>a</sup> 2,67
Scherkraft kochen Brust > 26 Nm	88	LSQ s	6,43 <sup>b</sup> 0,30	5,88 <sup>b</sup> 0,17	5,83 <sup>a</sup> 0,09	3,23 <sup>b</sup> 2,13	3,37 <sup>b</sup> 1,88	1245 <sup>b</sup> 216	50,94 <sup>b</sup> 2,77

Tabelle 38 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Scherkraft der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
Scherkraft kochen Brust ≤ 26 Nm	116	LSQ s	4,63 <sup>a</sup> 0,93	1,03 <sup>a</sup> 0,86	15,08 <sup>a</sup> 3,06	23,20 <sup>a</sup> 2,15	16,9 <sup>a</sup> 1,2	3,95 <sup>a</sup> 0,58	4,87 <sup>a</sup> 0,42
Scherkraft kochen Brust > 26 Nm	88	LSQ s	4,65 <sup>a</sup> 0,85	0,70 <sup>b</sup> 1,13	15,40 <sup>a</sup> 2,51	29,11 <sup>b</sup> 3,21	16,0 <sup>b</sup> 1,2	3,70 <sup>b</sup> 0,50	4,67 <sup>b</sup> 0,38

Tabelle 39 zeigt die Ergebnisse der Kategorisierung nach dem Scherwert der gekochten Putenbrust auf die Messparameter der Oberkeule. Analog zum Kochverlust wird auch hier ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Scherkraftwerten in der Brust und Oberkeule sichtbar. In der Gruppe mit den höheren Scherwerten, gemessen in der Brust, werden in der Schenkelmuskulatur auch signifikant höhere Scherwerte ermittelt. Weiterhin wird ersichtlich, dass in dieser Gruppe die Oberkeulenmuskulatur deutlich dunkler und das Teilstückgewicht niedriger ist.

Tabelle 39: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit von der Scherkraft der Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Brust		Oberkeule							
Messparameter	N		pH <sub>24</sub>	L*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigk.	Zarth.	Gewicht in g
Scherkraft kochen Brust ≤ 26 Nm	115	LSQ s	6,00 <sup>a</sup> 0,21	40,94 <sup>b</sup> 2,96	21,09 <sup>a</sup> 3,26	28,16 <sup>a</sup> 2,89	3,91 <sup>a</sup> 0,40	4,14 <sup>a</sup> 0,47	1233 <sup>b</sup> 121
Scherkraft kochen Brust > 26 Nm	88	LSQ s	6,00 <sup>a</sup> 0,21	39,95 <sup>a</sup> 2,68	21,04 <sup>a</sup> 3,14	30,20 <sup>b</sup> 2,50	3,85 <sup>a</sup> 0,48	4,08 <sup>a</sup> 0,47	1154 <sup>a</sup> 111

### 5.2.10. Gruppenbildung nach den sensorischen Prüfungen

In den Tabellen 40 (a, b), 41 (a, b) und 42 (a, b) sind die einzelnen Gruppierungen nach der Saftigkeit, Zartheit und dem sensorischen Gesamteindruck der gekochten Putenbrust zusammengefasst. Die Proben mit den höheren Bewertungen der Saftigkeit ( $> 3,85$ ) weisen zu jedem Messzeitpunkt signifikant höhere pH-Werte auf als die Gruppe mit den schlechteren Bewertungen. Bei den „saftigeren“ Proben sind deutlich höhere Brustgewichte sowie Fleischhelligkeitswerte erkennbar. Auch werden in dieser Gruppe geringere Kochverluste und Scherkräfte gemessen. Die Gruppe mit den Saftigkeitswerten  $> 3,85$  zeigen auch in der Bewertung der Zartheit sowie im sensorischen Gesamteindruck deutlich höhere Werte.

Tabelle 40 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Saftigkeit der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>  $p < 0,05$ )

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
Saftigkeit $\leq 3,85$	115	LSQ s	6,46 <sup>a</sup> 0,28	5,91 <sup>a</sup> 0,18	5,81 <sup>a</sup> 0,09	2,78 <sup>a</sup> 1,89	3,06 <sup>a</sup> 1,73	1260 <sup>a</sup> 207	51,49 <sup>a</sup> 2,95
Saftigkeit $> 3,85$	89	LSQ s	6,57 <sup>b</sup> 0,24	6,00 <sup>b</sup> 0,24	5,83 <sup>b</sup> 0,10	2,35 <sup>a</sup> 1,54	2,73 <sup>a</sup> 1,43	1455 <sup>b</sup> 245	52,69 <sup>b</sup> 2,60

Tabelle 40 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Saftigkeit der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>  $p < 0,05$ )

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
Saftigkeit $\leq 3,85$	115	LSQ s	4,78 <sup>a</sup> 0,96	0,82 <sup>a</sup> 0,97	16,15 <sup>a</sup> 2,61	26,28 <sup>a</sup> 4,13	15,9 <sup>a</sup> 1,1	3,47 <sup>a</sup> 0,32	4,71 <sup>a</sup> 0,43
Saftigkeit $> 3,85$	89	LSQ s	4,46 <sup>b</sup> 0,77	0,99 <sup>b</sup> 1,03	14,00 <sup>b</sup> 2,65	25,07 <sup>b</sup> 3,63	17,2 <sup>b</sup> 1,2	4,34 <sup>b</sup> 0,38	4,88 <sup>b</sup> 0,38

In der Gruppe mit Zartheitswerten  $> 4,78$  (Tab. 41 a, b) sind bei der pH-Wert-Messung 20 min und 3 h p.m. deutlich höhere Werte zu erkennen als in den Proben mit geringerer Bewertung der Zartheit. Die Glykolysegeschwindigkeit übt somit einen starken Einfluss auf die Sensorik aus. Weiterhin weisen die Proben mit der höheren Zartheit auch im Durchschnitt geringere Kochverluste und höhere Saftigkeitswerte auf. Kein Zusammenhang ist zwischen der sensorischen Bewertung der Zartheit und dem Teilstückgewicht der Brust festzustellen. Eine starke Übereinstimmung wird hingegen zwischen der sensorischen Beurteilung der Zartheit und der Scherwertmessung sichtbar. Die von den Sensorik-Sachverständigen als zart eingestuften Proben zeigen auch signifikant niedrigere Scherwerte an.

Tabelle 41 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Zartheit der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
Zartheit ≤ 4,78	89	LSQ s	6,46 <sup>a</sup> 0,27	5,91 <sup>a</sup> 0,17	5,82 <sup>a</sup> 0,10	2,92 <sup>a</sup> 1,73	3,13 <sup>a</sup> 1,63	1346 <sup>a</sup> 229	51,74 <sup>a</sup> 3,00
Zartheit > 4,78	115	LSQ s	6,55 <sup>b</sup> 0,26	5,98 <sup>b</sup> 0,23	5,82 <sup>a</sup> 0,10	2,34 <sup>b</sup> 1,75	2,75 <sup>a</sup> 1,59	1345 <sup>a</sup> 256	52,22 <sup>a</sup> 2,74

Tabelle 41 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Zartheit der linken Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Sensorik gesamt	Saftigk.	Zarth.
Zartheit ≤ 4,78	89	LSQ s	4,65 <sup>a</sup> 0,84	1,07 <sup>a</sup> 1,03	15,82 <sup>a</sup> 2,98	26,43 <sup>a</sup> 4,62	16,1 <sup>a</sup> 1,1	3,69 <sup>a</sup> 0,54	4,41 <sup>a</sup> 0,25
Zartheit > 4,78	115	LSQ s	4,63 <sup>a</sup> 0,94	0,75 <sup>b</sup> 0,95	14,75 <sup>b</sup> 2,63	25,22 <sup>b</sup> 3,29	16,8 <sup>b</sup> 1,3	3,96 <sup>b</sup> 0,54	5,07 <sup>b</sup> 0,24

In den Tabellen 42 a und b wird ein Überblick über die sensorischen Gesamtbewertungen, die sich aus der Summe der vier Prüfkriterien Zartheit, Saftigkeit, Textur und Geschmack zu den einzelnen Messparametern ergibt, gegeben. Die zwei Klassen zeigen nur sehr geringe Mittelwertsunterschiede in den Merkmalen pH- und LF-Wert auf. Ein deutlicher Zusammenhang wird zwischen dem Teilstückgewicht sowie der Farbe der Brust und dem sensorischen Gesamteindruck sichtbar. In der Gruppe mit einer Gesamtbewertung > 16,5 werden deutlich höhere Teilstückgewichte der Brust sowie höhere Helligkeitswerte gemessen. Zwischen der sensorischen Gesamtbewertung und jedem der vier Prüfkriterien bestehen starke Verknüpfungen. Die Proben mit der Bewertung > 16,5 werden generell besser in Saftigkeit, Zartheit, Textur sowie im Geschmack bewertet.

Tabelle 42 a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der sensorischen Gesamtbeurteilung der Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	Brust o.F. in g	L*
Sensorik gesamt ≤ 16,5	110	LSQ s	6,50 <sup>a</sup> 0,28	5,93 <sup>a</sup> 0,21	5,81 <sup>a</sup> 0,10	2,81 <sup>a</sup> 1,97	3,04 <sup>a</sup> 1,83	1267 <sup>a</sup> 224	51,63 <sup>a</sup> 2,91
Sensorik gesamt > 16,5	94	LSQ s	6,53 <sup>a</sup> 0,25	5,98 <sup>a</sup> 0,21	5,83 <sup>a</sup> 0,10	2,33 <sup>b</sup> 1,44	2,77 <sup>a</sup> 1,31	1437 <sup>b</sup> 235	52,46 <sup>b</sup> 2,76

Tabelle 42 b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der sensorischen Gesamtbeurteilung der Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter	N		a*	b*	Kochverl. in %	Scherkraft in Nm	Saftigkeit	Zartheit	Textur	Geschmack
Sensorik gesamt ≤ 16,5	110	LSQ s	4,76 <sup>a</sup> 0,86	1,03 <sup>a</sup> 0,96	15,54 <sup>a</sup> 2,88	26,94 <sup>a</sup> 4,06	3,60 <sup>a</sup> 0,49	4,65 <sup>a</sup> 0,41	3,71 <sup>a</sup> 0,56	3,58 <sup>a</sup> 0,64
Sensorik gesamt > 16,5	94	LSQ s	4,50 <sup>b</sup> 0,93	0,72 <sup>b</sup> 1,02	14,83 <sup>a</sup> 2,74	24,36 <sup>b</sup> 3,36	4,14 <sup>b</sup> 0,49	4,94 <sup>b</sup> 0,36	4,23 <sup>b</sup> 0,45	4,29 <sup>b</sup> 0,51

### 5.2.11. Ergebnisse der Messparameter nach dem Backen der Putenbrust

Die rechten Putenbrüste wurden in einem Garschrank bei 180 °C gebacken. Eine Übersicht über die verschiedenen Ergebnisse, die aufgrund der Gruppierung der Proben nach ihrem Erhitzungsverlust, der Scherkraft sowie den sensorischen Parametern gemessen werden, gibt die Tabelle 43. Analog zum Kochvorgang (linke Brust) wird auch durch das Backen der Proben ein starker Zusammenhang zwischen der Glykolysegeschwindigkeit und dem Backverlust sowie der Scherkraft dieser Stücke festgestellt. Die höchsten Verluste treten in den Proben auf, die 20 min p.m. die niedrigsten pH-Werte aufweisen. In der Gruppe mit den höheren Scherwerten werden früh-postmortal niedrigere pH-Werte gemessen sowie höhere Leitfähigkeitswerte, sowohl 3 als auch 24 h p.m. Das Teilstückgewicht der Brust zeigte beim Backen lediglich zu den Parametern Saftigkeit und der sensorischen Gesamtbewertung signifikante Unterschiede auf.

Tabelle 43: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Kategorisierung der gebackenen Putenbrust (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Messparameter nach dem Backen	N		pH <sub>20</sub>	pH <sub>3</sub>	pH <sub>24</sub>	LF <sub>3</sub>	LF <sub>24</sub>	L*	Brust o.F. in g
Backverlust Brust ≤ 19 %	96	LSQ s	6,61 <sup>b</sup> 0,26	6,03 <sup>a</sup> 0,25	5,81 <sup>a</sup> 0,09	2,29 <sup>a</sup> 1,18	2,69 <sup>a</sup> 1,31	51,39 <sup>a</sup> 2,89	1295 <sup>a</sup> 252
Backverlust Brust > 19 %	108	LSQ s	6,51 <sup>a</sup> 0,28	5,97 <sup>a</sup> 0,22	5,82 <sup>a</sup> 0,12	2,77 <sup>a</sup> 2,15	2,98 <sup>a</sup> 1,53	51,57 <sup>a</sup> 2,68	1311 <sup>a</sup> 220
Scherkraft backen ≤ 27 Nm	105	LSQ s	6,60 <sup>b</sup> 0,25	6,04 <sup>b</sup> 0,24	5,81 <sup>a</sup> 0,12	2,22 <sup>a</sup> 1,34	2,56 <sup>a</sup> 1,16	51,87 <sup>b</sup> 2,68	1327 <sup>a</sup> 247
Scherkraft backen > 27 Nm	99	LSQ s	6,51 <sup>a</sup> 0,30	5,96 <sup>a</sup> 0,23	5,82 <sup>a</sup> 0,08	2,89 <sup>b</sup> 2,09	3,14 <sup>b</sup> 1,63	51,07 <sup>a</sup> 2,82	1278 <sup>a</sup> 220
Saftigkeit ≤ 3,35	111	LSQ s	6,55 <sup>a</sup> 0,29	5,98 <sup>a</sup> 0,22	5,81 <sup>a</sup> 0,12	2,67 <sup>a</sup> 2,16	2,92 <sup>a</sup> 1,51	50,93 <sup>a</sup> 2,93	1233 <sup>a</sup> 219
Saftigkeit > 3,35	93	LSQ s	6,56 <sup>a</sup> 0,26	6,03 <sup>a</sup> 0,25	5,82 <sup>a</sup> 0,09	2,40 <sup>a</sup> 1,16	2,75 <sup>a</sup> 1,35	52,14 <sup>b</sup> 2,42	1388 <sup>b</sup> 226
Zartheit ≤ 4,74	94	LSQ s	6,54 <sup>a</sup> 0,30	5,98 <sup>a</sup> 0,24	5,82 <sup>a</sup> 0,09	2,82 <sup>b</sup> 2,08	3,01 <sup>a</sup> 1,49	51,21 <sup>a</sup> 2,70	1300 <sup>a</sup> 206
Zartheit > 4,74	110	LSQ s	6,57 <sup>a</sup> 0,26	6,01 <sup>a</sup> 0,24	5,81 <sup>a</sup> 0,12	2,31 <sup>a</sup> 1,43	2,70 <sup>a</sup> 1,38	51,72 <sup>a</sup> 2,82	1306 <sup>a</sup> 258
Summe Sensorik ≤ 15,5	99	LSQ s	6,58 <sup>a</sup> 0,30	6,01 <sup>a</sup> 0,25	5,83 <sup>a</sup> 0,12	2,66 <sup>a</sup> 1,82	2,95 <sup>a</sup> 1,57	51,18 <sup>a</sup> 2,69	1266 <sup>a</sup> 243
Summe Sensorik > 15,5	105	LSQ s	6,53 <sup>a</sup> 0,26	5,99 <sup>a</sup> 0,23	5,81 <sup>a</sup> 0,08	2,43 <sup>a</sup> 1,73	2,74 <sup>a</sup> 1,29	51,77 <sup>a</sup> 2,83	1338 <sup>b</sup> 223
Brust o. Filet ≤ 1300g	101	LSQ s	6,56 <sup>a</sup> 0,31	5,99 <sup>a</sup> 0,23	5,81 <sup>a</sup> 0,12	2,79 <sup>b</sup> 2,20	2,93 <sup>a</sup> 1,62	50,61 <sup>a</sup> 2,87	1112 <sup>a</sup> 130
Brust o. Filet > 1300g	103	LSQ s	6,55 <sup>a</sup> 0,25	6,01 <sup>a</sup> 0,24	5,82 <sup>a</sup> 0,08	2,30 <sup>a</sup> 1,18	2,75 <sup>a</sup> 1,23	52,33 <sup>b</sup> 2,39	1491 <sup>b</sup> 147

Die in der Tabelle 43 ersichtlichen signifikanten Zusammenhänge zwischen der Fleischbeschaffenheit (z.B. Scherkraft) und den Messwerten (pH-, LF-, L\*-Wert und Teilstückgewichte) werden auch in den gekochten Proben festgestellt. Jedoch ist generell zu

erkennen, dass in den gekochten Brust-Proben zwischen den chemisch-physikalischen Messwerten und den verarbeitungstechnischen sowie den sensorischen Parametern ein stärkerer Zusammenhang besteht.

### 5.2.12. Ergebnisse der Messparameter nach dem Kochen und Backen der Puten-Oberkeule

Analog zu den Messungen an Putenbrüsten wurden auch hier die linken Teilstücke gekocht und die rechten Teilstücke (jeweils mit Knochen) gebacken. Die verschiedenen Ergebnisse der einzelnen Gruppierungen sind in den Tabellen 44 und 45 zusammengefasst. Der End-pH-Wert der Oberkeule ist sehr stark mit dem Koch- bzw. Backverlust verknüpft. In der Gruppe mit den höchsten Verlusten werden signifikant niedrigere pH<sub>24</sub>-Werte in der Schenkelmuskulatur gemessen. Das Teilstückgewicht der Keule hat keinen starken Einfluss auf den Kochverlust, im Gegensatz zur Brust. Jedoch kann eine deutliche Verbindung des Teilstückgewichtes der Oberkeule zum Scherwert nach dem Kochen festgestellt werden. Die Teilstücke der Gruppe mit den höheren Scherwerten waren signifikant leichter.

Tabelle 44: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Kategorisierung der gekochten Puten-Oberkeule (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Oberkeule					
Messparameter nach dem Kochen	N		pH <sub>24</sub>	L*	Gewicht in g
Kochverlust ≤ 21 %	89	LSQ	6,08 <sup>b</sup>	40,78 <sup>a</sup>	1206 <sup>a</sup>
		s	0,24	3,30	110
Kochverlust > 21 %	114	LSQ	5,93 <sup>a</sup>	40,29 <sup>a</sup>	1193 <sup>a</sup>
		s	0,15	2,49	132
Scherkraft ≤ 29 in Nm	100	LSQ	6,02 <sup>a</sup>	40,81 <sup>a</sup>	1227 <sup>b</sup>
		s	0,23	2,83	135
Scherkraft > 29 in Nm	103	LSQ	5,98 <sup>a</sup>	40,22 <sup>a</sup>	1171 <sup>a</sup>
		s	0,19	2,91	103
Saftigkeit ≤ 3,88	113	LSQ	5,98 <sup>a</sup>	40,33 <sup>a</sup>	1179 <sup>a</sup>
		s	0,19	2,83	121
Saftigkeit > 3,88	90	LSQ	6,02 <sup>a</sup>	40,74 <sup>a</sup>	1223 <sup>b</sup>
		s	0,23	2,94	121
Zartheit ≤ 4,11	105	LSQ	5,96 <sup>a</sup>	40,38 <sup>a</sup>	1182 <sup>a</sup>
		s	0,17	2,91	119
Zartheit > 4,11	98	LSQ	6,03 <sup>b</sup>	40,65 <sup>a</sup>	1216 <sup>a</sup>
		s	0,24	2,86	125
Sensorik < 17	102	LSQ	5,97 <sup>a</sup>	40,04 <sup>a</sup>	1200 <sup>a</sup>
		s	0,18	3,25	128
Sensorik ≥ 17	101	LSQ	6,02 <sup>a</sup>	40,99 <sup>b</sup>	1196 <sup>a</sup>
		s	0,23	2,36	117
Oberkeule ≤ 1198 g	106	LSQ	6,03 <sup>b</sup>	40,53 <sup>a</sup>	1109 <sup>a</sup>
		s	0,23	3,00	77
Oberkeule > 1198 g	97	LSQ	5,95 <sup>a</sup>	40,49 <sup>a</sup>	1296 <sup>b</sup>
		s	0,18	2,76	82

Ebenso wird ein Einfluss des Teilstückgewichtes auf die Saftigkeit sichtbar. Die „saftigsten“ gekochten Oberkeulen sind deutlich schwerer. Unterschiede in der Fleischhelligkeit können nur in Zusammenhang mit der sensorischen Gesamtbeurteilung gezeigt werden. Die Gruppe mit der schlechtesten Bewertung der gekochten Proben zeigt einen geringeren L\*-Wert an.

Aus den Tabellen 44 und 45 wird deutlich, dass durch das Kochen der Oberkeulen deutlichere Zusammenhänge zwischen den Messparametern und den verarbeitungstechnischen sowie sensorischen Parametern herausgestellt werden können als durch das Backen der Proben.

Tabelle 45: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Kategorisierung der gebackenen Oberkeule (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

<b>Oberkeule</b>					
Messparameter nach dem Backen	N		pH <sub>24</sub>	L*	Gewicht in g
Backverlust ≤ 25 %	94	LSQ s	6,02 <sup>b</sup> 0,18	40,29 <sup>a</sup> 2,79	1203 <sup>a</sup> 108
Backverlust > 25 %	109	LSQ s	5,97 <sup>a</sup> 0,16	39,99 <sup>a</sup> 2,33	1196 <sup>a</sup> 142
Scherkraft ≤ 30 Nm	109	LSQ s	6,01 <sup>a</sup> 0,18	40,34 <sup>a</sup> 2,41	1206 <sup>a</sup> 142
Scherkraft > 30 Nm	94	LSQ s	5,97 <sup>a</sup> 0,15	39,89 <sup>a</sup> 2,70	1191 <sup>a</sup> 107
Saftigkeit ≤ 4,13	98	LSQ s	5,98 <sup>a</sup> 0,15	40,16 <sup>a</sup> 2,31	1200 <sup>a</sup> 124
Saftigkeit > 4,13	105	LSQ s	6,01 <sup>a</sup> 0,18	40,10 <sup>a</sup> 2,77	1198 <sup>a</sup> 130
Zartheit ≤ 4,30	113	LSQ s	5,97 <sup>a</sup> 0,15	39,95 <sup>a</sup> 2,61	1202 <sup>a</sup> 112
Zartheit > 4,30	90	LSQ s	6,02 <sup>a</sup> 0,19	40,35 <sup>a</sup> 2,47	1195 <sup>a</sup> 144
Sensorik < 17,5	93	LSQ s	5,95 <sup>a</sup> 0,14	40,01 <sup>a</sup> 2,63	1227 <sup>b</sup> 130
Sensorik ≥ 17,5	110	LSQ s	6,03 <sup>b</sup> 0,18	40,23 <sup>a</sup> 2,49	1176 <sup>a</sup> 120
Oberkeule ≤ 1198 g	101	LSQ s	6,04 <sup>a</sup> 0,18	40,03 <sup>a</sup> 2,73	1101 <sup>a</sup> 75
Oberkeule > 1198 g	102	LSQ s	5,95 <sup>b</sup> 0,14	40,22 <sup>a</sup> 2,38	1296 <sup>b</sup> 87

### 5.3. Ergebnisse der Diskriminanzanalyse

Mit Hilfe der Diskriminanzfunktion wird berechnet, wie genau die Putenbrüste anhand von physikalisch-chemischen Messwerten in die Gruppen mit geringen und hohen Kochverlust sowie in die Gruppe mit guten und genügenden sensorischen Bewertungen eingeordnet werden können. In der Tabelle 46 sind die Ergebnisse der Diskriminanzfunktion bei Einbeziehung aller Messwerte, die am rohem Muskel durchgeführt wurden, getrennt nach Kochverlust und Sensorik, dargestellt. Dabei ist festzustellen, dass 73,0 bis 95,7 % der Proben mit erhöhtem Kochverlust richtig klassifiziert werden. Geringer sind die Klassifizierungsergebnisse bei den „normalen“ Kochverlusten. Hier sind nur 6,7 bis 65,2 % der Brüste richtig zugeordnet. Die Teilstücke mit der schlechteren sensorischen Bewertung können zu 70,9 bis 91,8 % der Fälle in die richtige Gruppe eingeteilt werden. Die Klassifizierung der Gruppe mit guter sensorischer Bewertung ist deutlich schwieriger. Hier werden nur 5,3 bis 61,7 % der Proben in die richtige Gruppe eingeordnet.

Die Ergebnisse der einzelnen Diskriminanzfunktionen zeigen, dass durch die Leitfähigkeitsmessung 24 h post mortem über 90 % der Proben mit erhöhtem Kochverlust sowie mit der schlechteren sensorischen Beurteilung in die richtige Gruppe eingeordnet werden können. Mit Hilfe der Messung des  $\text{pH}_{20}$ -Wertes ist es möglich, die meisten Proben richtig in die Gruppe niedriger oder höherer Kochverluste einzuteilen. Das Teilstückgewicht ist in der sensorischen Gesamtbeurteilung das Einzelmerkmal mit der sichersten Zuordnung in eine der beiden Gruppen. Das Ergebnis unterstreicht den großen Einfluss des Teilstückgewichtes der Brust bzw. indirekt des Schlachtkörpergewichtes auf die Verzehrseigenschaften des Fleisches. Die Tiere gleichen Alters, die bei standardisierten Fütterungs- und Haltungsbedingungen die besten Zunahmen realisierten, zeigen nicht nur in den sensorischen Parametern höhere Bewertungen an, auch der Kochverlust der Brust dieser Tiere ist deutlich geringer. Des weiteren geht aus der Tabelle 46 hervor, dass bei Einbeziehung aller dargestellten Merkmale 71,1 % der Proben korrekt im Fleischgeschaffenheitsmerkmal Kochverlust eingeordnet werden können. Auch bei der sensorischen Gesamtbewertung wird durch Einbeziehung aller Messparameter eine höhere Zuordnungsgenauigkeit erreicht (70,6 %) als nach dem Einzelmerkmal Brustgewicht (63,3 %).

Tabelle 46: Trennengenauigkeit der Diskriminanzfunktion (Standard) in den Gruppen Kochverlust und Gesamtbewertung der Sensorik der Puten-Brustproben unter Einbeziehung verschiedener Messparameter

Merkmal	Diskriminanzfunktionen												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PH <sub>20</sub>	<b>X</b>								<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>
pH <sub>3</sub>		<b>X</b>											<b>X</b>
LF <sub>3</sub>			<b>X</b>								<b>X</b>		<b>X</b>
LF <sub>24</sub>				<b>X</b>					<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>
L*					<b>X</b>								<b>X</b>
A*						<b>X</b>							<b>X</b>
B*							<b>X</b>						<b>X</b>
Brustgewicht								<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Klassifizierung korrekt (%)													
Kochverlust ≤ 15 %	55,1	30,3	41,6	16,9	31,5	6,7	28,1	32,6	51,7	52,8	48,3	33,7	65,2
Kochverlust >15 %	73,0	87,0	76,5	91,3	84,4	95,7	87,8	79,1	74,8	74,8	73,0	73,9	75,7
Gesamt	65,2	62,3	61,3	58,8	61,3	56,9	61,8	58,8	64,7	65,2	62,3	56,4	71,1
Sensorik ≤ 16,5	91,8	81,8	71,8	90,9	78,2	70,9	72,7	70,9	90,0	70,9	71,8	72,7	78,2
Sensorik > 16,5	7,5	23,4	29,8	6,4	27,7	36,2	36,2	54,3	5,3	54,3	54,3	54,3	61,7
Gesamt	52,9	54,9	52,5	52,0	54,9	54,9	55,9	63,3	51,0	63,2	63,7	64,2	70,6

#### 5.4. Ergebnisse des SB-Lagerungsversuches

Die Teilstücke Brust und Oberkeule werden im Schlachtbetrieb handelsüblich für die SB-Theke hergerichtet. Das Teilstück der linken Schlachtkörperseite wird im Vakuumbbeutel und das rechte Teilstück als Tray verpackt. Die pH-Wert und Farbveränderungen sowie der Gewichtsverlust der verpackten Ware werden nach 7 Tage Lagerung in einer beleuchteten SB-Theke bei Lagertemperaturen von 1 bis 3 °C ermittelt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 47 bis 50 dargestellt. Die Einteilung in zwei Gruppen erfolgt jeweils nach dem gemessenen pH<sub>24</sub>-Wert und der Fleischhelligkeit. Die Brüste, bei denen 24 h post mortem pH-Werte von  $\leq 5,83$  auftreten, zeigen auch nach der 7-tägigen Lagerung signifikant niedrigere pH-Werte. Dieses Ergebnis ist sowohl in dem Vakuum-Beutel als auch in der Tray-Verpackung erkennbar. In den Proben der Trays wird nach der Lagerung insgesamt ein höherer pH-Mittelwert gemessen als in den Teilstücken der Vakuum-Verpackung. Aufgrund der Vakuum-Verpackung sind die anaeroben Keimarten, insbesondere die Milchsäurebakterien, in ihrem Wachstum begünstigt und erklären somit die niedrigeren pH-Werte dieser Proben. Die Ergebnisse der Oberkeule bestätigen dieses Ergebnis. Die Gruppe mit den niedrigeren pH<sub>24</sub>-Werten zeigt auch nach der einwöchigen Lagerung geringere pH-Werte. In den unter Vakuum verpackten Oberkeulen werden wiederum geringere durchschnittliche pH<sub>7d</sub>-Werte analog zu den vakuumverpackten Putenbrüsten festgestellt. Die höheren Gewichtsverluste werden in dem Teilstück Brust ermittelt. Jedoch war der generelle Verlust der Brust, unabhängig von der Verpackung ca. 1,6 %. Der pH<sub>24</sub>-Wert hat einen signifikanten Einfluss auf diesen Verlust. An Putenbrüsten mit niedrigeren pH-Werten 24 h p.m. werden deutlich höhere Gewichtsverluste nach der Lagerung im Vakuumbbeutel und in der Tray-Verpackung ermittelt. Der generell höhere pH-Wert der Schenkelmuskulatur, gegenüber der weißen Brustmuskulatur, erklärt auch den geringeren Gewichtsverlust der Oberkeulenmuskulatur bei der Lagerung.

Tabelle 47: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Putenbrust nach 7-tägiger SB-Lagerung im Vakuumbbeutel (<sup>a, b</sup>p < 0,05)

Brust Vacuum	N		pH <sub>7d</sub>	L <sub>7d</sub> * Anschnittfläche	Gewichtsverlust in %
gesamt	195	LSQ s	5,78 0,10	53,25 4,18	1,56 0,92
PH <sub>24</sub> ≤ 5,83	100	LSQ s	5,73 <sup>a</sup> 0,08	53,98 <sup>b</sup> 4,32	1,73 <sup>b</sup> 1,03
PH <sub>24</sub> > 5,83	95	LSQ s	5,83 <sup>b</sup> 0,09	52,49 <sup>a</sup> 3,91	1,38 <sup>a</sup> 0,74
L <sub>24</sub> * Oberfläche ≤ 47	94	LSQ s	5,79 <sup>b</sup> 0,11	52,38 <sup>a</sup> 3,79	1,29 <sup>a</sup> 0,69
L <sub>24</sub> * Oberfläche > 47	101	LSQ s	5,76 <sup>a</sup> 0,08	54,07 <sup>b</sup> 4,38	1,81 <sup>b</sup> 1,03

Tabelle 48: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Putenbrust nach 7-tägiger SB-Lagerung in der Tray-Verpackung (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Brust Tray	N		pH <sub>7d</sub>	L <sub>7d</sub> * Anschnittfläche	Gewichtsverlust in %
gesamt	181	LSQ s	5,81 0,10	52,57 4,17	1,57 0,63
pH <sub>24</sub> ≤ 5,83	90	LSQ s	5,76 <sup>a</sup> 0,08	53,22 <sup>b</sup> 4,27	1,72 <sup>b</sup> 0,66
pH <sub>24</sub> > 5,83	91	LSQ s	5,86 <sup>b</sup> 0,09	51,92 <sup>a</sup> 3,98	1,41 <sup>a</sup> 0,56
L <sub>24</sub> * Oberfläche ≤ 47	92	LSQ s	5,84 <sup>b</sup> 0,11	51,86 <sup>a</sup> 3,91	1,49 <sup>a</sup> 0,62
L <sub>24</sub> * Oberfläche > 47	89	LSQ s	5,79 <sup>a</sup> 0,08	53,29 <sup>b</sup> 4,33	1,64 <sup>a</sup> 0,64

Tabelle 49: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Putenoberkeule nach 7-tägiger SB-Lagerung im Vakuumbbeutel (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Keule Vacuum	N		pH <sub>7d</sub>	L <sub>7d</sub> * Anschnittfläche	Gewichtsverlust in %
gesamt	195	LSQ s	6,03 0,15	40,27 2,77	0,67 0,27
pH <sub>24</sub> ≤ 6,00	92	LSQ s	5,97 <sup>a</sup> 0,11	40,31 <sup>a</sup> 2,79	0,65 <sup>a</sup> 0,22
pH <sub>24</sub> > 6,00	103	LSQ s	6,09 <sup>b</sup> 0,16	40,24 <sup>a</sup> 2,77	0,69 <sup>a</sup> 0,30
L <sub>24</sub> * Anschnittfläche ≤ 41	134	LSQ s	6,04 <sup>a</sup> 0,16	39,76 <sup>a</sup> 2,52	0,68 <sup>a</sup> 0,29
L <sub>24</sub> * Anschnittfläche > 41	61	LSQ s	6,02 <sup>a</sup> 0,13	41,41 <sup>b</sup> 2,99	0,66 <sup>a</sup> 0,21

Tabelle 50: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Putenoberkeule nach 7-tägiger SB-Lagerung in der Tray-Verpackung (<sup>a, b</sup> p < 0,05)

Keule Tray	N		pH <sub>7d</sub>	L <sub>7d</sub> * Anschnittfläche	Gewichtsverlust in %
gesamt	195	LSQ s	6,06 0,16	40,60 2,91	0,78 0,32
pH <sub>24</sub> ≤ 6,00	86	LSQ s	5,99 <sup>a</sup> 0,10	40,77 <sup>a</sup> 2,93	0,81 <sup>a</sup> 0,29
pH <sub>24</sub> > 6,00	109	LSQ s	6,12 <sup>b</sup> 0,17	40,46 <sup>a</sup> 2,91	0,75 <sup>a</sup> 0,34
L <sub>24</sub> * Anschnittfläche ≤ 41	130	LSQ s	6,08 <sup>b</sup> 0,17	39,91 <sup>a</sup> 2,78	0,78 <sup>a</sup> 0,32
L <sub>24</sub> * Anschnittfläche > 41	65	LSQ s	6,03 <sup>a</sup> ,13	41,97 <sup>b</sup> 2,69	0,77 <sup>a</sup> 0,32

## 6. Diskussion

### 6.1. Externe Faktoren

An 1279 Putenschlachtkörpern von Tieren aus 22 verschiedenen Erzeugerbetrieben wurden die Einflüsse der Nüchterung, der Wartezeit, der Transportentfernung und der Außentemperatur auf ihre Schlachtkörper und Fleischqualität untersucht. Die Schlachtung erfolgte in drei kommerziellen Schlachtbetrieben. Die Nüchterungszeit war erforderlich, um einer starken Verschmutzung der Tiere während des Transportes und der Schlachtanlagen beim Ausnehmen vorzubeugen. Geflügel sollte 8 bis 12 h genüchtert sein. Eine Nüchterung der Tiere über 12 h führt zur Dehydrierung der Gewebe und reduziert die Schlachtausbeute, besonders wenn neben dem Futter auch Wasser entzogen wird (PINGEL et al., 1998). Die Ergebnisse der Nüchterung zeigten einen sehr deutlichen Zusammenhang zwischen dem Verlauf der früh-postmortalen Glykolyse und der Zeitspanne des Futterentzuges an. In der Gesamtbetrachtung aller drei Schlachthöfe konnte gezeigt werden, dass, je mehr Zeit zwischen der letzten Fütterung und dem Schlachten vergeht, desto höhere pH-Werte 20 min und 3 h p.m. gemessen werden. Die geringeren End-pH-Werte, die bei einer Fütterung ad libitum gegenüber einer Nüchterungszeit vor dem Schlachten von NGOKA (1982) beschrieben wurden, konnten z.T. bestätigt werden. Die Tiere, deren letzte Fütterung länger als 13 h zurücklag, zeigten deutlich höhere pH<sub>24</sub>-Werte als Puter mit kürzeren Nüchterungszeiten. Diese signifikant höheren End-pH-Werte infolge der langen Nüchterung waren nicht nur in der Brust- sondern auch in der Schenkelmuskulatur festzustellen. PINGEL et al. (1998) beschrieben den gleichen Zusammenhang, sie beobachteten erhöhte pH-Werte in der Brust- und Schenkelmuskulatur, eine verringerte Zartheit sowie dunklere Färbung bei den Schlachtkörpern nach Nüchterung über 16 h hinaus. Die Autoren sprachen von DFD-ähnlichem Fleisch. Die höheren pH<sub>24</sub>-Werte können durch die Verringerung der Glykogen-Reserven im Muskel verursacht werden. Weil Glykogen während der anaeroben Glykolyse in Lactat umgewandelt wird, führt ein verminderter Gehalt an Glykogen zu einem höheren End-pH-Wert (LAWRIE, 1998).

Der deutliche Zusammenhang zwischen der Nüchterungszeit und dem früh-postmortalen pH-Werten konnte in der Einzelauswertung der drei Schlachtbetriebe nicht gezeigt werden. Die höheren pH<sub>24</sub>-Werte der Brustmuskulatur p.m. aufgrund einer Nüchterungszeit über 13 h wurden jedoch in allen drei Betrieben bestätigt. Zwischen der Leitfähigkeit und der Nüchterungszeit waren keine eindeutigen Zusammenhänge sichtbar. Jedoch wurden die durchschnittlich geringsten LF-Werte in den drei Schlachtbetrieben bei Schlachtkörpern gemessen, deren Zeitspanne zwischen letzter Futteraufnahme und Schlachten 9 bis 13 h betrug.

Die Ergebnisse zur Wartezeit zeigten einen sehr deutlichen Zusammenhang zwischen der Länge des Aufenthaltes der Schlachtputer in den Transportkäfigen und den End-pH-Werten in der Schenkelmuskulatur. Je größer die Zeitspanne zwischen dem Ende der Verladung und der Schlachtung (Wartezeit) war, desto höhere pH<sub>24</sub>-Werte wurden in der Oberkeule gemessen. Dieses Resultat war zu erwarten, denn die Tiere wurden während der Wartezeit bzw. des Transportes nicht gefüttert und insofern bedingen längere Wartezeiten auch längere Nüchterungszeiten. Vergleicht man die Ergebnisse der Transportentfernung und der Wartezeit, so wird sehr deutlich, dass die Aufenthaltszeit der Tiere in den Käfigen einen höheren Einfluss auf den pH<sub>24</sub>-Wert der Keule ausübt als die gefahrenen Kilometer. Die höheren End-pH-Werte der Oberkeulen aufgrund des gezwungenen Aufenthaltes in den Transportbehältnissen der Tiere über 12 h konnten in allen drei Schlachtbetrieben sowie der Gesamtauswertung der drei Betriebe beobachtet werden. In der Brustmuskulatur dieser Tiere waren jedoch keine höheren pH<sub>24</sub>-Werte infolge eines langen Aufenthaltes in den Käfigen festzustellen. Der Leitfähigkeitswert der Putenbrust stieg hingegen bei längeren Wartezeiten an. Die Ergebnisse spiegelten die Belastungssituation der Puter in den Transportbehältnissen sehr gut wieder. Je länger die eingeschränkte Bewegungsfreiheit der Schlachttiere, die nur eine gebückte Körperhaltung ermöglicht, anhält und die rote (oxidative) Schenkelmuskulatur belastet, desto höhere pH<sub>24</sub>-Werte wurden in der Oberkeule gemessen. Tiere mit Wartezeiten von weniger als 8 h wiesen einen End-pH-Wert von 6,08, die mit Wartezeiten von größer 13 h hingegen 6,23 in der Keule auf. Auch konnten höhere Muskelzellschädigungen in der Brustmuskulatur beobachtet werden, bedingt durch die längeren Liegezeiten der Tiere in den Käfigen. So zeigten Puter mit Wartezeiten von mehr als 13 h durchschnittlich signifikant höhere LF<sub>24</sub>-Werte (2,92) gegenüber der Gruppe mit Wartezeiten von kleiner 8 h (LF<sub>24</sub> = 2,55). Die höheren Leitfähigkeitswerte wirken sich negativ auf die Fleischqualität aus. In dieser Brustmuskulatur mit den hohen LF-Werten ist mit deutlich stärkeren Verlusten bei der Herstellung von Kochpökelwaren zu rechnen, auch der Verbraucher wird einen größeren Saftaustritt bei der Zubereitung beobachten und dieses Fleisch beim anschließenden Verzehr als trockener bewerten.

Generell konnte festgestellt werden, dass den Tieren in den derzeit verwendeten Transportkäfigen ein normales und völliges Aufstehen nicht möglich ist. Die dennoch durchgeführten Aufstehversuche der Puten belasten den Energiestoffwechsel bzw. die Keulenmuskulatur und die daraus resultierenden höheren End-pH-Werte führen zu einer eingeschränkten Verarbeitungseignung und Haltbarkeit dieses Fleisches.

Nach RISTIC und SCHÖN (1977) sowie RISTIC (1987) hat die Transportentfernung einen signifikanten Einfluss auf die  $pH_{24}$ -Werte der Brust. In ihren Untersuchungen an Broilern beobachteten sie bei langer Transportdauer signifikant niedrigere pH-Werte. Die eigenen Untersuchungen der drei Schlachtbetriebe bestätigten die Aussage, dass aufgrund längerer Transporte geringere End-pH-Werte in der Brust gemessen werden. In der Einzelbetrachtung der Schlachthöfe zeigen die Tiere mit Transportentfernungen von 50 km und weniger generell höhere  $pH_{24}$ -Werte als Schlachttiere, die mehr als 130 km zur Schlachtung befördert wurden. Jedoch konnten an den Putern, die zwischen 51 km und 130 km transportiert wurden, sowohl höhere als auch niedrigere  $pH_{24}$ -Werte beobachtet werden. In der Auswertung der Leitfähigkeitswerte in bezug auf die Transportentfernung, konnten in der Gesamtbetrachtung der drei Schlachthöfe in der Gruppe mit den mittleren Entfernungen die höchsten  $LF_{24}$ -Werte gemessen werden. Jedoch wurde dieser Zusammenhang nicht in allen Schlachthöfen bestätigt. Dieses Ergebnis belegte die bereits getroffene Aussage, dass nicht primär die Transportentfernung ausschlaggebend für den Verlauf der Glykolyse und den LF-Wert ist, sondern die Dauer des Aufenthaltes der Tiere in den Transportkäfigen.

Der Einfluss der Temperatur bzw. die mögliche Beeinflussung der Putenfleischqualität durch Hitzestress wurde erstmals von FRONING et al. (1978) und BABIJ et al. (1982) untersucht. Jahreszeitlich bedingte Temperatureinflüsse sind bei BARBUT et al. (1995) beschrieben. Nach deren Erkenntnissen war eine saisonale Häufung von wässrigem Putenfleisch vor allem in den Sommermonaten erkennbar. OWENS et al. (2000) beobachteten in zwei Zuchtlinien den Einfluss des Hitzestresses auf die Glykolysegeschwindigkeit p.m. Die Hitzeeinwirkung bewirkte in der vorwiegend auf hohes Körpergewicht gezüchteten Putenlinie signifikant niedrigere frühpostmortale pH-Werte, in der Linie, die auf hohe Brustgewichte gezüchtet wurde, stellten sie hingegen keine Unterschiede fest.

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchung zeigen einen schnelleren Glykolyseverlauf bei den Schlachtkörpern, die bei einer mittleren Außentemperatur von 8 °C und kälter, sowie bei den Tieren, die bei Temperaturen von 16 °C und wärmer, geschlachtet werden. Die Außentemperatur spiegelt die durchschnittliche Temperatur während der Wartezeit wieder. Da die Tiere generell abends verladen wurden, entspricht die Temperatur ca. der ersten Tageshälfte. Die Messwerte zeigen, dass niedrigere  $pH_{20}$ -Werte festgestellt wurden sowohl bei Tieren, die bei höheren („Hitze“) Temperaturen zur Schlachtung gelangten als auch bei Tieren, die bei unterdurchschnittlichen Temperaturen („Kälte“) transportiert wurden. Ein weiterer Einfluss der Temperatur auf die pH- und LF-Werte zu einem späteren Zeitpunkt war nicht feststellbar.

Bei Betrachtung aller externen Einflussfaktoren zusammen wurde sichtbar, dass nur ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Wartezeit und der Oberkeulenmuskulatur besteht. Deutlich höhere End-pH-Werte wurden in der Schenkelmuskulatur von Putern gemessen, die sehr lange bis zur Schlachtung in den Transportkäfigen verweilten. Des Weiteren traten in dieser Gruppe mit den langen Verweildauern in den Käfigen die höchsten Leitfähigkeitswerte in der Brust auf.

Ein Einfluss der Nüchterungszeit wurde nur in der Brustmuskulatur sichtbar. Die Schlachtkörper mit einer Nüchterung von größer 13 h wiesen deutlich höhere  $\text{pH}_{24}$ -Werte im *M. pectoralis superf.* gegenüber den Brüsten mit kürzeren Nüchterungszeiten auf. Der erkennbare Einfluss der Außentemperatur auf die postmortale Glykolyse kann wie folgt beschrieben werden. Bei kälteren ( $\leq 8\text{ °C}$ ) und wärmeren ( $\geq 16\text{ °C}$ ) Temperaturen wurde ein tieferer  $\text{pH}_{20}$ -Wert (6,54 bzw. 6,57) in der Putenbrust gegenüber der Brustmuskulatur der Tiere, die bei mittleren Temperaturen geschlachtet wurden ( $\text{pH}_{20} = 6,67$ ) gemessen. Zur Erreichung einer bestmöglichen Fleischqualität ist es deshalb notwendig, die Schlachttiere von der Verladung bis zur Schlachtung möglichst nur „mittleren“ Temperaturen auszusetzen. Von einem Transport oder dem Verweilen der Tiere bis zur Schlachtung bei starker Hitze zur Mittagszeit im Sommer und sehr tiefen Temperaturen nachts im Winter ist abzuraten.

## 6.2. Zusammenhänge zwischen den chemisch-physikalischen Messwerten und der Sensorik in der Putenbrustmuskulatur nach dem Kochen

Die Ergebnisse der pH-Wertmessung post mortem sprechen dafür, dass die postmortale Glykolyse in der Putenbrustmuskulatur deutlich schneller verläuft als in den Edelteilstücken des Schweins. Dies ist auf den hohen Anteil an  $\alpha$ -W-Fasern im Geflügelbrustmuskel zurückzuführen. Nach Literaturangaben ist die Glykolyse bei Schweineschlachtkörpern ca. 24 h p.m. beendet (HONIKEL u. FISCHER, 1977; FISCHER, 1999), wobei End-pH-Werte von 5,4 – 5,8 gemessen werden. Die starke ATPase-Aktivität und die hohe glykolytische Kapazität der  $\alpha$ -W-Fasern sind für das im Vergleich zum Schweinefleisch wesentlich frühere Erreichen des End-pH-Wertes im Putenbrustmuskel verantwortlich. Eine pH-Wertmessung zur Erkennung einer überstürzten Glykolyse bei Putenschlachtkörpern am Schlachtband muss deshalb deutlich früher erfolgen als beim Schwein. Der ermittelte End-pH-Wert von 5,83 ist ein Indiz dafür, dass durch die Glykolyse in der Putenbrustmuskulatur eine geringere Menge an Milchsäure gebildet wird, als es im Normalfall beim Schwein im *M. longissimus dorsi* bzw. *M. semimembranosus* (5,4 – 5,8) der Fall ist. Dies weist auf tierartige Unterschiede in den Glykogenreserven der Muskelfasern hin.

Der ermittelte Zusammenhang zwischen den pH-Wertmessungen am Putenbrustfleisch nach 20 min und 3 h p.m. war zu erwarten. Die Unterteilung des Probenmaterials in drei Gruppen an Hand des gemessenen pH-Wertes 20 min postmortal ergab, dass ebenso 3 h nach dem Schlachten signifikante Unterschiede zwischen diesen pH-Gruppen festgestellt werden. Auch der ermittelte Zusammenhang zwischen den früh postmortal gemessenen pH-Werten und der Leitfähigkeit (3 und 24 h p.m.) entsprach den Erwartungen ( $r = -0,66$  bzw.  $-0,63$ ). Die beschleunigte Glykolyse führt nicht nur zu Strukturveränderungen an den sarkoplasmatischen und myofibrillären Proteinen, sondern auch zu Läsionen an den Muskelzellmembranen, so dass diese vorzeitig ihre Sperrfunktion verlieren. Dies hat zur Folge, dass intrazelluläre Flüssigkeit in den extrazellulären Raum austreten kann, wodurch eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit gemessen werden kann. Der deutliche Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Glykolyse nach dem Schlachten und dem Kochverlust der Putenbrust war erwartungsgemäß. Die beschleunigte Glykolyse ist auch verantwortlich für das sinkende Safthaltevermögen des Fleisches während des Erhitzungsprozesses. Die Gruppe mit  $\text{pH}_{20}$ -Werten von  $\leq 6,21$  wies signifikant höhere Kochverluste (16,85 %) gegenüber den Proben mit  $\text{pH}_{20}$ -Werten  $> 6,21$  (16,36 bzw. 13,56 %) auf. BARBUT (1997) stellte bei seiner Untersuchung ebenfalls signifikante Unterschiede im Kochverlust bei unterschiedlichen pH-Werten fest. Die Ursache für die höheren Kochverluste sind durch die Schrumpfung der Muskelzellen und den vergrößerten extrazellulären Raum infolge der schneller verlaufenden Glykolyse begründet. Im extrazellulären Raum sammelt sich intrazelluläre Flüssigkeit, die beim Erhitzen der Probe schneller an die Umgebung abgegeben werden kann. Die ermittelten Scherkräfte an den gekochten Putenbrüsten zeigen einen Zusammenhang zwischen der Glykolysegeschwindigkeit und dem gemessenen Scherwert auf. Je schneller die Glykolyse p.m. verläuft, desto höhere Kochverluste sowie auch höhere Scherwerte werden ermittelt. Die Ergebnisse der Scherkraftmessung werden von BARBUT (1997) nicht bestätigt, er beobachtete geringere Scherwerte bei den gekochten Proben mit PSE-Eigenschaften.

Der deutlich festgestellte Zusammenhang zwischen dem  $\text{pH}_{20}$ -Wert und dem gemessenen Kochverlust sowie der Scherkraft konnte auch aufgrund der sensorischen Bewertung der Proben bestätigt werden. Die Prüfer bewerteten die Saftigkeit und Zartheit der Proben mit den  $\text{pH}_{20}$ -Werten von  $\leq 6,21$  deutlich niedriger als die Proben mit  $\text{pH}_{20}$ -Werten  $> 6,21$ . Generell konnte in der eigenen Untersuchung gezeigt werden, dass je niedriger der pH-Wert 20 min postmortal war, desto höhere Kochverluste und Scherkräfte sowie geringere Bewertungen der Saftigkeit und Zartheit feststellbar waren. Dieses ermittelte Ergebnis in der Putenbrustmuskulatur wird auch in der Schweinemuskulatur beobachtet. Schweinefleisch mit beschleunigter Glykolyse, das im

rohem Zustand blass, weich und wässrig erscheint, wird nach dem Erhitzen als trocken und zäh beurteilt.

Zwischen dem früh-postmortalen pH-Wert-Verlauf und dem L\*-Wert konnten keine definierten Zusammenhänge gezeigt werden. Putenbrüste, bei denen 20 min p.m. die niedrigsten pH<sub>20</sub>-Werte gemessen wurden, zeigten bei der Minolta-Messung 24 h nach dem Schlachten die niedrigsten L\*-Werte (L\* = 50,72) an. An den Proben, die nach 3 h p.m. die tiefsten pH-Werte aufwiesen, wurden hingegen die höchsten L\*-Werte (L\* = 52,91) festgesellt. Der häufig in der Literatur beschriebene Zusammenhang zwischen beschleunigter Glykolyse und der Farbhelligkeit des Fleisches konnte nicht festgestellt werden. HILLEBRAND et al.(1991) und MEIERING (1995) stellten bei Geflügelbrustfleisch ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen Glykolyserate und dem L\*-Wert fest. OWENS et al. (2000) und BARBUT (1997) fanden hohe Korrelationen zwischen der Fleischhelligkeit und dem früh-postmortalen pH-Wert (-0,70 bzw. -0,62). Jedoch wurden diese Zusammenhänge an amerikanischem Tiermaterial festgestellt und sind nur bedingt mit der in Deutschland vorwiegend genutzten Linie „BIG 6“ vergleichbar.

Der ermittelte negative Zusammenhang zwischen den pH<sub>20</sub>-Werten und den a\*-Werten stimmte mit den Ergebnissen von FRONING et al. (1978), NGOKA et al. (1982) und MEIERING (1995) an Putenfleisch bzw. mit denen von FELDHUSEN et al. (1987) an Schweinefleisch tendenziell überein. Die Autoren begründen diesen Zusammenhang mit der Tatsache, dass es bei einer überstürzten Glykolyse zur Denaturierung von Zellwandproteinen kommt, was über einen Austritt von Myoglobin zum Anstieg der a\*-Werte des Fleisches führt.

Ebenso wurde ein Zusammenhang zwischen dem Glykolyseverlauf und dem Gelbton (b\*-Wert) festgestellt. Die höheren b\*-Werte infolge eines schnelleren pH-Wert-Abfalles p.m. konnten nicht nur im rohem Muskel gemessen werden, sondern sie waren noch deutlicher in den gekochten Proben sichtbar. Die ermittelten Ergebnisse beim Vergleich der pH-Werte 20 min p.m. mit dem Gelbton wurden in den Untersuchungen von BABIJ et al. (1982), MEIERING (1995), BARBUT (1997) an Putenfleisch bzw. SANTORO (1984) und FELDHUSEN et al. (1987) an Schweinefleisch bestätigt. Bei obigen Autoren fand sich keine Erklärung dafür, warum es infolge einer beschleunigten Glykolyse zur Erhöhung des Gelbtones im Fleisch kommt. Jedoch vermutet BARBUT (1997) eine Veränderung im Oxidationszustand der Myoglobin Moleküle, die die Erhöhung der b\*-Werte bewirkt.

Generell konnte ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Glykolysegeschwindigkeit und den anderen Fleischqualitätsparametern (LF-Wert, Kochverlust etc.) festgestellt werden. Durch die  $\text{pH}_{20}$ -Messung konnte eine gezieltere Aussage getroffen werden als durch die  $\text{pH}_3$ -Messung.

Zwischen den Leitfähigkeitswerten (3 und 24 h p.m.) und den Fleischqualitätsmerkmalen des Fleisches waren deutliche Zusammenhänge zu erkennen. Das Probenmaterial wurde aufgrund des gemessenen Leitfähigkeitswertes in zwei Gruppen unterteilt. Der Mittelwert ( $\text{LF}_3 = 2,61$  bzw.  $\text{LF}_{24} = 2,97$ ) diente als Grenzwert zwischen erhöhter und normaler Leitfähigkeit. Erwartungsgemäß wurden in den Proben mit den höheren LF-Werten die niedrigsten früh-postmortalen pH-Werte ermittelt und bestätigten die bereits dargelegte starke Verbindung zwischen der Glykolysegeschwindigkeit und der elektrischen Leitfähigkeit des Fleisches. Die Proben, die die stärkeren Muskelstrukturschädigungen aufwiesen, zeigten erwartungsgemäß höhere Kochverluste und höhere Scherwerte an. Die sensorische Prüfung der gekochten Putenbrustproben unterstrichen diese Aussage, denn die Proben der Gruppe mit den erhöhten Leitfähigkeiten zeigten deutlich schlechtere Beurteilungen der Parameter Saftigkeit und Zartheit an.

Aufgrund der Leitfähigkeitsmessung 3 h p.m. konnten in der Muskulatur der Proben mit erhöhten LF-Werten höhere  $a^*$ - und  $b^*$ -Farbwerte gemessen werden. Dieses Ergebnis bestätigte die bereits bestehende Vermutung, dass es infolge der beschleunigten Glykolyse zum Ansteigen der  $a^*$ - und  $b^*$ -Werte kommen kann.

Der ermittelte Zusammenhang zwischen dem Teilstückgewicht bzw. der Größe der Putenbrust und den Fleischqualitätsparametern war überraschend, da die Tiere bei gleicher Mastdauer und vergleichbaren Fütterungs- und Haltungsbedingungen gehalten wurden. Die Putenbrüste ohne Knochen, Haut und Filet wurden aufgrund ihres Gesamtgewichtes in zwei Gruppen unterteilt, den Grenzwert bildete der Mittelwert (1345 g). Die Brüste mit höherem Gewicht zeigten bei der Minolta-Farbmessung deutlich höhere Fleischhelligkeitswerte ( $L^* = 53,01$ ) als die leichteren Teilstücke ( $L^* = 51,11$ ). Die  $b^*$ -Werte der schwereren Proben waren ebenfalls signifikant höher. Auch konnten in den größeren bzw. schwereren Brüsten deutlich geringere Scherwerte und Kochverluste sowie eine bessere Beurteilungen bei der Saftigkeit festgestellt werden. Diese Proben zeigten ebenfalls in der Summe der sensorischen Bewertung eine höhere Benotung. Diese Ergebnisse werden indirekt durch die Untersuchungen von NGOKA et al. (1982) bestätigt. Die Forscher untersuchten 16 und 20 Wochen alte Puten auf ihre Fleischqualitätsmerkmale. Sie stellten an den 20 Wochen alten Tieren deutlich höhere Lebendgewichte und Fettgehalte im Brustmuskel fest. Die älteren Tiere zeigten weiterhin einen höheren  $L^*$ -Wert ( $L^*_{20w} = 53,24$  zu  $L^*_{16w} = 50,62$ ), höhere  $b^*$ -Werte und einen geringeren Scherwert an. Die von NGOKA et al. (1982) festgestellten Unterschiede infolge des späteren Schlachalters, verbunden mit unter-

schiedlichen Lebendgewichten, konnten auch bei gleichem Schlachalter aber unterschiedlichen Gewichten in den eigenen Untersuchungen beobachtet werden. Die Parameter L\*-Wert ( $r = 0,42$ ), Scherkraft ( $r = -0,41$ ), Saftigkeit ( $r = 0,51$ ) und Gesamtsensorik ( $r = 0,48$ ) zeigten die stärksten Beziehungen aller ermittelten Messparameter zum Teilstückgewicht der Brust auf.

Die geringen Scherwerte, die eine hohe Zartheit des Fleisches signalisieren und bei den schwereren Tieren gemessen wurden, sind nicht generell als besonders positiv hervorzuheben. Denn diese Muskulatur wird nach der Zubereitung vom Verbraucher häufig als strukturlos bis breiig beurteilt und entspricht nicht den üblichen Qualitätsanforderungen. Dieser Fleischqualitätsmangel des weichen Fleisches nimmt offensichtlich mit steigendem Alter zu. Den Zusammenhang beschrieben bereits NGOKA et al. (1982) bei ihren Untersuchungen. Auch in vorliegender Untersuchung wurden an den Tieren mit einem durchschnittlichen Schlachalter von 149 Tagen signifikant niedrigere Scherwerte gemessen als an den Tieren mit einem Alter von 142 Tagen (Tab. 21 b).

In der Literatur wird häufig auf einen engen Zusammenhang zwischen der Farbhelligkeit der Putenbrust-Muskulatur und der Glykolysegeschwindigkeit hingewiesen (z.B. BABIJ et al, 1982, BARBUT, 1997 und OWENS et al., 2000). Bei überstürzter bzw. beschleunigter Glykolyserate kommt es infolge Denaturierungsprozessen zum Absinken des Wasserbindevermögens, was die Lichtreflexion und damit die Helligkeitswerte des Fleisches erhöhen sollte. Dieser Zusammenhang konnten in der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden. In den Proben mit L\*-Werten von  $> 52$  konnten keine Hinweise auf eine beschleunigt verlaufende Glykolyse festgestellt werden. Im Gegenteil, die helleren Teilstücke wiesen tendenziell höhere pH<sub>20</sub>-Werte auf, als die Proben mit L\*-Werten von  $\leq 52$ . Der bereits erwähnte Zusammenhang zwischen der Teilstückgröße der Brust und den Parametern L\* und b\* sowie der Scherkraft kann wiederum bestätigt werden. Die helleren Brüste waren deutlich schwerer, zeigten signifikant höhere b\*-Werte und geringere Scherwerte an.

Die ermittelten Ergebnisse der Minolta Farbwertmessung an zwei verschiedenen Messorten der Putenbrust zeigen, dass die L\*, a\*, b\* -Werte, ermittelt an der Putenbrustoberfläche und nach dem Anschnitt der Brustmuskulatur, nur mittlere Beziehungen zueinander aufweisen ( $r = 0,37 - 0,47$ ). In der Tabelle 31 konnte sehr deutlich gezeigt werden, dass die Werte der Anschnittfläche der Muskulatur zum größten Teil engere Beziehungen zu den Fleischqualitätsparametern der Brust aufweisen als die Farbmesswerte der Putenoberfläche. Die überwiegende Anzahl der wissenschaftlichen Untersuchungen ermitteln die Farbwerte und ihre Beziehung zu anderen Fleischmerkmalen nach dem Anschneiden der Muskulatur. Der für die praxistaugliche Anwendung der Farbmessung notwendige und erhoffte Effekt, dass die Messungen der

Farbwerte auf der Brustoberfläche eng mit den Fleischqualitätsparametern verbunden ist, konnten nicht festgestellt werden.

Die ermittelten Ergebnisse beim Vergleich des Kochverlustes mit den gemessenen physikalisch-chemischen Eigenschaften des Fleisches p.m. entsprachen den Erwartungen. In der Gruppe mit Kochverlusten von  $> 15\%$  wurden früh-postmortal geringere pH-Werte sowie höhere LF-Werte gemessen gegenüber den Proben mit Gewichtsverlusten von  $\leq 15\%$ . Die höheren Kochverluste werden durch die stärkere Strukturschädigung der Muskulatur infolge der beschleunigten Glykolyse begründet. Nicht bestätigt werden konnte der übliche hohe Einfluss des End-pH-Wertes auf den Gewichtsverlust des Fleisches nach der Erhitzung. Dieses Ergebnis widerspricht nicht dem begründeten Zusammenhang zwischen dem End-pH-Wert und dem Wasserbindungsvermögen (bzw. dem Kochverlust) des Fleisches, der auf der Beziehung zwischen dem Quellvermögen der Muskelproteine und dem isoelektrischen Punkt des Myosins beruht. Vielmehr unterstreicht das Ergebnis die geringe Streuung ( $s = 0,1$ ) des Probenmaterials dieser Untersuchung im Messparameter End-pH-Wert. Die gemessenen  $\text{pH}_{24}$ -Werte des *M. pectoralis superf.* lagen sehr eng beim ermittelten Mittelwert von 5,83.

In den Proben mit den höheren Kochverlusten konnten aufgrund der stärkeren Muskelzellschädigungen höhere Scherkräfte ermittelt werden, jedoch waren die Unterschiede zwischen den zwei Gruppen nicht signifikant. Die Beurteilung der gekochten Putenbrustproben durch die sensorische Sachverständigen ergab, dass die Proben mit den höheren Kochverlusten erwartungsgemäß deutlich „trockner“ bewertet wurden, im Vergleich zu den Proben mit geringeren Flüssigkeitsverlusten während des Erhitzungsvorganges. Analog zur Scherwertmessung wurden die Proben mit den höheren Kochverlusten durch die Sensoriker als „zäher“ beurteilt.

Zwischen den Scherwerten der erhitzten Probe und den Fleischqualitätsparametern konnten deutliche Zusammenhänge ermittelt werden. Die Einteilung der gekochten Putenbrüste anhand der gemessenen Scherwerte erfolgte in zwei Gruppen, als Grenzwert zwischen niedrigeren und höheren Scherwerten diente der gerundete Mittelwert von 26 Nm. Wie erwartet, wurden in der Gruppe mit den höheren Scherkräften die niedrigsten früh-postmortalen pH-Werte sowie höhere LF-Werte gemessen. An den „weicheren“ gekochten Proben wurden signifikant höhere  $L^*$ - und  $b^*$ -Werte sowie größere Teilstückgewichte der Putenbrust ermittelt. Dieses Ergebnis bestätigt die bereits getroffene Aussage, dass die Teilstückgröße bzw. der Ausmästungsgrad der Tiere einen deutlichen Einfluss auf die spätere Struktur der gekochten Probe bzw. auf den ermittelten  $L^*$ - und  $b^*$ -Wert hat.

Die sensorischen Bewertungen der gekochten Brustproben durch die DLG-zertifizierten Sachverständigen ergaben, dass ein sehr starker Zusammenhang zwischen einer mangelhaften Benotung der Parameter Saftigkeit und Zartheit und einer beschleunigten Glykolyse besteht. Die sensorischen Untersuchungen unterstrichen die bisherigen festgestellten Ergebnisse, dass es infolge tieferer  $\text{pH}_{20}$ -Werte und höherer LF-Werte zu trocknerem und zäherem Fleisch nach dem Erhitzen kommt. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Teilstückgewicht und der sensorischen Gesamtbewertung der gekochten Proben konnte festgestellt werden. Die Gruppe mit den höheren Benotungen hinsichtlich der Parameter Saftigkeit, Zartheit, Textur und Geschmack wies signifikant schwerere Teilstückgewichte der Putenbrust auf (1437 g) im Vergleich zur Gruppe mit den niedrigeren Benotungen (1267 g).

Zwischen den gemessenen Parametern der Fleischqualität der Brustmuskulatur und der Schenkelmuskulatur bestehen nur geringe Zusammenhänge. Dieses Ergebnis war zu erwarten. Die Brustmuskulatur der Pute besteht größtenteils aus weißen (glykolytischen) Fasern, während die Schenkelmuskulatur vorwiegend aus roten (oxidativen) Fasern besteht und somit unterschiedliche Glykolyseverläufe und -geschwindigkeiten nach dem Schlachten stattfinden. Ein signifikanter Zusammenhang konnte jedoch zwischen den Teilstückgewichten, dem Kochverlust und der Scherkraft der Brust und der Oberkeule dargestellt werden. Erfolgte die Kategorisierung auf der Grundlage des Brustgewichtes, so konnten in den Schlachtkörpern mit Teilstückgewichten der Brust  $> 1345$  g auch die durchschnittlich schwereren Oberkeulen beobachtet werden. Diese Beziehung wurde erwartet, da alle Probanden der selben Rasse (BIG 6) angehörten. Infolge der Unterteilung der Putenbrüste auf Grundlage ihres Kochverlustes in die Gruppen mit höherem und normalem Flüssigkeitsverlust nach dem Erhitzen konnten auch in den Oberkeulen signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die Schlachtkörper, die in der Brustmuskulatur erhöhte Kochverluste aufwiesen, zeigten dieses Merkmal auch in der Oberkeule (22,02 % zu 19,83 %). Ein ähnlicher Zusammenhang wurde zwischen dem Scherwert in der Brust- und der Schenkelmuskulatur ermittelt.

### 6.3. Zusammenhänge zwischen den chemisch-physikalischen Messwerten und der Sensorik in der Putenbrustmuskulatur nach dem Backen

Analog zum Kochvorgang (linke Brust) wurden auch durch das Backen (rechte Brust) der Proben ein starker Einfluss der Glykolysegeschwindigkeit auf den Backverlust und die Scherkraft der Teilstücke festgestellt. Die größten Verluste und höchsten Scherkräfte wurden erwartungsgemäß (wie ebenfalls beim Kochen festgestellt) in den Proben mit den niedrigeren pH-Werten 20 min post mortem ermittelt. Das Teilstückgewicht der Brust, das ein großer Einflussfaktor im Kochvorgang war, zeigte nach dem Backen lediglich in den Parametern Saftigkeit und der sensorischen Gesamtbewertung signifikante Unterschiede auf. Die in Tabelle 43 dargestellten signifikanten Zusammenhänge zwischen der Fleischgeschaffenheit (z.B. Scherkraft) und den Messwerten (pH-, LF-, L\*-Wert sowie dem Teilstückgewicht) wurden gleichfalls in den gekochten Proben festgestellt. Jedoch kann generell gezeigt werden, dass in den gekochten Brustproben zwischen den chemisch-physikalischen Messwerten und den verarbeitungstechnologischen sowie den sensorischen Parametern ein stärkerer Zusammenhang besteht. Zum gleichen Ergebnis kamen SCHOLTYSSSEK und BENDER (1990), sie verglichen in ihren Untersuchungen die verschiedenen Garmethoden Kochen, Grillen, Backen (im Heißluftofen), Frittieren und das Erhitzen mit Hilfe der Mikrowelle, auf ihre Eignung zur Qualitätsbeurteilung von Geflügelfleisch. Den Kochvorgang beschrieben die Autoren als ausgezeichnet geeignet, mit hoher Reproduzierbarkeit und guter Differenzierung auch in der Sensorik. Dem Backen im Heißluftofen wurde eine geringere Wiederholbarkeit und geringere sensorische Differenzierung bescheinigt.

Die ermittelten höheren Teilstückgewichtsverluste der Putenbrust beim Backen (19,34 %) gegenüber den Kochen (15,21 %) wurden in vorliegender Untersuchung ebenfalls bestätigt. SCHOLTYSSSEK und BENDER (1990) ermittelten im Brustfleisch von 38 d alten Broilern einen Kochverlust von 25,2 % sowie einen Backverlust von 36,6 %. Die insgesamt höheren Verluste der Untersuchung am Hähnchenfleisch sind darauf zurückzuführen, dass in diesen Untersuchungen die Proben bis zu einer Kerntemperatur von 85 °C erhitzt wurden, während im dem eigenen Versuch nur bis zu einer Kerntemperatur von 72 °C erwärmt wurde.

#### 6.4. Auswertung der Ergebnisse der Oberkeulenmuskulatur nach dem Erhitzen

Analog zu den Messungen an den Putenbrüsten wurden hier die linken Teilstücke gekocht und die rechte Oberkeule gebacken, jeweils mit Knochen. Die rote Schenkelmuskulatur ( $\text{pH}_{24} = 6,00$ ) wies generell höhere End-pH-Werte als die weiße Brustmuskulatur ( $\text{pH}_{24} = 5,83$ ) auf. Im Unterschied zur Brustmuskulatur wurde in der Schenkelmuskulatur ein signifikanter Einfluss des  $\text{pH}_{24}$ -Wertes auf den Verlust nach dem Erhitzen festgestellt. Erwartungsgemäß wurden die höheren Verluste in den Oberkeulen ermittelt, die 24 h p.m. die geringeren pH-Werte aufweisen. Die niedrigeren pH-Werte bedingen eine geringes Quellungsvermögen der Muskulatur, welches mit schlechterem Wasserbindungsvermögen verbunden ist. Vergleichbar mit der Brustmuskulatur konnte auch in der Oberkeule ein Einfluss des Teilstückgewichtes auf die Scherkraft nach dem Kochen festgestellt werden. Wiederum wurden die höchsten Scherkräfte in den leichteren Proben ermittelt, die auch einen tendenziell höheren Kochverlust anzeigten. Ein Zusammenhang zwischen den verarbeitungstechnologischen und sensorischen Parametern der Oberkeule und dem gemessenen Minolta  $L^*$ -Wert dieser Teilstücke konnte nur in der Gesamtbewertung der Sensorik, nach dem Kochen, festgestellt werden. Die besseren Benotungen erzielten die Proben mit höheren  $L^*$ -Werten. Der dargestellte Zusammenhang ist aber schwer interpretierbar, denn es werden keine deutlichen Verbindungen zwischen der Helligkeit der Oberschenkelmuskulatur und dem Teilstückgewicht sowie den sensorischen Parametern Saftigkeit und Zartheit ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen einen Zusammenhang zwischen den Erhitzungsverfahren an. Infolge des Kochvorganges wurden in der Brust sowie der Keule geringere Gewichtsverluste in den Teilstücken gemessen als nach dem Backen. Jedoch zeigte die Oberkeule im Vergleich zur Brustmuskulatur höhere Koch- sowie Backverluste an. Zu denselben Ergebnissen kamen SCHOLLYSSEK und BENDER (1990) bei ihrer Untersuchung an 38 d alten Broilern bzw. an 10 Monate alten Legehennen. Sie ermittelten auch höhere Kochverluste (25,7 %) in den Broilerschenkeln gegenüber dem Backen (40,1 %) dieser Proben. Die Autoren beobachteten weiterhin generell höhere Erhitzungsverluste im Schenkelfleisch gegenüber der Brustmuskulatur.

## 6.5. Auswertung der Diskriminanzanalyse

Mit Hilfe der Diskriminanzfunktion wurde berechnet, wie genau die Putenbrüste anhand von physikalisch-chemischen Messwerten in die Gruppen mit „normalem“ und „erhöhtem“ Kochverlust zugeordnet werden können. Eine Selektion des Fleischmaterials würde z.B. bei der Herstellung von Kochpökelfleisch (Putenbrust) eine starke wirtschaftliche Bedeutung besitzen. Anhand der o.g. Merkmale konnten die Teilstücke mit erhöhten Kochverlusten zu einem Prozentsatz von 73,04 bis 95,65 % korrekt klassifiziert werden. Wesentlich geringer ist der Anteil an richtig eingeordneten Teilstücken mit normaler Fleischqualität. Das prozentuale Gesamtergebnis der einzelnen Funktionen zeigt an, dass mit Hilfe des Messparameters  $pH_{20}$ -Wert (65,20 %) die zielsicherste Zuordnung erreicht werden kann. Aufgrund der Leitfähigkeitsmessung 24 h p.m. wurden 58,82 % der Proben richtig in die zwei Gruppen eingeteilt. Erfolgt eine Verknüpfung der Messparameter  $pH_{20}$ -Wert (höchste Zuordnungsgenauigkeit der normalen Kochverluste) und dem  $LF_{24}$ -Wert (hohe Zuordnungsgenauigkeit der hohen Kochverluste) mit dem Ziel, eine höhere Trefferquote zu erreichen, wird dieses nicht erreicht. Das Ergebnis mit 64,71 % richtiger Einordnung in eine der zwei Gruppen ist ungenauer gegenüber der Einteilung nur mittels  $pH_{20}$ -Wertes. In einer vergleichbaren Untersuchung von MEIERING (1995), der die Qualität von Putenbrustfleisch im Sinne von PSE- oder Nicht-PSE-Charakter beurteilte, werden ebenfalls die höchsten Übereinstimmungen zwischen der Qualität und dem früh postmortalem pH-Wert (gemessen 30 min p.m.) festgestellt. Die hohe Zuordnungsgenauigkeit in PSE- und Nicht-PSE-Tiere, die MEIERING (1995) mit Hilfe der  $pH_{30}$ -Wertmessung (89,32 %) sowie der  $LF_{24}$ -Messung (85,92 %) dargestellt hat, konnten in der eigenen Untersuchung nicht festgestellt werden.

Mit der Diskriminanzfunktion wurde auch überprüft, wie genau die Putenbrüste anhand der o.g. Messparameter in die Gruppe mit guter und genügender sensorischer Bewertung eingeteilt werden können. Infolge des Parameters  $pH_{20}$ -Wert konnten 91,82 % der Brüste mit genügenden sensorischen Eigenschaften korrekt klassifiziert werden. Jedoch wurden aufgrund dieses pH-Wertes nur 52,94 % der Teilstücke richtig in eine der zwei Gruppen zugeordnet. Ein wesentlich höherer Anteil an richtig zugeordneten Brüsten wurde durch das Merkmal Teilstückgewicht (63,24 %) erzielt. Das Ergebnis der Diskriminanzanalyse bestätigte die bereits getroffene Vermutung, dass das Mastendgewicht bei gleicher Mastdauer sowie vergleichbaren Halte- und Fütterungsbedingungen einen bedeutenden Einfluss auf die Fleischqualität p.m. hat. Dies kann man sich auch für eine qualitätsorientierte Selektion zunutze machen. Die Schlachtkörper mit den (deutlich) niedrigsten Schlachtkörpergewichten einer Herde sind für ein Premium-Produkt nicht geeignet.

## 6.6. Auswertung des SB-Lagerungsversuches

Die handelsüblich als Tray oder im Vakuumbbeutel verpackten Teilstücke (Brust, Oberkeule) wurden 7 d in einer beleuchteten SB-Theke bei 1 bis 3 °C aufbewahrt. Vor der Verpackung wurden die pH<sub>24</sub>-Werte der Teilstücke sowie deren Fleischhelligkeit ermittelt. Die Ergebnisse der Untersuchung (Tab. 47 – 48) zeigten erwartungsgemäß, dass der End-pH-Wert der Brüste einen deutlichen Einfluss auf den späteren Gewichtsverlust nach bzw. während der Lagerung hat. Generell wurde in beiden Verpackungsformen ein durchschnittlicher Gewichtsverlust der Putenbrüste infolge der Lagerung von 1,6 % festgestellt. Dieser Verlust ist gegenüber dem verpackten Schweinefleisch gering, denn MÜLLER (1996) ermittelte einen mittleren Verlust von 3,74 % nach einer 7-tägigen Lagerung von Kotelettfleisch im Vakuumbbeutel.

In den Proben der Gruppe, an denen 24 h p.m die niedrigeren pH-Werte ermittelt wurden, zeigten sich nach der SB-Lagerung die höheren Verluste. Dieser signifikante Unterschied konnte sowohl in der Tray- als auch in der Vaccum-Verpackung festgestellt werden. Diese deutlichen Zusammenhänge konnten an den verpackten Oberkeulen nicht nachgewiesen werden. Jedoch zeigten die Keulen einen geringeren mittleren Gewichtsverlust nach der Verpackung und Lagerung an. Der geringere Verlust ist durch den generell höheren pH-Wert der Oberkeule und den damit verbundenen höheren Quellungszustand der Muskulatur bzw. das höhere Wasserbindungsvermögen dieses Fleisches erklärbar.

In den Proben der Tray-Verpackung wurden, sowohl in der Brust als auch in der Oberkeule, höhere mittlere pH-Werte nach der Lagerung gemessen, im Vergleich zu den Proben der Vakuumb-Verpackung. Aufgrund der Vakuumb-Verpackung werden die anaeroben Keimarten, insbesondere die Milchsäurebakterien, in ihren Wachstum begünstigt und erklären somit die tieferen pH-Werte dieser Proben. Infolge der tieferen pH-Werte können die Teilstücke länger aufbewahrt werden. Ein hoher Milchsäure-Gehalt hemmt die eiweißzersetzenden Keime und verlängert so die Haltbarkeit.

Zusammenhänge zwischen der Fleischhelligkeit 24 h p.m. und dem Gewichtsverlust nach der SB-Lagerung konnten in der Brustmuskulatur festgestellt werden. Im dunkleren Fleisch (bzw. in diesem speziellen Fall der Oberfläche) konnten die geringsten Verluste nach der SB-Lagerung gemessen werden, jedoch war dieser Zusammenhang nur im Vakuumbbeutel signifikant.

Anhand der Minolta-Farbmessung nach der 7-tägigen Lagerung konnte gezeigt werden, dass sich die deutlichen Farbunterschiede nicht verändert haben. Die helleren Proben (Brust und Oberkeule) zeigten auch nach der Lagerung die höheren L\*-Werte.

## **7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**

Abweichungen in der Fleischqualität im Sinne von PSE- und DFD-Fleisch, wie seit längerem beim Schwein bzw. Rind bekannt, werden in der jüngsten Zeit häufiger auch bei Putenfleisch diskutiert.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Beeinflussung der Fleischqualität von Puten durch prämortale Belastungsfaktoren zu evaluieren. Die Untersuchungen sollten die komplexen Zusammenhänge zwischen potentiellen Stressfaktoren einerseits und sensorischen sowie technologischen Fleischqualitätsabweichungen in einer schweren Putenlinie andererseits aufdecken. Dabei sollten Stressfaktoren, die zu Fleischqualitätsmängeln führen, gewichtet und Strategien zu deren Vermeidung entwickelt werden. Ferner sollte ermittelt werden, mit welchen objektiven physikalisch-chemischen Messmethoden die Fleischqualität der Putenbrust- und Putenoberkeulenmuskulatur erfasst werden kann.

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen des Forschungsprojektes: „Untersuchung der Zusammenhänge zwischen externen Belastungsfaktoren und Fleischqualität von Puten“. Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln der industriellen Gemeinschaftsforschung (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie (FEI) gefördert (Projekt-Nr.: AiF-FV 11768 N). Kooperationspartner waren die Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach sowie drei kommerzielle Schlacht- und Verarbeitungsbetriebe in Deutschland.

Im Zeitraum eines Kalenderjahres erfolgten in drei verschiedenen kommerziellen Geflügel-schlachtbetrieben die Untersuchungen an insgesamt 1279 Putenhähnen der schweren Putenlinie BIG 6 (B.U.T.) aus 22 Erzeugerbetrieben. Berücksichtigt wurden ausschließlich Puter. Zwischen den Untersuchungskollektiven bestanden Unterschiede in der Herkunft (Mäster) und im Alter der Tiere. Alle Probanden wurden bei der Schlachttier- und Fleischuntersuchung nicht beanstandet. Erfasst wurden Schlachtdatum, Mästername, Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme, Verladetechnik, Transportzeit und Temperatur, Schlachtzeitpunkt, physikalisch-chemische Messparameter sowie die sensorische Bewertung nach dem Erhitzen. Der Versuchszeitraum erstreckte sich von Januar 1999 bis Dezember 1999.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Untersuchungen zum Einfluss externer Faktoren führten zum Ergebnis, dass:
  - Nüchterungszeiten über 12 h die Verminderung der Glykogen-Reserven im Brustmuskel und somit auch höhere End-pH-Werte in diesem Teilstück begünstigen,
  - sehr lange Verweilzeiten (> 12 h) der Puten in den Transportkäfigen eine verstärkte Ausprägung von DFD-ähnlichem Fleisch p.m. in der Schenkelmuskulatur hervorrufen,
  - sich hohe bzw. niedrige Außentemperaturen vom Verladen bis zur Schlachtung ungünstig auf die früh-postmortal verlaufende Glykolyse auswirken.
2. Anhand der Gruppierung der Probanden nach dem gemessenen pH<sub>20</sub>-Wert kann der vom Schweinefleisch bekannte negative Zusammenhang zwischen dem früh-postmortalem Glykolyseverlauf und der Leitfähigkeit festgestellt werden. So weist das Putenfleisch mit den niedrigsten pH<sub>20</sub>-Werten ( $\leq 6,21$ ) signifikant höhere LF-Werte auf (5,20 bzw. 4,89) sowohl 3 h als auch 24 h p.m.
3. Der in der Literatur postulierte Zusammenhang zwischen dem Glykolyseverlauf und der Helligkeit des Fleisches kann am eigenen Untersuchungsmaterial nicht bestätigt werden.
4. Im Putenfleisch ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem postmortalem Glykolyseverlauf, der Leitfähigkeit des Fleisches und dem Kochverlust sichtbar. Sowohl die Unterteilung der Proben nach ihrem Kochverlust als auch nach dem früh-postmortalen pH-Wert oder dem LF-Wert zeigen, dass die größeren Kochverluste in den Proben mit der höheren Glykolysegeschwindigkeit bzw. den höheren Leitfähigkeitswerten auftreten. Diese wechselseitigen Beziehungen werden durch die zertifizierten Sachverständigen bestätigt.
5. Ein ähnlicher Zusammenhang wird zwischen der Zartheit des Fleisches und dem Glykolyseverlauf erkennbar. Die höchsten Scherwerte sowie das „zähste“ Fleisch werden in den Proben mit hoher Glykolyserate beobachtet.
6. Beim Vergleich der unterschiedlichen Teilstückgewichte ist ein unerwarteter Zusammenhang feststellbar. So werden schwerere Putenbrüste signifikant besser im Sensoriktest benotet. Diese subjektive Bewertung wird durch objektiv niedrigere Scherwerte bestätigt.
7. Im Vergleich zum M. pectoralis superf. kann in der Oberkeulermuskulatur generell ein höherer pH<sub>24</sub>-Wert (6,00) ermittelt werden.
8. Im Vergleich der beiden Erhitzungsverfahren (Kochen, Backen) werden infolge des Backvorganges höhere Gewichtsverluste und Scherkraftwerte festgestellt. Auch weisen die gekochten Brust-Proben zwischen den physikalisch-chemischen Messwerten und den

verarbeitungstechnologischen sowie den sensorischen Parametern einen stärkeren Zusammenhang auf.

9. Mittels Diskriminanzanalyse können Putenbrüste mit hohem Kochverlust anhand aller gemessenen objektiven Fleischqualitätsparameter mit einem Prozentsatz von 75,7 % richtig klassifiziert werden. Proben mit geringerem Kochverlust werden nur inkorrekt klassifiziert. Mit Hilfe des  $pH_{20}$ -Wertes werden 65,2 % richtig in eine der beiden Kochverlustklassen eingeordnet. Aufgrund des Merkmals  $LF_{24}$ -Wert sind 91,3 % der Proben mit einem höheren Kochverlust richtig klassifizierbar.
10. Mittels Diskriminanzanalyse wurde auch überprüft, wie genau die Putenbrüste anhand der ermittelten Messparameter in die Gruppe mit guter und genügender sensorischer Bewertung eingeteilt werden. Das Ergebnis der Analyse bestätigt die getroffene Vermutung, dass das Mastendgewicht, bei gleicher Mastdauer sowie vergleichbaren Haltungs- und Fütterungsbedingungen einen bedeutenden Einfluss auf die Fleischqualität p.m. ausübt.
11. Die Untersuchungen der in handelsübliche Trays oder Vakuumbbeutel verpackten Putenbrüste - die 7 Tage in einer beleuchteten SB-Theke bei 1 bis 3°C aufbewahrt wurden - führt zum Ergebnis, dass die Teilstücke mit niedrigeren  $pH_{24}$ -Werten die höchsten Gewichtsverluste nach der Lagerung aufweisen. Generell ist in beiden Verpackungsformen ein durchschnittlicher Gewichtsverlust der Putenbrüste von 1,6 % festzustellen. In den Proben der Tray-Verpackung sind, sowohl in der Brust als auch in der Oberkeule, höhere mittlere pH-Werte nach der Lagerung sichtbar als in den Proben der Vakuumverpackung.

Aus den dargestellten Ergebnissen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Eine Nüchterung der Puten über 12 h vor der Schlachtung ist zu vermeiden, weil dadurch die Glykogenreserven der Brustmuskulatur zu stark gemindert werden und es daraufhin zu höheren End-pH-Werten kommt. Die verminderte Säuerung der Muskulatur nach dem Schlachten bedingt eine schlechtere Haltbarkeit des Frischfleisches. Die Verderbnis-keime werden weniger stark gehemmt.
2. Die Verweildauer der Puten in den Transportkäfigen sollte nicht über 12 h betragen, denn dadurch werden erhöhte  $pH_{24}$ -Werte in der Oberkeule verursacht. Die aus diesem Fleisch hergestellten Produkte (hauptsächlich Rohwurst bzw. Rohschinkenartikel) können durch die höheren pH-Werte des Rohmaterials zahlreiche Qualitätsminderungen in der Haltbarkeit (durch mikrobielle Vorgänge und schlechtere Abtrocknung verursacht)

aufweisen. Der längere Aufenthalt der Tiere in den Käfigen führt auch zu höheren Muskelzellschäden in der Brustmuskulatur. Ein erhöhter Saftaustritt nach dem Schlachten sowie bei der Zubereitung führen zu wirtschaftlichen Verlusten im Frischfleisch- und Kochpökelfleischbereich. Generell sollte über eine stärkere Begrenzung der Aufenthaltszeit in den Transportkäfigen nachgedacht werden.

3. Der Transport bzw. das anschließende „Bevorraten“ der Tiere soll möglichst so eingerichtet werden, dass die Tiere während dieser Zeit keiner großen Hitze oder Kälte ausgesetzt sind. Infolge des „Temperaturstresses“ kann verstärkt eine beschleunigte Glykolyse nach dem Schlachten beobachtet werden. Gute Fleischqualität der Schlachttiere wird bei Temperaturen von 9 bis 15 °C erzielt. Der Transport der Tiere in klimatisierten Transportern (wie z.B. in England) als Möglichkeit der Qualitätssicherung ist zu diskutieren.
4. Für eine Fleischqualitätssortierung in den Schlacht- und Verarbeitungsbetrieben würden sich besonders der pH-Wert 20 min p.m. sowie der Leitfähigkeitswert 24 h nach dem Schlachten eignen. Beide Messwerte zeigen deutliche Zusammenhänge zu den Qualitätsparametern Saftigkeit, Zartheit, Kochverlust und Scherkraft. Somit könnten die Betriebe eine Klassifizierung der Tiere sowohl in der Schlachtkette durch die Messung des pH<sub>20</sub>-Wertes als auch am gekühlten Schlachtkörper anhand der LF-Messung durchführen. Einer Qualitätseinstufung auf Grund der Farbe des Putenfleisches (L\*-Wertes) ist anhand der eigenen Untersuchung nicht zuzustimmen.
5. Die Züchtung zu immer schwereren Puten hat dazu geführt, dass das Fleisch immer heller und weicher wurde. Der ursächlich auf Muskelfaserhypertrophie beruhende Merkmalsantagonismus zwischen dem Muskelfleischanteil und der Fleischbeschaffenheit (weicheres bis strukturloses Fleisch) wird sich durch weitere Steigerung des Fleischanteils ohne wirksame Gegenmaßnahmen noch weiter ausprägen. Dies sollte generell zum Überdenken der Zucht- und Produktionsziele in der Putenproduktion führen. Um auch zukünftig Verbraucheranforderungen zu genügen, ist es dringend geboten, in den bestehenden Zuchtprogrammen Selektionskriterien bzgl. der Gesundheit, der Fitness sowie der Fleischqualität stärker als bisher zu gewichten.

## 8. Summary and results

Deviations in meat quality such as PSE and DFD meat (which have been known for pork and beef for quite a while) have recently been discussed with respect to turkey, too.

Object of this dissertation is the evaluation of the influence of premortal stress factors on the meat quality of turkeys. The examinations shall show the complex interrelations between potential stress factors and deviations in the sensorical and technological meat quality of a heavy breed of turkeys. Stress factors which lead to inferior meat quality are ranked according to their importance. Strategies to avoid these stress factors are suggested. Another goal of this report was to establish objective physico-chemical methods of measuring the meat quality of turkey breast and thigh.

This research project was supported by the FEI (Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V., Bonn), the AiF and the Ministry of Economics and Technology, in cooperation with the Federal Institute for Meat Research in Kulmbach. Project No.: AiF-FV 11768 N.

1279 male turkeys of the heavy breed BIG 6 from 22 turkey breeders were examined in 3 poultry slaughter houses from January to December 1999. All test turkeys passed the slaughter animal- and meat inspection. Date of slaughter, name of breeder, time of last feeding, loading technique, duration of transport, temperature during transport, time of slaughtering, physico-chemical measuring parameters as well as sensoric evaluation after heating were recorded. The tests took place from January 1999 to December 1999.

The results can be summarized as follows:

1. examining the influence of external factors yielded the results that:
  - a dietphase of more than 12 hours reduces glycogen reserves in the breast muscles and thus favours higher end-pH-values in this part.
  - a long stay (over 12 hours) in transport cages causes increased characteristics of DFD meat in thigh muscles.
  - both high and low temperatures from loading until slaughtering result in unfavourable early postmortal glycolysis.
2. The negative correlation between early postmortal glycolysis and electrical conductivity, which is well known in pork, could also be shown in the turkeys by grouping them according to pH<sub>20</sub>-values. The turkey meat with the lowest pH<sub>20</sub>- values (= 6,21) shows significantly higher electrical conductivity values (5,20 resp. 4,89) as well 3 h post mortem as 24 hours post mortem.

3. The interrelation between progress of the glycolysis and the lightness of meat, which is a thesis in the used literature, cannot be confirmed by the examinations of this paper.
4. In turkey you find a significant correlation between postmortal progress of glycolysis and electrical conductivity and cooking loss. Samples sorted according to their cooking loss as well as samples sorted according to early postmortal pH-value or value of electrical conductivity reveal that higher cooking losses accompany higher rates of glycolysis respectively higher values in electrical conductivity. Certified experts confirm this correlation.
5. A similar connection is visible between the tenderness of the meat and the progress of glycolysis. The highest shear value as well as the toughest meat were measured in samples of a higher rate of glycolysis.
6. Comparing the weight of partitioned samples, a surprising interrelation can be noticed. Heavy turkey breasts were judged significantly better than lighter ones in the sensorical tests. This subjective judgement is justified by objectively low shear values.
7. Compared to the *M. pectoralis. superf.* the thigh muscles show a higher pH-value (6,00) in general.
8. The comparison of both heating procedures (cooking, baking) establishes that baking results in higher weight losses and shear values. Furthermore the cooked turkey breast samples show a more distinct relation between physico-chemical measuring values and the parameters referring to sensoric and processing technology.
9. Via discrimination analysis 75,7% of all turkey breasts with high cooking loss can be classified correctly according to all measured objective meat quality parameters. With the help of the  $pH_{20}$ -value, 65,2% are classified correctly into one of the two classes of cooking loss. Using the characteristic feature electrical conductivity-value, 91,3% of the samples with higher cooking loss can be classified correctly.
10. Also by use of discrimination analysis was examined how exact the determined measuring parameters select turkey breasts with good and satisfactory sensorical judgement. The result of this analysis confirms the thesis that (on condition of same duration of fattening and comparable living conditions and food regimen) the weight at the end of fattening exerts a significant influence on meat quality post mortem.
11. The examination of turkey breasts, packed either in trays customary to trade or vacuum packages and both of which had been displayed in a lighted sales counter between 1°C and 3°C, leads to the result that parts with low  $pH_{24}$  show the highest weight loss after storing. Generally, an average weight loss of 1,6% can be detected in turkey breasts

under both forms of storage. Samples packaged in trays show higher median pH-values after storing than vacuum packed samples both in breast and thighs.

The represented results lead to the following conclusions:

1. Food withdrawals for more than twelve hours before slaughtering should be avoided. Longer food withdrawal distinctly reduces the glycogen reserves in the breast muscles and thus leads to higher end-pH-values. The reduced acidification of the muscles after slaughtering causes worse durability of the fresh meat because.
2. If turkeys stay longer in their transport cages this also results in damage to the muscle cells of breast muscles. An increased loss of fluid after slaughtering and during processing means economic loss for both fresh meat and cooking products. Generally stricter limitations of the turkeys' stay in transport cages should be discussed.
3. Transport and preparations for slaughter should be organized in a way that the animals do not experience heat or cold. Often, "temperature stress" can result in accelerated glycolysis after slaughter. Temperatures between 9°C and 15°C establish good meat quality. Air-conditioned vehicles of transport (as e.g. in Britain) should be discussed as means of securing quality.
4. As parameters for sorting meat quality in slaughter houses and processing companies, the pH-value 20 min post mortem and the electrical conductivity 24 hours after slaughter are especially suitable. Both measuring values show distinct interrelations to the parameters juiciness, tenderness, cooking loss and shear value. Thus companies could classify the animals as well during slaughterline by measuring the pH<sub>20</sub>-value as in refrigerated carcasses via measuring electrical conductivity. According to the examinations for this thesis, a classification of quality of turkey meat only based on its colour (L\* - value) cannot be recommended.
5. Breeding increasingly heavier turkeys resulted in meat that became continually lighter and softer. Based on hypertrophy of muscle fibers, the antagonism of features between percentage of muscle meat and the quality of this meat (softer meat to meat without structure) will drift apart further if the percentage of meat in a turkey is increased further and no measures are taken to secure the meat quality. Thus, the aims in breeding and producing turkeys should be reconsidered. To fulfill consumer requirements in future, it is of urgent necessity to put more stress on selection criteria concerning health, fitness and meat quality in the existing breeding programmes.

## 9. Literaturverzeichnis

- Abraham, H.; Gebbe, N.; Brenner, K.V. (1989):** Bewertung der Fleischqualität des Schinkens von Schweinen verschiedener Herkünfte und der Effekt einer verlängerten Wartezeit vor dem Schlachten. *Fleischwirtschaft* 69, 1856 – 1859
- Addis, P.B. (1986):** Muscle as Food. *Poultry muscle as food, Chptr. 9, 371 - 404*
- Albrecht, V.; v. Lengerken, G.; Noack, R.; Pfeiffer, H.; Przybilski, H. (1977):** Influence of race and extremely restricted physical exercise on metabolic state of pigs. *3.Europ. Fleischforsch. Kongress, Moskau, Bd. 1, 24*
- Ali-Seid, N. (1983):** Überprüfung der Aussagekraft von derzeit gebräuchlichen Arbeitsverfahren zur Erfassung der Fleischqualität bei Rinderschlachtkörpern aus einer Tiergruppe mit stressarmen Haltungs- und Transportbedingungen und einer Tiergruppe aus Normalschlachtung. *Diss. FU Berlin*
- Arteaga, G.E. u. Nakai, S. (1992):** Thermal denaturation of turkey breast myosin under different conditions: Effect of temperature and pH, and reversibility of the denaturation. *Meat Sci. 31, 191 – 200*
- Ashmore, C.R. u. Doerr, L. (1971):** Postnatal development of fiber types in normal and dystrophic skeletal muscle of the chick. *Exp. Neurol. 30, 431 - 446*
- Ashmore, C.R. u. Doerr, L. (1971):** Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exp. Neurol. 31, 408 - 418*
- Ashmore, C.R.; Carroll, F.; Doerr, L.; Tompkins, G.; Stokes, H. u. Parker, W. (1973):** Experimental prevention of dark-cutting meat. *J. Anim. Sci. 36, 33 - 36*
- Augustini, Chr. (1982):** Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheit. *Kulmbacher Reihe, Bd. 3, 165 - 186*
- Augustini, Chr. (1983):** Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 63, 297 - 307
- Augustini, Chr. u. Fischer, K. (1979):** Dunkles, leimiges Fleisch bei Rindern zur Zeit des Weideabtriebs. *Manuskript Vortragstagung der DGFZ/GFZ am 22./23.09.1983, Weihenstephan*
- Augustini, Chr.; Fischer, K.; Schön, L. (1980):** Untersuchungen zum Problem des dunklen, leimigen Rindfleisch („dark-cutting beef“). *Fleischwirtschaft* 60, 1057 - 1062
- Augustini, Chr. u. Fischer, K. (1981):** Behandlung der Schlachtschweine und Fleischbeschaffenheit – eine Felduntersuchung. *Fleischwirtschaft* 61, 775 - 784

- Babji, A.S.; Froning, G.W.; Ngoka, D.A. (1982):** The effect of preslaughter environmental temperature in the presence of electrolyte treatment on turkey meat quality. *Poultry Sci.* 61, 2385 - 2389
- Baker, R.C. u. Darfler, J.M. (1981):** A comparison of fresh and frozen poultry. *J. Am. Diet. Assoc.* 78, 348 - 351
- Barbut, S. (1993):** Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey breast meat. *Food Res. Int.* 26, 39 – 49
- Barbut, S. (1994):** Probing into turkey meat quality. *Turkey World*, 22.
- Barbut, S. (1997):** Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens. *British Poultry Sci.* 38, 74 – 77
- Barbut, S. (1997):** Microstructure of white and dark turkey meat batters as affected by pH. *British Poultry Sci.* 38, 175 – 182
- Barbut, S. (1997):** Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. *British Poultry Sci.* 38, 355 – 358
- Barbut, S.; Mc Curdy, R.D.; Quinton, M. (1995):** Seasonal effects on the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey breast meat. *Proc. XII European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Zaragoza*, 173 – 176
- Beatly, C.H.; Peterson, D.; Bocek R.M. (1963):** Metabolism of red and white muscle fibre groups. *Amer. J. Physiolog.* 204, 939 – 944
- Bem, Z.; Hechelmann, H. u. Leistner, L. (1976):** Mikrobiologie des DFD-Fleisches. *Fleischwirtschaft* 56, 985 - 987
- Bendall, J.R. u. Wisner-Petersen, J. (1962):** Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.* 27, 144 - 159
- Bendall, J.R. u. Lawrie R.A. (1964):** Wässriges Schweinefleisch. Eine Diskussion über Symptome und Ursachen. *Fleischwirtschaft* 44, 411
- Bentler, W. (1972):** Über postmortale Vorgänge im Skelettmuskel, v.a. bei Schlachtschweinen. III. der Einfluss exogener Faktoren auf den postmortalen pH-Wert-Verlauf. *Fleischwirtschaft* 52, 1148 – 1151
- Bentler, W. (1972):** Über postmortale Vorgänge im Skelettmuskel, v.a. bei Schlachtschweinen. IV. Die Beeinflussung des postmortalen pH-Wert-Verlaufes durch körpereigene Faktoren. *Fleischwirtschaft* 52, 1321 - 1325
- Bergmann, V. u. Wesemeier H. (1972):** Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Muskel- und Fleischbeschaffenheit beim Schwein unter besonderer Berücksichtigung der Pathogenese von blassem, wässrigem Schweinefleisch (PSE-Fleisch). *Monatsh. Veterinärmed.* 28, 245 - 250

- Blendl, H.M. u. Puff; H. (1978):** Kennwerte für eine objektive Erfassung von Fleischqualitätsmängeln beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 58, 1702 – 1706
- Brucker, R. (1971):** Mitochondrienuntersuchungen und Untersuchungen am Sarkoplasmareticulum an Poland-China-Schweinen, die an maligner Hyperthermie erkrankt waren. *Der Anaesthetist* 20, 324
- Campion, D.R. u. Topel, D.G. (1975):** A review of the role of swine skeletal muscle in malignant hyperthermia. *J. Anim. Sci.* 41, 779
- Carlson, C.W.; Adams, A.W.; Wilcox, R.A.; Gastler, G.F.; Burrill, L.M. (1962):** Dietary energy, sex, strain and storage as influencing composition and / or palatability of Broad Breasted Bronze turkeys. *Poultry Sci.* 41, 150 – 160
- Cassens, R.G.; Cooper, C.C.; Briskey, E.J. (1969):** The occurrence and histochemical characterization of giant fibres in the muscle of growing and adult animals. *Acta Neuropath. (Berlin)* 12, 300 - 304
- Cheah, K.S. u. Cheah, A.M. (1976):** The trigger for PSE condition in stress-susceptible pigs. *J. Sci. Food Agric.* 27, 1137 - 1144
- Cherel, Y.; Wyers, M.; Dupas, M. (1992):** Histopathological alterations of Turkey skeletal muscles at slaughterhouse. *Proc. 19th –World's Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept., 3, 210 – 214*
- Christian, L.L. (1970):** Stress adaptability, performance and muscle characteristics of the shockborne pig. *Ames: Breeding Workshop zit. nach Wagner, A.J. (19729*
- Daum-Thunberg, D.L.; Foegeding, E.A.; Ball, H.R. (1992):** Rheological and waterholding properties of comminuted turkey breast and thigh: effects of initial pH. *J. of Food Sci.* 57, 333 - 337
- DGQ (1980):** Begriffe und Formelzeichen im Bereich der Qualitätssicherung. *Schrift Nr. 11-04, 1. korr. Nachdruck der 3. Auflage. Beuth-Verlag Berlin*
- Dodge, J.W. u. Stadelman, W.J. (1960):** Relationships between pH, tenderness and moisture levels during early postmortem ageing of turkey meat. *Food Technol. Champaign* 13, 81 – 84
- Eikelenboom, G.; Smulders, F.J.M.; Ruderus, H. (1985):** The effect of high and low voltage electrical stimulation on meat quality. *Meat Sci.* 15, 247 – 254
- Eikelenboom, G.; Bolink, A.H. u. Sybesma, W. (1989):** Effect of fasting before delivery on pork quality and carcass yield. *Proc. 35 ICoMST, Vol. III., 999 - 1005*
- Ehinger, F. (1978):** Ausschlachtungsergebnisse und Fleischqualität verschiedener Broilerherkünfte. *Deutsche Geflügelwirtschaft u. Schweineprod.* 44, 1096 – 1098

- Ehinger, F. u. Gschwindt, B. (1981):** Der Einfluß unterschiedlicher Transportzeiten auf die Fleischqualität und auf physiologische Merkmale bei Broilern verschiedener Herkunft. *Archiv für Geflügelkunde* 45, 260 – 265
- Ender, K. u. Augustini, Chr. (1998):** Schlachttierwert von Rind und Kalb. In: *Qualität von Fleisch und Fleischwaren*. Hrsg. W. Branscheid, K.O. Honikel, G. v. Lengerken, K. Troeger, Band 1, Dt. Fachbuchverlag, Frankfurt am Main, 165 - 204
- Erdesz, S.H.V.; Erdesz, S.; Jankone, F.J. (1991):** Functional properties of poultry meat, possibilities for measuring waterbinding capacity. *Proc. X European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Doorwerth/NL*, 173 – 176
- Faustman, C. u. Cassens R.G. (1990):** The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *J. of Muscle Foods* 1, 217
- Feldhusen, F.; Neumann-Fuhrmann, D.; Wenzel, S. (1987):** Die Leitfähigkeit als Parameter der Fleischbeschaffenheit. *Fleischwirtschaft* 67, 455 – 460
- Feldhusen, F.; Neumann-Fuhrmann, D.; Häger, O.; Wenzel, S. (1987):** Farbmessung im Rahmen der Fleischqualitätsprüfung mit Minolta-Chromameter. *Züchtungskunde* 59, 146 – 157
- Ferket, P.R. (1995):** Pale, soft and exudative breast-meat in turkeys. *18th Technical Turkey Conference, Glasgow*
- Fischer, C. (1981):** Veränderungen im Muskel nach dem Schlachten. *Fleischwirtschaft* 61, 1830 – 1836
- Fischer, C. u. Honikel, K.O. (1977):** Ein einfacher Schnell-Test der Unterscheidung von normalem PSE- und DFD-Fleisch beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 57, 1018 - 1019
- Fischer, C.; Scheper, J. u. Hamm, R. (1977):** Über das Auftreten von wässrigem, blassem Rindfleisch. *Fleischwirtschaft* 57, 1826 - 1828
- Fischer, C. u. Honikel, K.O. (1978):** Biochemische Unterschiede von blassen, wässrigem und dunklem, leimigen Rindfleisch kurz nach dem Schlachtung. *Fleischwirtschaft* 58, 1348 - 1350
- Fischer, K. (1987):** Qualitätsabweichungen bei Rindfleisch. *Kulmbacher Reihe, Bd. 7*, 235 - 268
- Fischer, K. (1994):** Transport zur Schlachtstätte. *Kulmbacher Reihe, Bd. 13*, 22 - 42
- Fischer, K. (1999):** Sinnvolle Erfassung von Fleischqualitätsparametern. *Kulmbacher Reihe, Bd. 16*, 193 – 216

- Fischer, K. u. Augustini, Chr. (1977):** Stadien der postmortalen Glykolyse bei unterschiedlichen pH<sub>1</sub>-Werten im Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft* 57, 1191 – 1194
- Fischer, K. u. Augustini, Chr. (1980):** Untersuchungen zum Problem des dunklen, leimigen Rindfleisches („dark cutting beef“). 3. Mitt.: Auswirkungen unterschiedlicher Transporttemperaturen und mehrtägiger Nüchterung. *Fleischwirtschaft* 60, 469 – 473
- Fischer, K.; Augustini, Chr.; Mc Cormick, R. (1986):** Einfluss der Nüchterungsdauer vor dem Schlachten auf die Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 66, 1659 – 1665
- Fischer, K. u. Alps, H. (1988):** Elektrische Leitfähigkeit und Verzehrsqualität von Schweinefleisch. *Mitteilungsbl. Bundesanst. f. Fleischforschung, Kulmbach*, 7918 - 7925
- Fleming, B.K.; Froning, G.W.; Yang, T.S. (1991):** Heme pigment levels in chicken broilers chilled in ice slush and air. *Poultry Sci.* 70, 2197 – 2200
- Fletcher, D.L. (1991):** Ante mortem factors related to meat quality. *Proc. X European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Doorwerth/NL*, 11 – 19
- Fletcher, D.L. (1992):** The influence of ante mortem factors on broiler meat quality. *Proc. 19th –World’s Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept., 3*, 43 – 47
- Fremery de, D. (1966):** Some aspects of postmortem changes in poultry muscle. In: Physiology and Biochemistry of muscle as a food. *Internat. Symp. Wisconsin, Ed. Briskey, E.J., Cassens, R.G. and Trautman, J.G.* 205 - 212
- Fremery de, D. u. Pool, M.F. (1960):** Biochemistry of chicken muscle as related to rigor mortis and tenderization. *Food Res.* 25, 73 - 87
- Froning, G.W. (1991):** Methods for measuring functional properties of poultry meat. *Proc. X European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Doorwerth/NL*, 191 – 195
- Froning, G.W.; Babij, A.S.; Mather, F.B. (1978):** The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on colour and textural characteristics of turkeymuscle. *Poultry Sci.* 57, 630 – 633
- Froning, G.W. u. Uijtenboogaart, T.G. (1988):** Effects of post mortem electrical stimulation on colour, texture, pH and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poultry Sci.* 67, 1536 – 1544
- Gille, U. u. Salomon, F.V. (1998):** Muscle growth in wild and domestic ducks. *British Poultry Sci.* 39, 500 – 505
- Grashorn, M.A. (1995):** Instrumental methods for measuring meat quality features. *Proc. XII European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Zaragoza*, 489 – 495

- Grashorn, M.A. u. Elwinger, M. (1993):** The suitability of measuring conductivity of breast muscle to predict meat quality in meat-type chicken. *11th European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Tours.*
- Greshake, F.; Schmitt, F.; Schepers, K.H. (1988):** Untersuchung zur Bestimmung des Tropfsaftverlustes von Schweinefleisch und dessen Zusammenhänge zu anderen Fleischqualitätskriterien. *Fleischwirtschaft* 68, 765 - 76
- Grey, T.C.; Jones, J.M. u. Robinson, D.S. (1974):** The influence of death struggle on the rate of glycolysis in chicken breast muscle. *J. Food Agric. Sci.* 25, 57 – 66
- Grey, T.C.; Griffiths, N.M.; Jones, J.M.; Robinson, D.S. (1986):** A study of some factors influencing the tenderness of turkey breast meat. *Lebensmittel-Wissensch. und Technol.* 19, 412 – 414
- Grunder, A.A.; Hollands, K.G.; Gavora, J.S. (1979):** Incidence of degenerative myopathy among turkeys fed corn or wheat based rations. *Poultry Sci.* 58, 1321 – 1324
- Hahn, G. u. Grashorn, M. (1996):** Wachstumskapazität von Puten und Einflüsse auf den Schlachtwert. *Tagung Verband Deutscher Putenerzeuger, Wittenberg, 24-26 Juni 1996*
- Hamm, R. (1972):** Kolloidchemie des Fleisches. *Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg*
- Hamm, R. (1977):** Beziehungen zwischen dem Wasserbindungsvermögen des Fleisches und sensorischen Faktoren der Fleischqualität. *Fleischwirtschaft* 57, 1502 – 1503
- Hamm, R. (1979):** Die Biochemie des Muskel-Calciums und ihre Bedeutung für die Fleischqualität. *Fleischwirtschaft* 59, 561
- Hamm, R. (1981):** Struktur und Funktion des Muskels. *Fleischwirtschaft* 61, 1822 – 1829
- Hamm, R. u. Potthast, R. (1972):** Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch- Biochemische Ergebnisse. *Fleischwirtschaft* 52, 206 - 208
- Hamm, R.; Honikel, K.O.; Fischer, C. u. Hamid, A. (1980):** Veränderungen des Rindfleisches nach dem Schlachten und ihre Auswirkungen auf das Wasserbindungsvermögen. *Fleischwirtschaft* 60, 1567
- Hammond, J. (1952):** Objective tests for meat quality. *Ann de la nutrit et aliment. Paris, VI. C.,* 119
- Harper, H.A.; Löffler, G.; Petrides, P.E. u. Weiss, L. (1975):** Physiologische Chemie. *Springer Verlag*
- Haugan, K. (1992):** The influence of diet, sex and age on sensory quality in broiler meat. *Proc. 19th –World's Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept., 3, 148*

- Häusermann, E. (1985):** Prüfungen von Schnellmethoden zur Erkennung abweichender Fleischqualität beim Schwein bei der amtlichen tierärztlichen Fleischuntersuchung. *Diss. FU Berlin*
- Hecht, H. (1986):** Reifung und Zartheit von Fleisch. *Mitteilungsbl. Bundesanst. f. Fleischforschung, Kulmbach, 7144 – 7149*
- Henckel, P. (1992):** Properties of muscle fibre types as a source of variation in meat quality. *Proc. 19th –World’s Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept., 3, 87 – 92*
- Hildebrandt, G. (1974):** Konstitution, Rigor mortis und Fleischqualität beim Schlachtschwein. *Fleischwirtschaft 54, 926 - 931*
- Hillebrand, S.J.W. (1993):** The sensory quality of turkey meat with special reference to the effects of electrical stunning and chilling rate. *Diss., Utrecht NL*
- Hillebrand, S.J.W.; van der Leun, M.; Smulders, F.J.M.; Koolmees, P.A. (1991):** Glycolytic rate and sensory quality of turkey M. pectoralis superficialis – physical-chemical and morphological muscle characteristics. *Proc. X European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Doorwerth/NL, 45 – 52*
- Hofmann, K. (1973):** Was ist Fleischqualität? *Fleischwirtschaft 53, 485*
- Hofmann, K. (1974):** Das Redoxpotential. *Fleischwirtschaft 54, 465*
- Hofmann, K. (1986):** Ist Fleischqualität messbar? *Mitteilungsbl. Bundesanst. f. Fleischforschung, Kulmbach, 7134 - 7138*
- Hofmann, K. (1987):** Der Begriff Fleischqualität: Definition und Anwendung. *Fleischwirtschaft 67, 44 – 49*
- Hollands, K.G.; Grunde, A.A.; Gavora, J.; Williams, C.J. (1978):** Creatine phosphokinase as an assay for green muscle disease in turkey. *Poultry Sci. 57, 1145 (Abstr.)*
- Holmes, Z.A. (1986):** Comparison of meat quality between the right and left roasted turkey halves. *Poultry Sci. 497 – 500*
- Holsheimer, J.P. u. Ruesink, E.W. (1992):** Effect of energy and lysine in starter and finisher diets fed to broilers on performance, carcass composition, yields and financial return. *Proc. 19th –World’s Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept., 3, 153 – 154*
- Honikel K.O. (1984):** Einfluss der Temperatur post mortem auf das Saffthaltevermögen von Schweinefleisch. *Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs Zeist, Pudoc, Wageningen, 38 - 40*
- Honikel, K.O. (1986):** Muskelstruktur und Fleischqualität. *Mitteilungsbl. Bundesanst. f. Fleischforschung, Kulmbach, 7139 - 7143*

- Honikel, K. O. (1998):** Physikalische Messmethoden zur Erfassung der Fleischqualität. *In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Hrsg. W. Branscheid, K.O. Honikel, G. v. Lengerken, K. Troeger, Band 2, Dt. Fachbuchverlag, Frankfurt am Main, 696 – 721*
- Honikel, K. O. (1999):** Standardisierung physikalischer Messverfahren. *Kulmbacher Reihe, Bd. 16, 167 - 192*
- Honikel, K.O. u. Hamm, R. (1974):** Über die Ursachen der Abnahme des pH-Wertes im Fleisch nach dem Schlachten. *Fleischwirtschaft 54, 557 – 560*
- Honikel, K.O. u. Fischer, C. (1977):** Eine Schnellmethode zur Bestimmung von PSE- und DFD-Fleisch beim Schwein. *Fleischwirtschaft 57, 1015 – 1017*
- Honikel, K.O. u. Hamm, R. (1978):** Einfluss des Kühlens auf die Eigenschaften von frisch erschlachtetem Rindfleisch. *Fleischwirtschaft 58, 712 - 716*
- Honikel, K.O. u. Kim, C.J. (1985):** Über die Ursachen der Entstehung von PSE-Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft 65, 1125*
- Honikel, K.O.; Esteves, A.; Rauh, S. (1995):** Die Messung der Impedanz zur Feststellung der Qualität von Schweinefleisch. *Mitteilungsbl. der Bundesanst. f. Fleischforschung, Kulmbach, 34, 13 - 20*
- Honikel, K.O. u. Schwägele, F. (1998):** Biochemische Prozesse der Fleischbildung. *In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Hrsg. W. Branscheid, K.O. Honikel, G. v. Lengerken, K. Troeger, Band 2, Dt. Fachbuchverlag, Frankfurt am Main, 593 - 616*
- Hoof, J. v. (1979):** Influence of ante- and peri- mortem factors on biochemical and physical characteristics of turkey breast muscle. *Vet. Quart. 1, 29 - 36*
- Hoof, J. v. u. Dezeure-Wallays, B. (1980):** Abbau von zugesetztem Diphosphat im Brustmuskelfleisch von Schlachtputen unterschiedlicher Fleischqualität. *Fleischwirtschaft 60, 489 - 492*
- Hoof, J. v.; Dezeure-Wallays, B. u. Pensaert, R. (1986):** Postmortale Glykolyse und Fleischqualität bei Rindern. *Mitteilungsbl. Bundesanst. f. Fleischforschung, Kulmbach, 6759 - 6767*
- Hunt, M.C. u. Hedrick, H.B. (1977):** Chemical, physical and sensory characteristics of bovine muscle from four quality groups. *J. Food Sci. 42, 716 - 720*
- Jellinek, G. (1981):** Sensorische Lebensmittelüberprüfung. *Verlag Doris und Peter Siegfried, Pattensen*
- Joule, M. (1973):** Qualität und Qualitätserhaltung. *Proc. XIX. Europ. Meeting Meat. Res. Workers, Paris. Bd. II, 445*

- Khan, A.W. u. Nakumura, R. (1970):** Effects of pre- and postmortem glycolysis on poultry tenderness. *J. Food Sci.* 35, 266 – 267
- Khan, A.W. and Ballantyne, W.W. (1973):** A research note, post slaughter pH variation in beef. *J. Food Sci.* 38, 710 - 711
- Kijowski, J.; Niewiarowicz, A.; Kujawska-Biernat, B. (1982):** Biochemical and technological characteristics of hot chicken meat. *J. Food technolog.* 17, 553 – 560
- Kim, J.W.; Fletcher, D.L.; Campion, D.R. (1988):** Research note: effect of electrical stunning and hot boning on Broiler Breast meat characteristics. *Poultry Sci.* 67, 674 - 676
- Klettner, P.G. u. Stiebing, A. (1980):** Beitrag zur Bestimmung der Farbe bei Fleisch und Fleischerzeugnissen, I. Einführung in die Grundlagen der Farbmessung. *Fleischwirtschaft* 60, 1970 - 1976
- Klosowska, D.A.; Niewiarowicz, A.; Klosowski, B.; Trojan M. (1979):** Histochemische und histologische Untersuchungen am M. pectoralis superficialis mit beschleunigter, normaler und verzögerter Glykolyserate in Broilern. *Fleischwirtschaft* 59, 1004 – 1008
- Kralik, G. u. Petricevic, A. (1993):** The influence of initial pH-value in broiler breast on other meat characteristics. *Proc. 11th European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Tours*
- Kranen, R.W.; Lambooy, E.; Veerkamp, C.H.; van Kuppevelt, T.H.; Veerkamp, J.H. (2000):** Histological Characterization of Hemorrhages in Muscles of Broiler Chickens. *Poultry Sci.* 79, 110 - 116
- Krapoth, H.J. (1987):** Untersuchungen zur Schlachtkörperbewertung und Fleischbeschaffenheit bei Broilern. *Diss., Kiel*
- Krüger, G. u. Domel, G. (1978):** Zur Auswirkung definierter motorischer Belastungen auf das Mastschwein. *Fleisch* 32, 14
- Kuchling, E.; Schlicht, H.; Tönnies, R. u. Weber, A. (1969):** Einfluss der Ausruhezzeit auf den pH-Wert, das Saffthaltevermögen und den Keimgehalt bei Schlachtschweinen. *Fleisch* 23, 283
- Landes, D.R.; Dawson, L.E. u. Price, J.F. (1971):** Protein extractability of turkey breast muscle exhibiting different rates of post mortem glycolysis. *J. Food Sci.* 36, 122 – 124
- Larmond, E.; Petrasovits, A.; Moran, E.T. (1971):** Eating quality of Large White turkeys as influenced by age and sex. *Can. Inst. Food Technol. J.* 4, 75 - 79
- Lawrie, R.A. (1966/1979):** Meat Science. *Pergamon Press Oxford. New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt*

- Lawrie, R.A. (1998):** The conversion of muscle to meat. *Pages 96 – 118 In: Lawrie's Meat Science. 6th ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, U.K.*
- Leistner, L. (1980):** Ursache des mikrobiellen Verderbs. *Kulmbacher Reihe, Bd. 1, 41 - 54*
- Lehinger, A.L. (1985):** Biochemie, 2. Auflage *Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach, Florida, Basel*
- Lengerken, G. v.; Stein, H.; Pfeiffer, H. (1977):** Einfluss der Ausruhezeit vor der Schlachtung auf die Fleischbeschaffenheit. *Mh. Vet. Med. Jena 32, 376 - 380*
- Lengerken, G. v. u. Hennebach, H. (1980):** Einfluss endogener und exogener Faktoren auf den pH-Wert-Verlauf in der Kotelett- und Schinkenmuskulatur von Schweinen (I). *Fleisch 34, 16 - 19*
- Lengerken, G. v. u. Schmidt, H. (1980):** Untersuchungen zum Verlustgeschehen bei Schlachtschweinen – Fleischbeschaffenheitsmängel. *Fleisch 34, 234 - 235*
- Lengerken, G. v.; Maak, S.; Wicke, M. (1992):** Möglichkeiten zur Erkennung von Stressempfindlichkeit und Fleischbeschaffenheitsmängeln am lebenden Schwein. *Mh. Vet. Med. 47, 479 – 486*
- Lengerken, G. v.; Wicke, M.; Fischer, K. (1998):** Schlachttierwert des Schweines. *In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Hrsg. W. Branscheid, K.O. Honikel, G. v. Lengerken, K. Troeger, Band 1, Dt. Fachbuchverlag, Frankfurt am Main, 205 - 240*
- Lindberg, P.; Lannek, N. u. Blomgren, L. (1973):** The influence of physical training on the pH of skeletal muscle in pigs. *Acta Vet. Scand. 14, 359*
- Lister, D.; Gregory, N.G.; Warriss, P.D. (1981):** Stress in meat animals. *In: Lawrie, R., Rev. in Meat Sci. 2, 61*
- Lockyer, R.H. u. Dransfield, E. (1986):** Poultry texture: effects of electrical stimulation, chilling, maturation and further ageing. *In: Recent advances and developments in the refrigeration of meat by chilling. Proc. Commission CZ, Intutl. Inst. Refrig., Paris, France, 53 - 57*
- Löffler, G. u. Petrides, P.E. (1988):** Physiologische Chemie, 4. Auflage. *Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio*
- Logtestijn, J.G. v.; (1967):** Der postmortale pH-Wert-Verlauf im Fleisch von Schlachttieren. *Fleischwirtschaft 47, 240*
- Lyon, C.E.; Hamm, D.; Thomson, J.E. (1985):** PH and tenderness of broiler breast meat deboned various times after chilling. *Poultry Sci. 64, 307 – 310*
- Lyon, B.G. u. Lyon, C.E. (1990):** Texture profile of broiler pectoralis major as influenced by post mortem deboning time and heat method. *Poultry Sci. 69, 329 - 340*

- Ma, R.T.; Addis, P.B. u. Ellen, E. (1971):** Response to electrical stimulation and post mortem changes in turkey pectoralis major muscle. *J. Food Sci.* 36, 125 - 129
- Ma, R.T. u. Addis, P.B. (1973):** The association of struggle during exsanguination to glycolysis, protein solubility and shear in turkey pectoralis muscle. *J. Food Sci.* 38, 995 - 997
- Maak, S., Schwerin, M.; Wicke, M.; Fiedler, I.; v. Lengerken, G. (1995):** Muscle structure of the M. longissimus in pigs with different genotypes in the promoter of the HSP 70.2 gene. *Proc. XXIV. European Muscle Congress, Firenze, 13-16 Sept.*
- Maki, A. u. Fronning, G.W. (1987):** Effect of post mortem electrical stimulation on quality turkey meat. *Poultry Sci.* 66, 1155 - 1157
- Martindale, L.; Siller, G.W.; Wight, P.A. (1979):** Effects of subfascial pressure in experimental deep pectoral myopathy of the fowl: Antangiographic study. *Avian Pathol.* 8, 425 - 436
- McCurdy, R.; Barbut, S.; Quinton, M. (1996):** Seasonal effects on PSE in young turkey breast meat. *Food Research International*, 29, 363 - 366
- McKee, S.R.; Hargis, B.M.; Sams, A.R. (1998):** Pale, Soft, and Exudative Meat in Turkeys Treated with Succinylcholine. *Poultry Sci.* 77, 356 - 360
- McVeigh, J.M.; Tarrant, P.V. u. Harrington, M.G. (1982):** Behavioral stress and skeletal muscle glycogen metabolism in young bulls. *J. Anim. Sci.* 54, 790 - 795
- Meiering, K. (1995):** Prüfung zur Eignung physikalisch-chemischer Messmethoden zur Bestimmung der sensorischen Qualität von Putenbrustfleisch und Erkenntnisse über Zusammenhänge zwischen Glykolyseverlauf und Fleischqualitätsparametern. *Diss., FU Berlin*
- Mickwitz, G. v. (1981):** Die Bedeutung zootechnischer Maßnahmen auf die Qualität hochwertiger Lebensmittel tierischen Ursprungs – Haltung und Hygiene. *Arch. Lebensmittelhyg.* 32, 8 - 11
- Mickwitz, G. v.; Meyer, K.; Grund, H.; Vogel, L.; Klawitter, H.J.; U. u. K.P. Stützle (1971):** Der Einfluss unterschiedlicher Transportbedingungen auf Belastungsreaktionen und die Höhe der Transportverluste bei Schlachtschweintransporten. *Tierärztliche Umschau.* 26, 524 - 526
- Mills, D.S. u. Nicoli, C.J. (1990):** Tonic immobility in spent hens after catching and transport. *Veterinary Record* 126, 210 - 212
- Mohan Raj, A.B. u. Gregory, N. (1991):** Carcass and meat quality of gas stunned broilers. *Quality of Poultry Products. 1. Poultry Meat*, 39 - 40. *Spelderholt Jubilee Symposia, Doorwerth, The Netherlands*

- Murphy, B.D.; Hasiak, R.J.; Sabronek, J.G. (1988):** Effect of ante mortem electrical stunning on functional properties of turkey muscle. *Poultry Sci.* 67, 1062 – 1068
- Müller, J. (1996):** Haltbarkeit und Genusswert von Schweinefleisch unter verschiedenen Lagerbedingungen. *Dipl. Arbeit, FH Weihenstephan*
- Müller, W.D. (1998):** Kochpökelfleisch In: *Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Hrsg. W. Branscheid, K.O. Honikel, G. v. Lengerken, K. Troeger, Band 2, Dt. Fachbuchverlag, Frankfurt am Main, 853 - 874*
- Münch, S.; Bracher-Schrödl, K.; Reiche, T. (1996):** Convenience-Produkte vom Geflügel – Ein sicheres und gutes Lebensmittel für den Verbraucher? *Amtstierärztl. Dienst u. Lebensmittelkontr.* 3, 302 – 304
- Ngoka, D.A.; Froning, G.W.; Lowry, S.R.; Babij, A.S. (1982):** Effects of sex, age, preslaughter factors and holding conditions on the quality characteristics and chemical composition of turkey breast muscles. *Poultry Sci.* 61, 1996 – 2003
- Niewiarowicz, A.; Trojan, M.; Kijowski, J.; Pikul, J. (1978):** PSE – und DFD – Hühnerfleisch. *Fleischwirtschaft* 58, 1547 – 1548
- Niewiarowicz, A. u. Pikul, J. (1979):** pH-Wert der Hautoberfläche vor der Schlachtung als Indikator für PSE – und DFD – Fleisch bei Broilern. *Fleischwirtschaft* 59, 405 – 407
- Niewiarowicz, A.; Pikul, J.; Czajka, P. (1986):** Gehalt an Myoglobin und Hämoglobin in Fleisch verschiedener Geflügelarten. *Fleischwirtschaft* 66, 1281 - 1282
- Northcutt, J.K.; Foegeding, E.A.; Edens, F.W. (1994):** Water-holding properties of thermally preconditioned chicken and leg meat. *Poultry Sci.* 73, 308 – 316
- Ogata, T. (1960):** Gehalt an Myoglobin und Hämoglobin in Fleisch verschiedener Geflügelarten. *Fleischwirtschaft* 66, 1281 - 1282
- Osman, A.M.A.; Tawfik, E.S.; Ristic, M.; Hebler, W.; Klein, F.W. (1990):** Einfluss der Stalltemperatur auf die Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit von Broilern unterschiedlichen Alters und Geschlechts. 5. Mitteilung: Physikalische und chemische Bewertung der Fleischbeschaffenheit. *Archiv für Geflügelkunde* 54, 20 - 28
- Owens, C.M.; Matthews, N.S.; Sams, A.R. (2000):** The Use of Halothane Gas to Identify Turkeys Prone to Developing Pale, Exudative Meat When Transported Before Slaughter. *Poultry Sci.* 79, 789 - 795
- Owens, C.M.; McKee, S.R.; Matthews, N.S.; Sams, A.R. (2000):** The Development of Pale, Exudative Meat in Two Genetic Lines of Turkeys Subjected to Heat Stress and Its Prediction by Halothane Screening. *Poultry Sci.* 79, 430 - 435

- Owens, C.M.; Hirschler, E.M.; McKee, S.R.; Martinez-Dawson, R.; Sams, A.R. (2000): The Characterization and Incidence of Pale, Soft, Exudative Turkey Meat in a Commercial Plant. *Poultry Sci.* 79, 553 – 558
- Owens, C.M. u. Sams, A.R. (2000): The Influence of Transportation on Turkey Meat Quality. *Poultry Sci.* 79, 1204 - 1207
- Papa, C.M. u. Fletcher, D.L. (1988): Pectoralis muscle shortening and rigor development at different locations within the broiler breast. *Poultry Sci.* 67, 635 – 640
- Papa, C.M. u. Fletcher, D.L. (1988): Effects of aging temperature on broiler breast meat. *Poultry Sci.* 67, 1147 – 1153
- Papa, C.M. u. Lyon, C.E. (1989): Shortening of the pectoralis muscle and meat tenderness of broiler chickens. *Poultry Sci.* 68, 663 – 669
- Papa, C.M.; Lyon, C.E.; Fletcher, D.L. (1989): Effects of post mortem wing restraint on the development of rigor and tenderness of broiler breast meat. *Poultry Sci.* 68, 238 - 243
- Percival, A.L.; Williams, A.J.; Kenyon, K.L.; Grinsell, M.M.; Airey, J.A.; Sutko, J.L. (1994): Chicken skeletal muscle ryanodine receptor isoforms: Ion channel properties. *Biophys. J.* 67, 1834 - 1850
- Pietrzak, M.; Greaser, M.L. u. Sosnicki, A.A. (1994): Effect of rapid onset of rigor mortis on protein functionality in turkey breast muscle. *83<sup>rd</sup> Annual Meeting of the Poultry Science Association, August 7-12, Mississippi State University, p. 65*
- Pietrzak, M.; Greaser, M.L. u. Sosnicki, A.A. (1997): Effekt of rapid rigor mortis processes on protein functionality in pectoralis major muscle of domestic turkey. *J. Animal Sci.* 75, 2106 - 2116
- Pingel, H u. Birla, M. (1982): Untersuchung zur Fleischbeschaffenheit von Geflügel. *Archiv Tierzucht* 25, 65 – 70
- Pingel, H.; Wicke, M.; v. Lengerken, G. (1998): Gewinnung und Qualität von Geflügelfleisch *In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Hrsg. W. Branscheid, K.O. Honikel, G. v. Lengerken, K. Troeger, Band 1, Dt. Fachbuchverlag, Frankfurt am Main, 301 - 339*
- Pliquette, U. u. Pliquette, F. (1998): Kritische Bemerkungen zur Leitfähigkeit als Qualitätsmerkmal für Fleisch. *Fleischwirtschaft* 78, 1010 - 1012
- Potthast, K. u. Hamm, R. (1976): Biochemie des DFD-Fleisches. *Fleischwirtschaft* 56, 978
- Prange, H.; Jugert, L.; Ober, G. u. Scharner, E. (1977): Untersuchung zur Muskelfleischqualität beim Schwein. 3. Mitt.: Bedeutung der Fleischtemperatur unter besonderer Berücksichtigung der Transportform. *Arch. Exp. Vet. Med.* 31, 337

- Quali, A. (1990):** Meat tenderization: possible causes and mechanisms – a review. *J. Muscle Foods* 1, 129 - 165
- Reul, U. (1988):** Untersuchungen über die Eignung der Leitfähigkeitsmessung zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Diss. Bonn*
- Reuter, G. (1982):** Verfahren zur Erkennung von Fleischqualitätsabweichungen bei Schlachtkörpern. *Fleischwirtschaft* 62, 1153 - 1160
- Rhodes, D.N. (1973):** Some observations on the genesis of dark cutting beef from bulls and steers. *Inst. Meat. Bull.* 79, 32 - 36
- Richter, G.; Gruhn, K.; Ochrimenko, C.; Meixner, B.; Hennig, A. (1989):** Zusammensetzung und Qualitätsparameter von Schlachtkörpern verschiedener Geflügelarten. *Die Nahrung* 33, 133 – 144
- Ristic, M. (1974):** Putenfleisch nach der Schlachtung: Veränderungen einiger Fleischparameter. *Fleischwirtschaft* 54, 552 - 554
- Ristic, M. (1978):** Einfluss der Transportbelastung auf die Fleischbeschaffenheit von Broilern. *Fleischwirtschaft* 58, 1031 – 1034
- Ristic, M. (1980):** Tendenzen in der Fleischqualität von Broilern im Zeitraum 1970 bis 1979. *Deutsche Geflügelwirtschaft u. Schweineprod.* 33, 800 – 802
- Ristic, M. (1981):** Einflussfaktoren auf die Fleischbeschaffenheit bei Broilern. *Fleischwirtschaft* 61, 1522 – 1531
- Ristic, M. (1984):** Methoden zur objektiven Beurteilung der Fleischbeschaffenheit. *Fleischwirtschaft* 64, 1340 – 1350
- Ristic, M. (1987):** Schlachtkörperwert und Fleischqualität von Puten. *Fleischerei* 38, 337 - 340
- Ristic, M. (1987):** Behandlung von Geflügel vor dem Schlachten und deren Auswirkung auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität. *Fleisch* 41, 126 – 129
- Ristic, M. (1996):** Zur Anwendung von Kühlmethoden für Schlachtgeflügel. *Fleischwirtschaft* 76, 688 – 690
- Ristic, M. u. Schön, L. (1977):** Einfluss der Transportbelastung und –dauer auf die Fleischbeschaffenheit von Schlachtgeflügel. *Archiv für Geflügelkunde* 41, 149 – 151
- Ristic, M. u. Korthas, G. (1987):** Ertrag und Qualität von Putenfleisch. Gleichzeitig ein Vergleich mit Broilerfleisch. *Fleischwirtschaft* 67, 731 - 734
- Ristic, M. u. Hechelmann, H.G. (1990):** Einflüsse der Lagertemperatur und der Lagerdauer: Lagerfähigkeit von gekühlten Broilern. *Fleischerei* 41, 504 – 508

- Ristic, M. u. Klein, W. (1992):** Influence of feeding at different ages and sex on the meat quality of broilers. *Proc. 19th –World's Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept., 3, 147*
- Ristic, M. u. Lindner, H. (1992):** Influence of Vitamin E supplementation on the meat quality and storage capability of broilers. *Proc. 19th –World's Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept., 3, 146*
- Rosser, B.W.C. u. George, J.C. (1986):** The avian pectoralis: histochemical characterization and distribution of muscle fiber types. *Ca. J. Zool. 64, 1174 - 1185*
- Rödel, W. (1990):** Messgrößen und transportable Messgeräte für die innerbetriebliche Qualitätskontrolle. *Kulmbacher Reihe, Bd. 10, 170 - 200*
- Rödel, W. (1991):** Messgrößen und transportable Messgeräte für die innerbetriebliche Qualitätskontrolle. *Fleischwirtschaft 71, 1168 – 1175; 1260 - 1268*
- Rösner, Chr. u. Brenner, K.–V. (1989):** Effekt einer Liegendentblutung auf die Fleischbeschaffenheit von Schweinen verschiedener genetischer Herkunft. *Fleischwirtschaft 69, 1737 - 1739*
- Sackmann, G. (1988):** Einfluss der Ausruhezzeit sowie von Umgebungs- und technologischen Faktoren auf klinische und fleischhygienische Parameter bei Schlachtschweinen. *Diss. Berlin*
- Sams, A.R. (1990):** Electrical stimulation and high temperature conditioning of broiler carcasses. *Poultry Sci. 69, 1781 - 1786*
- Sams, A.R. (2000):** Pale, soft, exudative meat in chickens and turkeys. *Poultry inter. 03/ 2000, 40*
- Sams, A.R. u. Janky, D.M. (1986):** The influence of chilling on tenderness of hot-boned, chill-boned and age-boned broiler breast fillets. *Poultry Sci. 65, 1316 – 1321*
- Sams, A.R.; Janky, D.M.; Woodward, S.A. (1989):** Tenderness and R-Value Changes in Early Harvested Broiler Breast Tissue Following Post-Mortem Electrical Stimulation. *Poultry Sci. 68, 1232 - 1235*
- Sams, A.R. u. Janky, D.M. (1991):** Characterization of rigor mortis development in four broiler muscles. *Poultry Sci. 70, 1003 – 1009*
- Sante, V.; Bielicki, G.; Renerre, M.; Lacourt, A. (1991):** Post mortem evolution in the pectoralis superficialis muscle from two turkey breeds: a relationship between pH and colour changes. *37th ICoMST, Kulmbach, 465*
- Sante, V.; Sosnicki, A.A.; Greaser, M.L.; Pietrzak, M.; Pospiech, E.; Quali, O. (1995):** Impact of turkey breeding and production on breast meat quality. *Proc. 12th European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Zaragoza, 151 – 156*

- Santoro, p. (1984):** L, a, b, colour values as related to meat quality in pigs. *Proc. Scient. Meeting Biophysical PSE- Muscle Analysis, Vienna, 259 - 269*
- Scheper, J. (1962):** Über Merkmale der Fleischbeschaffenheit und die Möglichkeit ihrer Beeinflussung vor der Schlachtung. *Zt. F. Tierzucht und Züchtungsbiologie* 77, 335
- Scheper, J. (1972):** Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch - genetische und umweltbedingte Einflüsse. *Fleischwirtschaft* 52, 203 - 206
- Scheper, J. u. Schön, L. (1971):** Zur Aussagekraft von pH, Farbhelligkeit und Safthaltevermögen über die Beschaffenheit von Schweinefleisch. *Züchtungskunde* 43, 49 - 53
- Scheunert, A. u. Trautmann, A. (1987):** Lehrbuch der Veterinär-Physiologie, 7. Auflage. *Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg*
- Schiefer, G. u. Scharner, E. (1975):** Zur Problematik der Transportbelastung bei Schlachtschweinen. *Fleisch* 29, 145 - 148
- Schmitt, F.; Schepers, K.H.; Jüngst, H.; Reul, U. u. Festerling, A. (1984):** Fleischqualität beim Schwein. - Untersuchungen zu deren Erfassung. *Fleischwirtschaft* 64, 1238 - 1242
- Schön, L. u. Ristic, M. (1974):** Einfluss der Lagerungsdauer auf die Beschaffenheit von frischem Putenfleisch. *Archiv für Geflügelkunde* 38, 5 - 8
- Schön, L. u. Ristic, M. (1977):** Zur Abhängigkeit der pH-Werte von Schlachtgeflügel bei unterschiedlich verlaufender Glykolyse. *Archiv für Geflügelkunde* 41, 18 - 20
- Scholtyssek, S. u. Bender, J. (1990):** Eignung verschiedener Garmethoden für die Qualitätsbeurteilung von Geflügelfleisch. *Fleischwirtschaft* 70, 613 - 615
- Schütte, A. (1994):** Transporttauglichkeit von Schweinen. *Vortrag anläßl. DVG-Tagung, Hanover, 8.3.1994*
- Seemann, G. (1986):** Beziehungen zwischen der pH-Wert-Änderung nach dem Schlachten und anderen Fleischqualitätsparametern beim Hähnchen. *Fleischwirtschaft* 66, 604 - 606
- Seemann, G. u. Koslowski, G. (1982):** Untersuchungen zur Fasertypen-Verteilung in der Skelettmuskulatur von Hühnern. *Archiv für Geflügelkunde* 46, 228 - 231
- Seemann, G.; Jones, J.M.; Griffiths, N.M.; Grey, T.C. (1986):** Der Einfluss von Lagerdauer und Temperatur auf die Qualität von Putenfleisch. *Archiv für Geflügelkunde* 50, 149 - 153
- Seidler, D.; Nowak, B.; Bartnick, E. (1984):** PSE-Diagnostik am Schlachtband. *Fleischwirtschaft* 64, 1499 - 1505

- Shalev, B.A. u. Pasternak, H. (1989):** Meat production efficiencies of turkey, chicken and duck broilers. *World's Poultry Sci.* 45, 109 - 114
- Sielaff, H. u. Thiemig, F. (1990):** Textureigenschaften des Fleisches. *Fleischwirtschaft* 70, 982 – 999
- Silbernagel, S. u. Despopoulos, A. (1983):** Taschenatlas der Physiologie, 2. Auflage. *Georg Thieme Verlag, Stuttgart*
- Siller, W.G. (1985):** Deep pectoral myopathy: A penalty of successful selection for muscle growth. *Poultry Sci.* 64, 1591 - 1595
- Smith, D.P. u. Fletcher, D.L. (1988):** Chicken breast muscle fiber type and diameter as influenced by age and intramuscular location. *Poultry Sci.* 67, 908 – 913
- Smith, D.P.; Fletcher, D.L.; Papa, C.M. (1992):** Duckling and chicken processing yields and breast meat tenderness. *Poultry Sci.* 71, 197 - 202
- Sosnicki, A.A. (1993):** PSE in turkey. – Is the modern turkey prone to pale, soft, exudative (PSE) breast muscle conditions? *Meat Focus* 2, 75 – 78
- Sosnicki, A.A.; Cassens, R.G.; McIntyre, D.R.; Vimini, R.J. (1988):** Structural alterations in oedematous and normal appearing skeletal muscle of domestic turkey. *Avian Pathol.* 17, 775 – 791
- Sosnicki, A.A.; Cassens, R.G.; McIntyre, D.R.; Vimini, R.J.; Greaser, M.L. (1989):** Incidence of microscopically detectable degenerative characteristics in skeletal muscle of turkey. *British Poultry Sci.* 30, 69 – 80
- Sosnicki, A.A.; Cassens, R.G.; Vimini, R.J.; Greaser, M.L. (1991):** Histopathological and ultrastructural alterations of turkey skeletal muscle. *Poultry Sci.* 70, 349 – 357
- Sosnicki, A.A. u. Wilson, B.W. (1991):** Pathology of turkey skeletal muscle: Implications for the poultry industry. *Food Structure* 10, 317 – 326
- Sosnicki, A.A. u. Wilson, B.W. (1992):** Relationship of focal myopathy of turkey skeletal muscle to meat quality. *Proc. 19th World's Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept.* 3, 43 – 47
- Stephan, E. (1993):** Untersuchungen zum Wachstum beim Huhn unter besonderer Berücksichtigung der  $Ca^{2+}$ -Regulation und des Energiestoffwechsels myokardialer Mitochondrien sowie histometrischer Parameter. *Diss., Gießen*
- Stephan, E.; Krogmeier, D.; Dzapo, V.; Tüller, R.; Velten, H. (1990):** Morphologisch veränderte Muskelfasern im Brustmuskel von Jungmasthühnern und deren Beziehung zur Schlachtkörperqualität. *Archiv für Geflügelkunde* 54, 230 – 236

- Stephan, E. u. Dzapo, V. (1992):** Investigations of histometric characteristics and meat quality parameters of broiler chicken. *Proc. 19th World's Poultry Congress, Amsterdam, 20-24 Sept., 3, 101 – 105*
- Stiebing, A. u. Klettner, P.-G. (1980):** Beitrag zur Bestimmung der Farbe bei Fleisch und Fleischerzeugnissen. II. Praktische Erfahrungen mit dem Elrephomat DFC 5. *Fleischwirtschaft 60, 2179 - 2184*
- Stumpe, A.; Schmitt, F. u. Schepers, K.H. (1990):** Zusammenhänge zwischen sensorischen und technologischen Qualitätseigenschaften des Schweinefleisches. *Fleischwirtschaft 70, 195 - 199*
- Suzuki, A.; Matsumoto, Y.; Sato, T. u. Nonami, Y. (1982):** Calcium activated protease in stored muscle. *Meat Sci. 7, 269 - 278*
- Swatland, H.J. (1989):** Physiology of muscle growth. *Ch. 9, in: "Recent advances in turkey science." Ed. Nixey, C. and Grey T.C. 167 - 182*
- Swatland, H.J. (1990):** A note on the growth of connective tissues binding turkey muscle fibers together. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 23, 239 – 241*
- Swatland, H.J. u. Cassens, R.G. (1973):** Observations on the post mortem histochemistry of myofibers from stress-susceptible pigs. *J. Anim. Sci. 37, 858*
- Swatland, H.J. u. Barbut, S. (1995):** Optical prediction of processing characteristics of turkey meat using UV fluorescence and NIR birefringence. *Food Res. Int. 28, 1–8*
- Trojan, M. u. Niewiarowicz, A. (1971):** Blasses, weiches und exsudatives Fleisch (PSE-Fleisch) bei Hühnern. *Food Sci. Technol., Abstr. 3, 1490*
- Troeger, K. (1990):** Schlachten: Tierschutz und Fleischqualität. Gegenwärtige Praxis – Welche Forderungen sind zu stellen? *Fleischwirtschaft 70, 266 - 272*
- Troeger, K.; v. Lengerken, G.; Branscheid, W. (1998):** Schlachtiertransport *In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Hrsg. W. Branscheid, K.O. Honikel, G. v. Lengerken, K. Troeger, Band 1, Dt. Fachbuchverlag, Frankfurt am Main, 340 - 362*
- Troeger, K. u. Woltersdorf, W. (1988):** Die Messung der Stressbelastung des Schweines während der Schlachtung. *Fleischwirtschaft 68, 249 - 254*
- Troeger, K. u. Woltersdorf, W. (1989):** Elektrobetäubung und Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Fleischwirtschaft 69, 1210 - 1218*
- Uijtenboogaart, T.G. (1991):** Post mortem processing factors and poultry meat quality. *Quality of Poultry Products. 1. Poultry Meat. Spelderholt Jubilee Symposia, Doorwerth, The Netherlands*

- Vanderstoep, J. u. Richards, J.F. (1974):** Post mortem glycolytic and physical changes in turkey breast muscle. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 7, 120 - 124
- Warriss, P.D.; Brown, S.N.; Adams, S.J.M. (1991):** Use of the Tecpro Pork Quality Meter for assessing meat quality on the slaughterline. *Meat Sci.* 30, 147 – 156
- Wähaus, E. (1982):** Transportverluste und Fleischqualitätsmängel beim Schwein in Abhängigkeit vom Wetter, Transportmittel und Fütterungszeitpunkt vor dem Transport. *Diss. Berlin*
- Wakefield, D.K.; Dransfield, E.; Down, N.F.; Taylor, A.A. (1989):** Influence of post- mortem treatments on turkey and chicken meat texture. *Int. J. Food Sci. Technol.* 14, 81 - 92
- Wheeler, B.R.; McKee, S.R.; Matthews, N.S.; Miller, R.K.; Sams, A.R. (1999):** A Halothane Test to Detect Turkeys Prone to Developing Pale, Soft, and Exudative Meat. *Poultry Sci.* 78, 1634 - 1638
- Wilson, B.W.; Nieberg, P.S.; Buhz, R.J.; Kelly, B.J.; Scholtz, F.T. (1990):** Turkey muscle growth and focal myopathy. *Poultry Sci.* 69, 1553 - 1562
- Wicke, M. (1989):** Einfluss einer divergenten Selektion nach Merkmalen der Muskelstruktur des M. longissimus dorsi auf die Belastungsempfindlichkeit und die Schlachtkörperqualität des Schweines. *Diss. Leipzig*
- Wicke, M.; v. Lengerken, G.; Maak, S.; Fiedler, I. (1993):** Vorhersage von PSE-Fleisch mittels biochemischer und morphologischer Merkmale der Skelettmuskulatur am lebenden Schwein. *Archiv Tierzucht* 36, 631 – 638
- Wicke, M.; Hahn, G.; Maak, S.; v. Lengerken, G. (2000):** Physiologische Grenzen des Wachstums bei Schweinen und Geflügel – auch ein Problem nachhaltiger Fleischerzeugung. *Kulmbacher Reihe, Bd. 17*, 70 - 88
- Wicke, M.; Gellerich, F.-N.; Greb, N.; v. Lengerken, G.; Zierz, S. (2000):** Oxygraphische Untersuchungen der Mitochondrienfunktionen. *Fleischwirtschaft* 80, 78 - 81
- Wicke, M.; Opalka, J.R.; Gellerich, F.N.; Zierz, S.; v. Lengerken, G. (2000):** Influence of mitochondrial function on growth and meat quality in turkey. *In: Proc. 46th International Congress of Meat Science and Technology Buenos Aires, Argentina, Vol. 1*, 110 - 111
- Wight, P.A.L.; Siller, W.G.; Martindale, L.; Filshire, J.H. (1979):** The induction by muscle stimulation of a deep pectoral myopathy in the fowl. *Avian Pathol.* 8, 115 – 121
- Wight, P.A.L. u. Siller, W.G. (1980):** Pathology of deep pectoral myopathy of broilers. *Vet. Pathol.* 17, 29 – 39

- Wilson, B.W.; Nieberg, P.S.; Buhr, R.J.; Kelly, B.J.; Sholtz, F.T. (1990):** Turkey muscle growth and focal myopathy. *Poltry Sci.* 69, 1553 – 1562
- Wirth, F. (1978):** pH-Wert und Fleischwarenherstellung. *Fleischwirtschaft* 58, 1458 - 1468
- Wirth, F.; Böhm, H. u. Salzinger, G. (1976):** Technologie bei DFD-Fleisch. *Fleischwirtschaft* 56, 988 - 994
- Wiskus, J.; Addis, P.B. u. Ma, R.T. (1976):** Distribution of  $\beta$ R-,  $\alpha$ R- and  $\alpha$ W-fibres in turkey muscles. *Poltry Sci.* 55, 562 – 572

## 10. Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tab. 1: Eigenschaften der Muskelfasertypen	11
Tab. 2: Ergebnisse chemisch-physikalischer Messungen zur Qualität der Geflügelbrustmuskulatur	26
Tab. 3: Prüfmethode zur Erfassung der Fleischqualität im M. pectoralis superf. von Puten	40
Tab. 4: Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen externen Faktoren der 22 Puten-Erzeugungsbetriebe sowie die Trennung der externen Faktoren in 3 Klassen	44
Tab. 5: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Nüchternungszeit in den Schlachthöfen ABC	45
Tab. 6: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Nüchternungszeit im Schlachthof A	46
Tab. 7: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Nüchternungszeit im Schlachthof B	46
Tab. 8: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Nüchternungszeit im Schlachthof C	46
Tab. 9: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Wartezeit in den Schlachthöfen ABC	47
Tab.10: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Wartezeit im Schlachthof A	48
Tab. 11: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Wartezeit im Schlachthof B	48
Tab. 12: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Wartezeit im Schlachthof C	48
Tab. 13: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Transportentfernung in den Schlachthöfen ABC	49
Tab. 14: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Transportentfernung im Schlachthof A	49

Tab. 15:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Transportentfernung im Schlachthof B	50
Tab. 16:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Transportentfernung im Schlachthof C	50
Tab. 17:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Außentemperatur in den Schlachthöfen ABC	51
Tab. 18:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Schlachthof A	51
Tab. 19:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Schlachthof B	51
Tab. 20:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Schlachthof C	52
Tab. 21a:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von den Schlachthöfen ABC	52
Tab. 21b:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität von Puten in Abhängigkeit von den Schlachthöfen ABC	53
Tab. 22a:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in der Putenbrust	54
Tab. 22b:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in der Putenoberkeule	54
Tab. 23a:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom $\text{pH}_{20}$ -Wert der linken Putenbrust	55
Tab. 23b:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom $\text{pH}_{20}$ -Wert der linken Putenbrust	56
Tab. 23c:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Fleischfarbe, gemessen nach dem kochen, in Abhängigkeit vom $\text{pH}_{20}$ -Wert der linken Putenbrust	56
Tab. 24:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom $\text{pH}_{20}$ -Wert der Putenbrust	56
Tab. 25a:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom $\text{pH}_3$ -Wert der linken Putenbrust	57
Tab. 25b:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom $\text{pH}_3$ -Wert der linken Putenbrust	57

Tab. 25c: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom pH <sub>3</sub> -Wert der Putenbrust	58
Tab. 26a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom LF <sub>3</sub> -Wert der linken Putenbrust	59
Tab. 26b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom LF <sub>3</sub> -Wert der linken Putenbrust	59
Tab. 27: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom LF <sub>3</sub> -Wert der Putenbrust	59
Tab. 28a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom LF <sub>24</sub> -Wert der linken Putenbrust	60
Tab. 28b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom LF <sub>24</sub> -Wert der linken Putenbrust	60
Tab. 29: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom LF <sub>24</sub> -Wert der Putenbrust	60
Tab. 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Minolta-Farbmessung auf der Oberfläche und Anschnittfläche der Putenbrust	61
Tab. 31: Beziehungen zwischen den Messorten Oberfläche und Anschnittfläche der Putenbrust bei der Minolta-Farbmessung	61
Tab. 32a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom L*-Wert der Anschnittfläche der linken Putenbrust	62
Tab. 32b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom L*-Wert der Anschnittfläche der linken Putenbrust	62
Tab. 33: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom L*-Wert der Putenbrust	63
Tab. 34a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom Teilstückgewicht der linken Putenbrust o. Filet	63
Tab. 34b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom Teilstückgewicht der linken Putenbrust o. Filet	63
Tab. 35: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom Teilstückgewicht der Putenbrust	64
Tab. 36a: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom Kochverlust der linken Putenbrust	64
Tab. 36b: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit vom Kochverlust der linken Putenbrust	65

Tab. 37:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit vom Kochverlust der Putenbrust	65
Tab. 38a:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Scherkraft der linken Putenbrust	66
Tab. 38b:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Scherkraft der linken Putenbrust	66
Tab. 39:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Oberkeule in Abhängigkeit von der Scherkraft der Putenbrust	66
Tab. 40a:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Saftigkeit der linken Putenbrust	67
Tab. 40b:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Saftigkeit der linken Putenbrust	67
Tab. 41a:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Saftigkeit der linken Putenbrust	68
Tab. 41b:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Zartheit der linken Putenbrust	68
Tab. 42a:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der sensorischen Gesamtbeurteilung der Putenbrust	68
Tab. 42b:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der sensorischen Gesamtbeurteilung der Putenbrust	68
Tab. 43:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Kategorisierung der gebackenen Putenbrust	69
Tab. 44:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Kategorisierung der gekochten Puten-Oberkeule	70
Tab. 45:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Kategorisierung der gebackenen Puten-Oberkeule	71
Tab. 46:	Trenngenauigkeit der Diskriminanzfunktion (Standard) in den Gruppen Kochverlust und Gesamtbewertung der Sensorik der Puten-Brustproben unter Einbeziehung verschiedener Messparameter	73
Tab. 47:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Putenbrust nach 7-tägiger SB-Lagerung im Vakuumbbeutel	74
Tab. 48:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Putenbrust nach 7-tägiger SB-Lagerung in der Tray-Verpackung	75
Tab. 49:	Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität der Putenoberkeule nach 7-tägiger SB-Lagerung im Vakuumbbeutel	75

Tab. 50: Mittelwerte und Standardabweichungen von Merkmalen der Fleischqualität  
der Putenoberkeule nach 7-tägiger SB-Lagerung in der Tray-Verpackung 75

## 11. Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
Abb. 1: Häufigkeitsverteilung des pH <sub>20</sub> -Wertes im M. pectoralis superf. von Puten (BIG 6)	38
Abb. 2: Häufigkeitsverteilung des Gewichts des M. pectoralis superf. von Puten (BIG 6)	38
Abb. 3: pH <sub>20</sub> -Mittelwerte der Putenbrust im Vergleich zum Messzeitpunkt	39
Abb. 4: Mittlere äußere Kühltemperatur, die auf die Schlachtkörper von Puten p.m. in dem jeweiligen Schlachthof einwirkt	39
Abb. 5: Mittlerer-Kerntemperatur-Verlauf von Schlachtkörpern der Puten in den jeweiligen Schlachthöfen	40

## **Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Halle/Saale, 18.06.2001

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. habil. G. v. Lengerken von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, danke ich für die Überlassung des Dissertationsthemas und die stets freundliche und jederzeit gewährte wissenschaftliche Betreuung.

Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. K. Troeger bei der Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach für die kooperative Zusammenarbeit dieser, im Rahmen einer industriellen Gemeinschaftsforschung über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie geförderten Forschungsprojektes angefertigten Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. M. Wicke von der Georg-August-Universität Göttingen als meinem Betreuer für die jederzeit gewährte Unterstützung, die wertvollen Anregungen, kritischen Hinweise und die Unterstützung bei der Schriftlegung dieser Dissertation.

Ferner gilt mein Dank Frau L. Baraulja, Frau S. Höpfl, Frau G. Rochholz und weiteren Angestellten der Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach, die mir bei der Erhebung der Messdaten behilflich waren.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei Herrn Seidl, Frau Donnerbauer, Herrn Willenborg, Herrn Johannmeier, Herrn Wiegmann und weiteren Angestellten der drei Untersuchungsbetriebe für die kooperative Zusammenarbeit bei der Bereitstellung von Versuchstieren und der Versuchsdurchführung danken.

# Lebenslauf

Name: Enrico, Taubert

geboren: 11.11.1971

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: ledig

**Schulbildung:** 1978 – 1986 Oberschule Frankenhain  
1986 – 1988 POS Geithain

**Ausbildung:** 1988 – 1990 Ausbildung zum Facharbeiter für Fleisch- Be- und  
Verarbeitung, Konsum Fleischverarbeitungsbetrieb  
Altenburg BT Geithain  
1993 Lehrgang zum Fleischerhandwerksmeister,  
Frankfurt/Main  
1994 IHK-Ausbildung zum Groß- und  
Außenhandelskaufmann, Neumühle

**Zivildienst:** 1994 – 1995 Kreis-Krankenhaus Borna

**Studium:** 1995 – 1998 Student an der Fachhochschule Lippe in Lemgo  
Studiengang Lebensmitteltechnologie  
Abschluss: Diplom-Ingenieur (FH)  
seit 2000 Promotionsstudent an der Martin-Luther-  
Universität Halle Wittenberg, Institut für Tierzucht  
und Tierhaltung mit Tierklinik

**Berufliche Tätigkeiten:** 1990 – 1991 Zerleger am Band im Ausbildungsbetrieb  
1991 – 1993 Prießnitzer Fleisch und Wurstwaren GmbH  
- 1991 – 1992 Zerleger  
- 1992 – 1993 Betriebs- und Produktionsleiter  
1994 Warenbereichsleiter Fleisch/Wurst bei Kaufland  
Warenhandel GmbH & Co KG, Mittweida  
1998 – 2000 Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach  
- 1998 Fleischermeister  
- 1998 – 2000 Dipl. Ing. (FH) mit dem  
Forschungsvorhaben „Putenfleischqualität“