

Aus dem Institut für
Hygiene und Technologie der Lebensmittel
tierischen Ursprungs der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. A. Stolle

**Studie über den Phosphatgehalt im Kochschinken –
Einfluss des Ausgangsmaterials und der Technologie**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Andreas Hermann Murf
aus Berchtesgaden

München 2008

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Referent: Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. Stolle

Koreferent: Univ.-Prof. Dr. Kienzle

Tag der Promotion: 08. Februar 2008

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------|
| Inhaltsverzeichnis..... | I-III |
| Abkürzungsverzeichnis | IV-VI |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Literatur..... | 2 |
| 2.1 Fleisch | 2 |
| 2.1.1 Definition | 2 |
| 2.1.2 Aufbau der Muskulatur | 3 |
| 2.1.2.1 Morphologischer Aufbau | 3 |
| 2.1.2.2 Chemische Zusammensetzung | 6 |
| 2.1.3 Phosphate in der Muskulatur..... | 9 |
| 2.1.3.1 Synthese des ATPs..... | 9 |
| 2.1.3.2 Abbau des ATPs..... | 11 |
| 2.1.3.3 Vorkommen von Phosphatverbindungen in der Muskulatur | 12 |
| 2.1.3.4 Postmortale Veränderungen der Phosphatverbindungen | 13 |
| 2.1.4 Postmortale Vorgänge in der Muskulatur | 14 |
| 2.1.4.1 Rigor mortis..... | 14 |
| 2.1.4.2 Fleischreifung..... | 16 |
| 2.1.5 Abweichungen in der Fleischqualität..... | 18 |
| 2.1.5.1 PSE | 19 |
| 2.1.5.2 DFD | 20 |
| 2.1.5.3 Hampshire Faktor..... | 21 |
| 2.1.5.4 Weitere Abweichungen in der Fleischqualität | 21 |
| 2.1.5.5 Faktoren mit Einfluss auf die Fleischqualität..... | 21 |
| 2.2 Kochschinken | 24 |
| 2.2.1 Definition | 24 |
| 2.2.2 Qualitätsprodukt | 25 |
| 2.2.3 Herstellung von Kochschinken | 26 |
| 2.2.3.1 Fleischauswahl | 26 |
| 2.2.3.2 Herstellungsverfahren | 27 |
| 2.2.3.3 Zusatzstoffe | 31 |
| 2.2.3.3.1 Nitritpökelsalz | 32 |

| | |
|---|----|
| 2.2.3.3.2 Ascorbat und Isoascorbat | 32 |
| 2.2.3.3.3 Salze der Genusssäuren..... | 33 |
| 2.2.3.3.4 Carragen | 33 |
| 2.2.3.3.5 Enzyme | 33 |
| 2.2.4 Phosphat im Kochschinken | 34 |
| 2.2.4.1 Rechtliche Grundlagen..... | 35 |
| 2.2.4.2 Wirkung der Phosphate | 36 |
| 2.2.4.2.1 Chemische Wirkung..... | 36 |
| 2.2.4.2.2 Technologische Wirkung | 37 |
| 2.2.4.2.3 Einfluss auf die Haltbarkeit..... | 39 |
| 2.2.4.3 Phosphatabbau im Kochschinken..... | 39 |
| 2.2.5 Die P-Zahl | 39 |
| 2.2.5.1 Definition P-Zahl..... | 39 |
| 2.2.5.2 Richtwert | 40 |
| 2.2.5.3 P-Zahl im Nativfleisch | 41 |
| 2.2.5.4 P-Zahl bei der Kochschinkenherstellung | 42 |
| 3 Eigene Untersuchungen..... | 45 |
| 3.1 Material | 45 |
| 3.1.1 Untersuchung des Nativmaterials..... | 45 |
| 3.1.2 Untersuchung der Kochschinken zu verschiedenen Produktionsstufen..... | 48 |
| 3.1.2.1 Industrielle Produktion..... | 49 |
| 3.1.2.1.1 Produktionsablauf..... | 49 |
| 3.1.2.1.2 Probennahme | 54 |
| 3.1.2.1.3 Untersuchung weiteren Probenmaterials..... | 55 |
| 3.1.2.2 Handwerkliche Produktion..... | 55 |
| 3.1.2.2.1 Produktionsablauf..... | 55 |
| 3.1.2.2.2 Probennahme | 57 |
| 3.1.3 Untersuchung des Referenzmaterials | 58 |
| 3.2 Methoden..... | 58 |
| 3.2.1 Probenvorbereitung | 59 |
| 3.2.2 pH-Wert..... | 59 |
| 3.2.3 Wasser | 60 |
| 3.2.4 Asche | 60 |
| 3.2.5 Rohprotein..... | 60 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.2.6 | P ₂ O ₅ -Gehalt | 61 |
| 3.2.7 | P-Zahl | 61 |
| 4 | Ergebnisse | 62 |
| 4.1 | Beschreibung der statistischen Begriffe und Abkürzungen | 62 |
| 4.2 | Fleischproben verschiedener Schweinerassen | 63 |
| 4.3 | Gesamtes Probenkollektiv des Nativfleisches (n = 230)..... | 65 |
| 4.4 | Kochschinken während der Produktion | 71 |
| 4.4.1 | Variante 1 | 71 |
| 4.4.2 | Variante 2 | 73 |
| 4.4.3 | Variante 3 | 74 |
| 4.4.4 | Variante 4 | 75 |
| 4.4.5 | Vergleich der Varianten | 76 |
| 4.4.6 | Sonstige Daten bei der Kochschinkenherstellung..... | 84 |
| 4.5 | Referenzmaterial | 84 |
| 4.6 | Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse..... | 85 |
| 5 | Diskussion | 86 |
| 5.1 | Problemstellung..... | 86 |
| 5.2 | Der pH-Wert im Verarbeitungsfleisch | 87 |
| 5.3 | Die P-Zahl im Ausgangsmaterial | 89 |
| 5.4 | Abhängigkeit der P-Zahl von der Herstellungstechnologie | 91 |
| 5.5 | Abhängigkeit des Phosphatgehalts von der Herstellungstechnologie..... | 94 |
| 5.6 | Beibehaltung der P-Zahl..... | 95 |
| 6 | Schlussfolgerungen | 98 |
| 7 | Zusammenfassung | 99 |
| 8 | Summary | 100 |
| 9 | Verzeichnisse | 101 |
| 9.1 | Literaturverzeichnis..... | 101 |
| 9.2 | Abbildungsverzeichnis | 129 |
| 9.3 | Tabellenverzeichnis..... | 130 |
| | Danksagung | 131 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------------------|--|
| Abb. | Abbildung |
| ABl. | Amtsblatt |
| ADP | Adenosindiphosphat |
| Änd. | Änderung |
| ÄndRL | Änderungsrichtlinie |
| ÄndVO | Änderungsverordnung |
| AMP | Adenosinmonophosphat |
| Anl. | Anlage |
| Art. | Artikel |
| ATP | Adenosintriphosphat |
| AVV | Allgemeine Verwaltungsvorschrift |
| a_w | activity water (= Wasseraktivität) |
| BEFFE | Bindegewebeweißfreies Fleischeiweiß |
| BGBl. | Bundesgesetzblatt |
| bzw. | beziehungsweise |
| °C | Grad Celsius |
| ca. | circa |
| Ca ²⁺ | Kalzium-Ion |
| cm | Zentimeter |
| CO ₂ | Kohlendioxid |
| DCB | dark cutting beef |
| DFD | dark firm dry |
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| DLG | Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft |
| EG | Europäische Gemeinschaft |
| EFSA | Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit |
| EN | Europäische Norm |
| et al. | und andere |
| EU | Europäische Union |
| EWG | Europäische Wirtschaftsgemeinschaft |
| FADH ₂ | Flavinadenindinukleotid |

| | |
|-----------------------|--|
| FE | Fleischeiweiß |
| FleischV | Fleischverordnung |
| g | Gramm |
| G. | Gruppe |
| GDCh | Gesellschaft deutscher Chemiker |
| GDP | Guanosindiphosphat |
| GLP | Gute Laborpraxis |
| GTP | Guanosintriphosphat |
| h | Stunde |
| H ⁺ | Wasserstoff-Ion |
| HCl | Salzsäure |
| H ₂ O | Wasser |
| H ₂ O / FE | Wasser-Eiweißverhältnis |
| i.d.F. | in der Fassung |
| IMP | Inosinmonophosphat |
| ISO | Internationale Organisation für Normung |
| kg | Kilogramm |
| kJ | Kilojoule |
| l | Liter |
| LFGB | Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch |
| LMKV | Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung |
| m | Meter |
| M | Median |
| M. | Musculus |
| Max | Maximalwert |
| mg | Milligramm = 10^{-3} Gramm |
| MHS | Malignes Hyperthermie Syndrom |
| Min | Minimalwert |
| mol | Mol (= Basiseinheit der Stoffmenge) |
| n | Anzahl |
| NADH | Nukleotidamidadenindinukleotid |
| NaNO ₂ | Natriumnitrit |
| n. d. | nicht durchgeführt |
| nm | Nanometer = 10^{-9} Meter |

| | |
|-------------------------------|---|
| N.N. | non nominatus |
| NN | homozygot MHS negativ |
| Nr. | Nummer |
| OECD | Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung |
| PFN | pale, firm, not exudative |
| pH-Wert | negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration |
| pH ₁ | pH-Wert 45 Minuten p.m. |
| pH ₂₄ | pH-Wert 24 Stunden p.m. |
| p.m. | post mortem |
| P | Phosphat |
| PO ₄ ³⁻ | Phosphat-Ion |
| P ₂ O ₅ | Phosphorpentoxid |
| PP | homozygot MHS positiv |
| PSE | pale, soft, exudative |
| QM | Qualitätsmanagement |
| RN | Rendement Napole, dominantes Schadgen („Hampshirefaktor“) |
| RP | Rohprotein |
| RSE | reddish, soft, exudative |
| RL | Richtlinie |
| s | Standardabweichung |
| s. | siehe |
| S. | Seite |
| Tab. | Tabelle |
| usw. | und so weiter |
| VO | Verordnung |
| \bar{x} | Mittelwert |
| z.B. | zum Beispiel |
| ZVerkV | Zusatzstoff-Verkehrsverordnung |
| ZZulV | Zusatzstoff-Zulassungsverordnung |
| µm | Mikrometer = 10^{-6} Meter |
| ø | durchschnittlich |

1 Einleitung

Der Kochschinken gilt in Deutschland als hochwertiges Produkt, wobei im Alltag Kochschinken wie Rohschinken als Schinken bezeichnet werden. Beide zur Gruppe der Pökelwaren gehörenden Koch- sowie Rohschinken werden gerne vom deutschen Verbraucher verzehrt. Kochschinken ist aufgrund seines geringen Fettanteils das Trendprodukt der letzten Jahre. Jeder Deutsche hat im Jahre 2004 durchschnittlich 30,8 kg Wurst- und Fleischerzeugnisse konsumiert. Dabei entfielen auf den Schinken 4,9 kg pro Kopf, wovon 2,75 kg den Kochschinkenerzeugnissen zuzurechnen waren. Dies bedeutet einen Anteil von 16,1 % der gesamten Verzehrsmenge an Fleisch- und Wurstwaren, der im Vergleich zum Vorjahr angestiegen ist. Zwei Drittel dieser Kochschinken werden als verpackte Ware im Rahmen der Selbstbedienung verkauft. Dem deutschen Verbraucher scheint Qualität diesbezüglich nicht sehr wichtig zu sein, da er aus Preisgründen lieber zu günstigeren Produkten greift, als einen teuren Schinken zu kaufen, bei dem aus 100 kg Fleisch lediglich 85 kg Schinken entstehen würden.

Diese preisorientierte Tendenz lässt für den Kochschinkenhersteller immer weniger Spielraum übrig, ein qualitativ hochwertiges Produkt herzustellen. In der Kochschinkenproduktion wird folglich durch technologische Maßnahmen versucht, Produktionsverluste zu verhindern und die Ausbeute zu erhöhen. Ein legales Mittel, um die Ausbeute im Kochschinken zu erhöhen, ist die Zugabe von Zusatzstoffen wie Phosphat, solange der Zusatz auf der Verpackung kenntlich gemacht wird. Einige Kochschinkenproduzenten haben jedoch verstanden, dass „mit Phosphat“ deklarierte Produkte beim Verbraucher weniger Akzeptanz finden. Sie versuchen deshalb, der Kennzeichnungspflicht zu entgehen, indem sie die technologischen und analytischen Grenzen des Phosphatzusatzes widersinnig ausschöpfen.

In dieser Studie wurden verschiedene Kochschinkentypen und unterschiedliche Ausgangsmaterialien aus verschiedenen süddeutschen Betrieben auf ihre P-Zahl, welche in der Lebensmittelanalytik dem Nachweis eines Phosphatzusatzes dient, untersucht. Es sollte in diesem Zusammenhang geklärt werden, welche Faktoren auf die P-Zahl und deren Höhe Einfluss haben. Hierfür sind Ausgangsmaterialien verschiedener Schweinerassen und unterschiedliche Kochschinkentypen, die mittels verschiedener technologischer Verfahren hergestellt wurden, analysiert worden.

2 Literatur

2.1 Fleisch

Bevor auf die Problematik der P-Zahl bzw. des Phosphatgehalts im Kochschinken eingegangen werden kann, muss das Ausgangsmaterial, nämlich das „Fleisch“, eingehend besprochen werden. Dies ist für das Verständnis gewisser Sachverhalte von entscheidender Bedeutung, da das Ausgangsmaterial auf Technologie und die Qualität des Endproduktes „Kochschinken“ Einfluss nimmt. Bei der Kochschinkenherstellung wird als Ausgangsmaterial Fleisch aus dem Schweineschlegel benutzt.

2.1.1 Definition

Der genaueren Betrachtung des Ausgangsmaterials Fleisch ist zunächst eine Definition dieses Begriffes voranzustellen. Begriffsbestimmungen zu Fleisch finden sich im Deutschen Lebensmittelrecht an mehreren Stellen, wobei der Begriff „Fleisch“ unterschiedlich definiert wird. In der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 (VO) wird in Anhang 1 Nr. 1.1 der Begriff Fleisch wie folgt sehr allgemein definiert: „Fleisch sind alle genießbaren Teile, der in Nummer 1.2 bis 1.8 genannten Tiere, einschließlich Blut.“ Dazu zählen „Huftiere“ wie Rind, Schwein, Schaf, Ziege und als Haustiere gehaltene Einhufer, „Geflügel“, „Hasentiere“, „frei lebendes Wild“, „Farmwild“, „Kleinwild“ und Großwild“.

Die Richtlinie (RL) 2000/13/EG definiert „Fleisch“ auf konkretere Weise. Laut Richtlinie ist Fleisch „für den menschlichen Verzehr geeignete Skelettmuskulatur von Tieren der Spezies „Säugetiere“ und „Vögel“ mit anhaftendem und eingelagertem Begleitgewebe (Fett-, Binde-, Nerven-, lymphatisches Gewebe, Gefäße) einschließlich der Kaumuskulatur und des Zwerchfells“. Ähnlich definiert die Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung in Anlage 1 (LMKV, 1999) denselben Bergriff. Für diese Verordnung stellt Fleisch „die Skelettmuskeln von Tieren der Arten „Säugetiere“ und „Vögel“, die als für den menschlichen Verzehr geeignet gelten, mitsamt dem wesensgemäß darin eingebetteten oder damit verbundenen Gewebe [...]“ dar.

Ergänzend zu den rechtlich festgelegten Definitionen ist auch die allgemeine Verkehrsauffassung von Bedeutung. So versteht man unter „Fleisch“ laut Nr. 1 der LEITSÄTZE FÜR FLEISCH und FLEISCHERZEUGNISSE (N.N., 2003 a) „[...] alle Teile von geschlachteten oder erlegten warmblütigen Tieren, die zum Genuss für den Menschen bestimmt sind.“ Diese

Definition ist wiederum etwas allgemeiner gefasst. Sie wird gleich in der Nr. 1.1 der Leitsätze in ihrer Bedeutung konkretisiert. Nach Nr. 1.1 versteht man „bei der gewerbsmäßigen Herstellung von Fleischerzeugnissen unter „Fleisch“ nur Skelettmuskulatur mit anhaftendem oder eingelagertem Fett- und Bindegewebe sowie eingelagerten Lymphknoten, Nerven, Gefäßen und Schweinespeicheldrüsen“.

Der Verbraucher hingegen versteht unter „Fleisch“ das Muskelfleisch mit anhängendem Fettgewebe (HONIKEL und SCHWÄGELE, 2007). Als Verbraucher wird der Konsument, der am Ende der Produktionskette von Waren und Dienstleistungen steht, gesehen (N.N., 2007 c). Die konkrete Vorstellung des Verbrauchers weicht somit zumindest teilweise von der rechtlichen Definition des Begriffs „Fleisch“ ab.

2.1.2 Aufbau der Muskulatur

Der Aufbau der Muskulatur beeinflusst die Qualität und die Technologie des Fleisches und der daraus hergestellten Erzeugnisse. Dabei ist entscheidend zu wissen, wie die Muskulatur morphologisch und chemisch grundlegend aufgebaut ist, und vor allem in welchen Mengen die Grundbestandteile des Fleisches vorliegen. Auf diesen Punkt muss ausführlich eingegangen werden, da Fleisch die Grundlage der Kochschinkenproduktion ist.

2.1.2.1 Morphologischer Aufbau

Die Skelettmuskulatur zeichnet sich durch ihren strengen hierarchischen Aufbau aus. Jeder Muskel wird von einer Faszie umgeben, die sich an beiden Seiten in eine Sehne verjüngt, welche am Knochengerüst ansetzt (HONIKEL, 2003 a). Die Bindegewebshaut um den Muskel wird als Epimysium bezeichnet, welche unter der Faszie liegt und mit ihr in enger Verbindung steht. Von dieser Muskelhaut aus ziehen Bindegewebsssepten in den Muskel hinein, welche als Perimysium externum beschrieben werden und die Sekundärmuskelfaserbündel umgeben. Innerhalb eines solchen Sekundärfaserbündels befinden sich viele Primärbündel, die durch ein Perimysium internum voneinander getrennt werden. Zwischen den einzelnen Faserbündeln verlaufen im Perimysium Blutgefäße und Nerven. Das Primärbündel wird aus vielen einzelnen Muskelzellen aufgebaut, welche vom Endomysium umhüllt werden (PRÄNDL, 1988 a; WICKE et al., 2007; SIELAFF, 1996).

Diese Muskelzellen werden auch als Muskelfaser bezeichnet und weisen einen **speziellen Zellaufbau** auf. Dabei handelt es sich bei quergestreifter Muskulatur um eine langgestreckte Zelle mit vielen peripher liegenden Kernen und einem weit verzweigten membranartigen sar-

toplasmatischen Retikulum. Die Muskelzelle hat einen Durchmesser zwischen 10 und 100 μm und wird bis zu 15 cm lang (NELSON und COX, 2001; SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001). Die einzelnen Fasern werden vom extrazellulären Raum umgeben. Die Muskelfaser besteht aus den Myofibrillen, der Hülle (Sarkolemm), den Zellkernen und dem Sarkoplasma (HAMM, 1963). In dieser Zellflüssigkeit (Sarkoplasma) befinden sich weitere Zellorganellen wie z.B. die Mitochondrien.

Die Myofibrillen, die ebenfalls als Bestandteil der Zelle mit der Ursprungs- und Ansatzsehne des Muskels verbunden sind, bestehen aus dicken und dünnen Filamenten und sind längs der Faserrichtung angeordnet. Sie werden durch die sogenannten Z-Scheiben in ca. 2 μm lange Bereiche, sogenannte **Sarkomere**, unterteilt, welche in regelmäßiger Abfolge sich aneinander hängen und das typisch gestreifte Aussehen der Muskulatur bewirken (SIELAFF, 1996). Bei den Filamenten der Myofibrillen handelt es sich bei den dicken um Myosin-Filamente und bei den dünnen um Aktin-Filamente. Sechs Aktin-Filamente umgeben immer ein Myosin-Filament und bilden ein hexagonales Gerüst aus. Der Bereich im Sarkomer, in dem nur Aktin-Filamente zu sehen sind, welche nicht vom Myosin überlagert werden, wird als helle I-Bande bezeichnet, die im polarisierenden Licht dunkel erscheint. Die dunkle A-Bande beschreibt den Bereich über die ganze Myosin-Filamentlänge einschließlich des Bereiches, in dem sich Aktin und Myosin überlagern und im polarisierenden Licht aufleuchten. In der H-Zone, welche sich in der Mitte der A-Bande befindet, ist nur das Myosin-Filament zu sehen (HAMM, 1981). Diese H-Zone wird mittig von der M-Scheibe getrennt, welche senkrecht zum Myosin steht und das M-Protein beinhaltet. Dabei handelt es sich bei diesem Stützprotein um das Titin oder Connectin (SCHWÄGELE, 2003). Diese Banden sind mikroskopisch aufgrund ihrer Dichteunterschiede gut zu erkennen und verschieben sich bei einer Muskelkontraktion gegeneinander. Der Aufbau des Sarkomers ist bei allen Säugetieren in der quergestreiften Muskulatur gleich und wiederholt sich entlang der ganzen Muskelfaser mit folgender Segmentfolge Z-I-A-H-M-H-A-I-Z (SZENTKUTI und EHRLEIN, 2000). Dieser Grundaufbau der quergestreiften Muskulatur wird in Abbildung 1 dargestellt, welche zeigt, wie die einzelnen Filamente angeordnet sind.

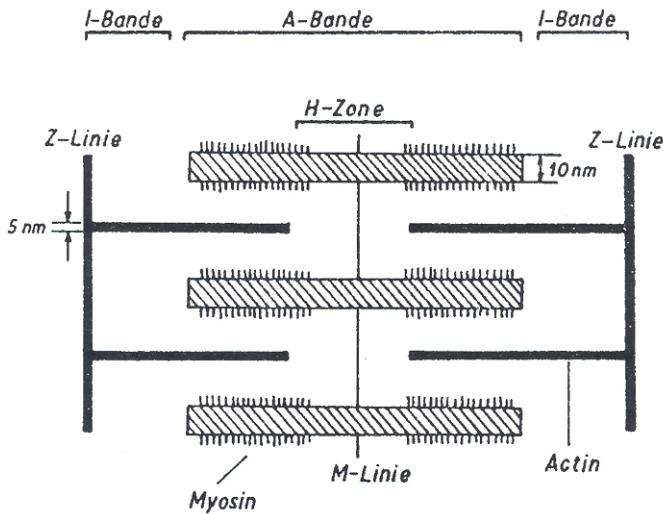


Abbildung 1: Anordnung der Filamente im quergestreiften Muskel (SIELAFF, 1996)

Der grobe Aufbau der wichtigsten Filamente wird im folgenden Teil kurz beschrieben. Das **Aktin-Filament** besteht aus den Proteinen Aktin, Troponin und Tropomyosin. Zweihundert kugelförmige Aktinmoleküle bilden eine Kette. Zwei Ketten werden zu einem Aktin-Filament verdrillt. In der Furche liegen die beiden Regulatorproteine Tropomyosin und Troponin auf. Ein Filament ist 500 nm lang und 5 nm dick und wird in der Z-Scheibe fixiert (KREUTZIG, 2000; BERG et al., 2003).

Das **Myosin-Filament** besteht aus sechs Teilen, zwei Peptid-Helices, den schweren Ketten, die umeinander verdrillt sind und am Ende je einen globulären Kopf und zwei leichte Ketten aufweisen. Dieses Filament ist stabförmig, ca. 1500 nm lang und 10 nm dick. Im Myosin-Kopf befindet sich die ATPase-Aktivität, welche die Verbindung zwischen Aktin und Myosin herstellt und die Kontraktion des Muskels ermöglicht (KREUTZIG, 2000; BERG et al., 2003).

Die Aktin- und Myosin-Filamente nehmen an der Muskelkontraktion eines lebenden Muskels als Hauptbestandteile teil. Das **Grundprinzip der Muskelkontraktion** läuft bei allen Warmblütern gleich ab und wiederholt sich ständig (KLINKE und SILBERNAGEL, 2001). Ein Aktionspotenzial bewirkt die Freisetzung von Ca^{2+} -Ionen, was zur Folge hat, dass sich die Regulatorproteine Troponin und Tropomyosin weiter in die Furchen des Aktin-Filaments zurückziehen und ihre „Blockade“ zwischen Aktin und Myosin nicht mehr aufrecht erhalten können. Somit können zwischen den Aktin- und Myosin-Filamenten Querbrücken aufgebaut werden. Durch die Anwesenheit des Adenosintriphosphats (ATP) als Energielieferant wird

die Myosin-ATPase aktiviert und das Abknicken des Myosinköpfchens unter Energieabgabe ermöglicht. Dabei verschieben sich die Filamente gegeneinander. Für die Trennung des Aktins von dem Myosin wird ebenfalls ATP als Energielieferant benötigt. Erst nach dem Ablösen beider Filamente voneinander und dem Rücktransport des Ca^{2+} in das sarkoplasmatische Retikulum durch die ATP-abhängige Kalziumpumpe kommt es zur Relaxation. Danach ist eine Wiederholung dieses Vorgangs möglich. Durch viele Wiederholungen kommt die Muskelkontraktion zustande (KREUTZIG, 2000; SCHMIDT-NIELSEN, 1999).

Je nachdem, wie die Fasern mit Sauerstoff und Energie versorgt werden und welche Arbeit sie leisten müssen, unterscheiden sie sich. In der Tierwelt haben sich **unterschiedliche Fasertypen** entwickelt; zum einen gibt es die „roten“ Muskeln. Diese Muskelfaser bildet eine S-Einheit (Slow, Typ I) aus, die nur langsam geringe Kräfte entwickelt, aber leicht erregbar ist. Sie besitzt viel Myoglobin, ist gut mit Blutgefäßen versorgt, hat hauptsächlich aeroben Stoffwechsel und ermüdet wenig. Zum anderen haben die „weißen“ Muskeln eine FF-Einheit (fast, fatigable, Typ IIB). Diese ist schwer zu erregen, hat wenig Myoglobin und besitzt Enzyme für die anaerobe ATP-Synthese aus Glukose. Diese Muskelfasern sind schnell, entwickeln starke Kräfte, aber ermüden auch leicht, da sie nur schlecht mit Blut versorgt werden. Ein Muskelfasertyp, der zwischen den beiden Extremen liegt, bildet eine FR-Einheit aus (fast, resistant to fatigue, Typ IIA). Solche Fasern sind rot und besitzen Enzyme zur aeroben und anaeroben Energiegewinnung. Sie sind schnell, entwickeln weniger starke Kräfte und sind ausdauernd. Je nach Ort, Gebrauch und Trainingzustand können sich die Muskelfasern in einen anderen Fasertyp transformieren (SZENTKUTI und EHRLEIN, 2000; SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001). Für die Herstellung von Fleischerzeugnissen ist es wichtig, den Fasertyp zu berücksichtigen. Bei der für die Kochschinkenproduktion verwendeten Muskulatur vom Schweineschlegel handelt es sich um „weiße“ Muskulatur.

2.1.2.2 Chemische Zusammensetzung

Die Skelettmuskulatur macht als wichtiger Bestandteil ca. 40 - 50 % des gesamten Körpergewichts aus (PRÄNDL, 1988 a). Sie ist chemisch gesehen sehr heterogen aufgebaut. Man unterscheidet Makro- und Mikroinhaltsstoffe (ARNETH und MÜNCH, 2007). Bei den Makroinhaltsstoffen stellen Wasser, Fett und Eiweiß die prozentual größten Teile dar, welche vielfältige Aufgaben in der Muskulatur erfüllen.

Die Verfügbarkeit des Wassers ist für das Leben eine elementare Voraussetzung. Es übernimmt dabei viele Funktionen z.B. als Lösungsmittel, Transportvehikel, Wärmepuffer und als

Reaktionspartner oder Endprodukt in vielen chemischen Reaktionen (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001). Proteine übernehmen im Körper ebenfalls viele wichtige Aufgaben. Sie werden grob in Muskelproteine (myofibrilläre und sarkoplasmatische Proteine) und Bindegewebsproteine (Kollagen und Elastin) eingeteilt (SEUSS-BAUM, 2007). Fette dienen als Energiespender und Nahrungsreserve. Verschiedene Fettsäuren sind zudem essentiell als Zellkomponenten (MÜNCH, 2003).

Über die prozentuale Mengenverteilung der Makroinhaltsstoffe gibt es je nach Quellen unterschiedliche Aussagen. Tabelle 1 legt die Spannbreite dieser Angaben dar.

Tabelle 1: Verteilung ausgewählter Makroinhaltsstoffe im Muskel

| Wasser in % | Eiweiß in % | Fett in % | Quelle |
|-------------|-------------|-----------|---------------------|
| 75 | 21 | 1-2 | SEUSS-BAUM, 2007 |
| 72-76 | 21-23 | 2 | HONIKEL a, 2003 |
| 75 | 21,9 | 1,9 | ROGOWSKI, 1981 |
| 76 | 21,5 | 1,5 | BELITZ et al., 2001 |
| 75 | 19 | 2,5 | PRÄNDL, 1988 a |
| 70-75 | 18,5-22 | 4-8 | SIELAFF, 1996 |

Bei genauerer Betrachtung können die Makroinhaltsstoffe weiter untergliedert werden. In Tabelle 2 werden die unterschiedlichen Hauptbestandteile wie Protein und Fett mengenmäßig nach ihrer Struktur in Stoffgruppen eingeteilt. Dabei wird deutlich, dass die myofibrillären Proteine, vor allem das Myosin, den größten Anteil bei den Muskelproteinen einnehmen.

Tabelle 2: Durchschnittliche Zusammensetzung des Skelettmuskels von Säugetieren (% der Frischmasse)
(SIELAFF, 1996)

| Komponente | Gehalt | Komponente | Gehalt |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Wasser | 75,0 (65,0 – 80,0) | stickstoffhaltige Nichteiweiße | 1,5 |
| Protein | 18,5 (16,0 – 22,0) | Kreatin und Kreatinphosphat | 0,5 |
| Myofibrilläre P. | 9,5 | Nucleotide | |
| Myosin | 5,0 | (ATP; ADP usw.) | 0,3 |
| Actin | 0,2 | Freie Aminosäuren | 0,3 |
| Tropomyosin | 0,8 | Peptide (Anserin, Carnosin) | 0,3 |
| Troponin | 0,8 | andere Nichteiweiße | |
| M-Protein | 0,4 | (Kreatin, Urat, IMP, | |
| C-Protein | 0,2 | NAD, NADP) | 0,1 |
| α -Actinin | 0,2 | Kohlehydrate und stickstofffreie | |
| β -Actinin | 0,1 | Substanzen | 1,0 (0,5 – 1,5) |
| Sarkoplasma-P. | 6,0 | Glycogen | 0,8 (0,5 – 1,3) |
| lösliches Sarko- | | Glucose | 0,1 |
| plasma und | | Intermediärprodukte und Produkte | |
| mitochondriale | | des Zellmetabolismus (Hexose- und | |
| Enzyme | 5,5 | Triosephosphate, Milchsäure, | |
| Myoglobin | 0,3 | Citronensäure, Fumarinsäure, | |
| Haemoglobin | 0,1 | Succinatsäure, | |
| Cytochrome und | | Acetoessigsäure usw.) | 0,1 |
| Flavoproteine | 0,1 | anorganische Bestandteile | 1,0 |
| Stroma-P. | 3,0 | Kalium | 0,3 |
| Kollagen und Reticulin | 1,5 | Gesamtphosphor | |
| Elastin | 0,1 | (Org. und anorg. Phosphor) | 0,2 |
| andere unlösliche | | Schwefel | |
| Proteine | 1,4 | (einschließlich Sulfat) | 0,2 |
| Lipide | 3,0 (1,5 – 13,0) | Chlor | 0,1 |
| Neutralfette | 1,0 (0,5 – 1,5) | Natrium | 0,1 |
| Phospholipide | 1,0 | andere (einschl. Magnesium, | |
| Cerebroside | | Calcium, Eisen, Cobalt, Kupfer, | |
| (Glycolipide) | 0,5 | Zink, Nickel, | |
| Cholesterol | 0,5 | Mangan usw.) | 0,1 |

Im Gegensatz zu den Makronährstoffen kommen die Mikronährstoffe nur in geringen Mengen vor. Zu den Mikronährstoffen werden Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente gezählt, die für den Körper eine essentielle Bedeutung haben. Fleischerzeugnisse enthalten reichlich Vitamin A und C sowie B-Vitamine. Sowohl Tabelle 2 als auch Tabelle 3 zeigen, welche dieser Mengen- und Spurenelemente in der Muskulatur in welcher Menge enthalten sind. Natrium, Kalium, Eisen und Zink stellen diesbezüglich die wichtigsten Mengen- und Spurenelemente im Fleisch dar. Neben diesen Stoffen kommen weitere Elemente wie Phosphor, Magnesium, Kupfer, Cobalt, Mangan usw. in der Muskulatur vor (SEUSS-BAUM, 2007).

Tabelle 3: Durchschnittlicher Mineralstoffgehalt des Fleisches von Säugetieren und Geflügel (SIELAFF, 1996)

| Mineralstoff | Gehalt (mg/kg Frischgewebe) |
|--------------|-----------------------------|
| Kalium | 3000 – 4000 |
| Natrium | 450 – 800 |
| Calcium | 50 – 100 |
| Phosphor | 100 – 200 |
| Magnesium | 100 – 250 |
| Eisen | 100 – 250 |
| Chlor | 400 – 700 |
| Zink | 25 – 50 |
| Kupfer | 2 |
| Chrom | 0,3 |
| Fluor | 1 |
| Jod | 0,03 |
| Cobalt | 0,05 |
| Mangan | 0,5 |
| Nickel | 0,1 |
| Molybdän | 1 |
| Selen | 0,8 |

2.1.3 Phosphate in der Muskulatur

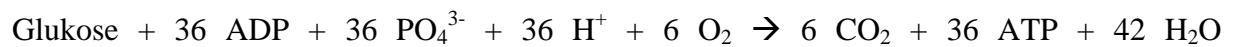
Die Phosphate in der Muskulatur spielen für diese Studie über den Kochschinken und die Phosphat-Zahl (P-Zahl) aus mehreren Gründen eine wichtige Rolle. Zum einen beeinflussen sie je nach Stadium der Fleischreifung die Herstellungstechnologie und zum anderen nehmen sie an vielen enzymatischen Reaktionen Teil oder sind Bestandteil der Zellstruktur. Alle Phosphate werden bei der Gesamtphosphorbestimmung erfasst, woraus schließlich die P-Zahl errechnet wird. Aus diesem Grund muss das natürliche Vorkommen verschiedener Phosphatverbindungen im Körper, insbesondere des ATP, tiefergehend betrachtet werden.

2.1.3.1 Synthese des ATPs

ATP dient dem Körper als zentraler Energieträger, der an vielen aktiven Stoffwechselprozessen im Organismus beteiligt ist und für die Aufrechterhaltung der Lebensprozesse sorgt (BINKE, 2003; LANG, 1961). Eiweiße, Fette und Kohlenhydrate werden über eine Vielzahl enzymatischer Reaktionen letztlich in ATP umgebaut, damit z.B. die Muskulatur mit Energie versorgt werden kann. ATP hat deshalb so eine herausragende Stellung als Energielieferant, da die Triphosphateinheit zwei Phosphorsäureanhydridverbindungen enthält, die beim Abbau sehr viel Energie, nämlich 30,5 kJ/mol, pro Hydrolyse einer dieser Anhydridverbindungen liefern (HONIKEL und SCHWÄGELE, 2007; LATSCHE und KLEIN, 1993). ATP wird auf verschiedene Wege gebildet, wobei die wichtigsten kurz beschrieben werden:

1. ATP-Synthese durch oxidative Phosphorylierung (Atmungskette):

Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße werden bei der Glykolyse, der Fettsäureoxidation (β -Oxidation) und im Citratzyklus zu den energiereichen Reduktionsäquivalenten NADH und FADH_2 abgebaut, welche ihre Energie in der Atmungskette auf das ATP übertragen. Unter der oxidativen Phosphorylierung wird der Elektronentransport über den Aufbau eines Protonengradienten in der Atmungskette verstanden, welcher an die Synthese des ATPs gekoppelt ist (KREUTZIG, 2000). Die oxidative Phosphorylierung findet an der Innenseite der Mitochondrienmembran statt. Dabei liefert die Oxidation von NADH 3 ATP und die Oxidation von FADH_2 2 ATP. Bei der Glukoseoxidation ergibt sich folgende Gesamtreaktion, wobei 36 ATP aus dem Abbau eines Glukosemoleküls entstehen (NELSON und COX, 2001; BERG et al., 2003):



2. ATP-Synthese durch Substratkettenphosphorylierung:

Bei der Substratkettenphosphorylierung entsteht eine energiereiche Verbindung durch die Bindung anorganischen Phosphates, wie es in der Glykolyse und dem Citratzyklus vor kommt. Durch Abspaltung dieses Phosphats kann aus ADP ATP oder aus GDP GTP gewonnen werden (NELSON und COX, 2001; BERG et al., 2003). Eine Substratketttenphosphorylierung kommt z.B. bei folgenden Reaktionen vor:

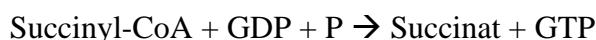
a. 3-Phosphoglyceratkinasereaktion (Glykolyse)



b. Pyruvat-Kinase-Reaktion (Glykolyse)



c. Succinatthiokinase-Reaktion (Citratzyklus)



3. ATP-Synthese aus Kreatininphosphat:

In einem lebenden Muskel befinden sich ca. 5 μmol ATP/g. Diese geringe Menge reicht im quergestreiften Muskel für 6-10 Kontraktionen. ATP strömt nicht aus dem

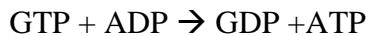
Extrazellulärraum nach. Um eine längere Muskeltätigkeit zu gewährleisten, muss ATP resynthetisiert werden. Dem Wirbeltiermuskel steht dafür das energiereiche Kreatininphosphat zur Verfügung. Kreatininphosphat ist ein rasch verfügbarer Hintergrundspeicher (25 µmol/g), der ohne Sauerstoffverbrauch und ohne Laktat-Bildung für die ATP-Synthese benutzt werden kann (KLINKE und SILBERNAGEL, 2001):



Post mortem fällt die Kreatininphosphat-Konzentration innerhalb weniger Stunden ab, wenn kein ATP über oxidative Prozesse mehr nachgebildet wird (BELITZ et al., 2001).

4. ATP-Synthese aus Guanosintriphosphat:

Das GTP, welches in der Succinatthiokinase-Reaktion (Citratzyklus) gebildet wird, überträgt dabei eine Phosphorylgruppe an ein ADP. Diese Reaktion wird durch die Nukleosiddiphosphat-Kinase katalysiert (NELSON und COX, 2001; BERG et al., 2003):



5. ATP-Synthese durch die Adenylat-Kinase-Reaktion:

Diese Reaktion findet während heftiger Muskelkontraktionen statt, bei denen viel ADP gebildet wird. Diese große Menge ADP stört die ATP-abhängige Kontraktion. Die Adenylat-Kinase entfernt ADP mit folgender Reaktion (NELSON und COX, 2001; BERG et al., 2003):



2.1.3.2 Abbau des ATPs

ATP wird in zahlreichen Reaktionen als Energielieferant verbraucht:

1. Muskelkontraktion

Bei der Muskelkontraktion wird, wie oben erwähnt, ATP verbraucht, um die Wasserstoffbrücken zwischen den Aktin- und Myosin-Filamenten zu lösen, die bei der Muskelkontraktion entstehen (SCHMIDT-NIELSEN, 1999).

2. Glykogen- und Glukoseabbau

Für den Abbau des Glykogens oder der Glukose wird an verschiedenen Stellen ATP als Energielieferant benötigt. Viele regulierende und einleitende Enzyme werden durch ATP aktiviert (NELSON und COX, 2001; BERG et al., 2003):

- a. Glukose + ATP \rightarrow Glukose-6-Phosphat + ADP (Glykolyse)
- b. Fruktose-6-Phosphat + ATP \rightarrow Fruktose-1,6-biphosphat + ADP (Glykolyse)
- c. Glykogen + ATP \rightarrow „Rest-Kette“ + Glukose-6-Phosphat + ADP (Glykogenolyse)

3. Weiterer ATP-Abbau

Für die Aktivierung der Transport-ATPase wird Energie benötigt, um den aktiven Transport von Ionen zwischen den einzelnen Zellkompartimenten zu gewährleisten. Diese Energie liefert wiederum das ATP. Neben dem Kohlenhydratabbau wird ATP in vielen anderen lebenswichtigen Reaktionen verbraucht, vor allem wenn aus einfachen Molekülen komplexe Verbindungen entstehen sollen, wie es bei der Biosynthese der Kohlenhydrate, Lipide, Aminosäuren, Proteine usw. der Fall ist (NELSON und COX, 2001; BERG et al., 2003).

2.1.3.3 Vorkommen von Phosphatverbindungen in der Muskulatur

Phosphat ist ein Salz der Phosphorsäure und besteht aus vier Sauerstoff-Atomen und einem Phosphor-Atom. Da die Phosphorbestimmung in der Lebensmittelüberwachung über das Phosphorpentoxid (P_2O_5 = Phosphat) läuft, werden beide Ausdrücke in der Literatur benutzt. Phosphor kann mittels eines definierten Faktors in Phosphat umgerechnet werden und umgekehrt (s. 2.2.5.1). Phosphatverbindungen kommen in geringer Menge in der Muskulatur vor. Phosphor liegt beispielsweise in der Schweineoberschale in einer Menge zwischen 100 und 223 mg/100 g vor (SOUICI et al., 2000). In einem Rindermuskel sind 0,3 - 0,55 % Phosphat enthalten (BELITZ et al., 2001). Phosphat ist nicht nur bei ATP und anderen energiereichen Verbindungen wichtig, sondern übernimmt auch andere Funktionen im Organismus. Das Phosphat bildet z. B. mit der Desoxyribose das Rückrat der DNS (BERG et al., 2003). Bei einer Untersuchung über frisches Kaninchenfleisch wurde auf die unterschiedlichen Phos-

phatverbindungen und ihre Mengenanteile eingegangen. Dabei wurde, wie in Tabelle 4 dargestellt, auch ermittelt, welche Phosphatverbindungen sich in der Menge zwischen dem lebenden Muskel und dem Post-Rigor-Muskel unterscheiden (BELITZ et al., 2001).

Tabelle 4: Postmortale Konzentrationsänderung bei einigen Phosphatverbindungen (modifiziert: BELITZ et al., 2001)

| | Lebender Muskel (µmol/g) | Post-Rigor-Muskel (µmol/g) |
|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Gesamter säurelöslicher Phosphor | 68 | 68 |
| Anorganisches Phosphat | <12 | >48 |
| Adenosintriphosphat | 9 | <1 |
| Adenosindiphosphat | 1 | <1 |
| Inosinmonophosphat | <1 | 9 |
| Kreatinphosphat | 20 | <1 |
| Glucose-1-Phosphat | <1 | <1 |
| Glucose-6-Phosphat | 5 | 6 |
| Fruktose-1,6-diphosphat | <1 | <1 |

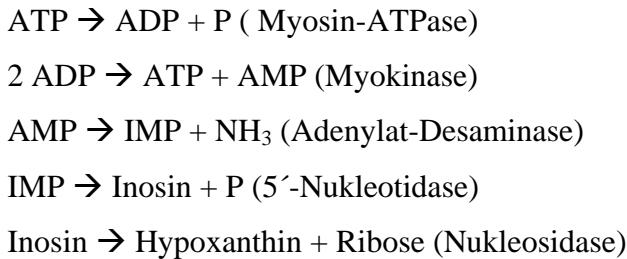
Tabelle 4 zeigt, dass Phosphate nicht nur als Purine (ATP und Abbaustufen) und Guanidinverbindungen (Kreatininphosphat) vorkommen, sondern auch als Zuckerphosphate. Im Muskel sind 1 - 2 % Glykogen enthalten (SCHMIDT-NIELSEN, 1999). Zucker liegen in geringerer Menge mit 0,1 - 0,15 % vor, dabei entfällt 0,1 % auf Glucose-6-Phosphat und andere Zuckerphosphate (PRÄNDL, 1988 a).

Phosphate kommen ferner als Lipoproteine in den Membranen als Bestandteil der Zellstruktur vor, wobei ihr Anteil bei 3 – 4 % des Muskelgewebes liegt (N.N., 2005 b). Der Anteil der Phospholipide ist neben Triglyceriden und Cholesterin diesbezüglich verschieden hoch. 90 % der Mitochondrienmembran und 50 % der Plasmamembran bestehen aus Phospholipiden (BELITZ et al., 2001). Nach SIELAFF (1996) sind 0,75 % der Skelettmuskulatur Phospholipide. Weiter ist Phosphat ein Bestandteil in vielen Enzymsystemen und kommt in Oxidoreduktasen, Transferasen, Hydrolasen, Lyasen und Ligasen vor (MICHELS, 1968).

2.1.3.4 Postmortale Veränderungen der Phosphatverbindungen

Nach dem Tod eines Tieres werden die im Körper gespeicherten Energiereserven schnell abgebaut, da keine oxidativen Prozesse mehr ablaufen können. Über anaerobe Enzyme kann kurzfristig noch ATP gebildet werden, zum einen durch die anaerobe Glykolyse, zum anderen durch den Verbrauch des restlichen Kreatininphosphates (BINKE, 2003). Bei der anaeroben

Glykolyse wird Glykogen über Glukose-6-Phosphat zu Pyruvat und dann zu Laktat und Wasserstoff abgebaut (HAMM, 1980 a). Die anaerobe Glykolyse ist nicht sehr effektiv, da pro Glukoseabbau nur 3 ATP gebildet werden (HONIKEL und SCHWÄGELE, 2007). Kreatininphosphat gibt eine Phosphatgruppe an ein ADP ab, dabei entstehen ATP und Kreatinin. Sobald die restlichen Phosphat-Speicher aufgebraucht sind, wird ATP wie folgt durch Enzyme zu Hypoxanthin abgebaut (BELITZ et al., 2001):



Bei dem Abbau des ATPs nach dem Tod steigt der Anteil des anorganischen Phosphates und des Inosinmonophosphates deutlich an, während ATP, Glykogen und Kreatininphosphat deutlich absinken, wie Tabelle 3 in vorangegangenem Kapitel zeigt (BELITZ et al., 2001).

2.1.4 Postmortale Vorgänge in der Muskulatur

Veränderungen in der Fleischstruktur nach der Schlachtung sind ebenfalls für die Verwendung des Fleisches zur Kochschinkenherstellung von Bedeutung. In diesem Zusammenhang muss auf die morphologischen und chemischen Veränderungen während der Totenstarre und der Fleischreifung eingegangen werden, da diese auf die Qualität des Kochschinkens Einfluss haben.

2.1.4.1 Rigor mortis

Nach dem Schlachten liegen die Muskelfasern zunächst unverändert vor. Aktin- und Myosin-Filamente lassen sich frei ineinander verschieben. Durch das fehlende zirkulierende Blut kann in der Muskulatur weder Sauerstoff angeliefert noch können Stoffwechselabfallprodukte abtransportiert werden. Alle Energieträger im Muskel, wie Glykogen, Kreatininphosphat und ATP, werden verbraucht. Sinkt der ATP-Gehalt nach SCHWÄGELE (1999) unter 1 $\mu\text{mol}/\text{kg}$, nach SZENTKUTI und EHRLEIN (2000) unter 5 $\mu\text{mol}/\text{kg}$, können die Kalziumpumpen nicht mehr arbeiten, und die Kalziumkonzentration in der Muskelzelle wird erhöht. Nun treten die Aktin- und Myosin-Filamente in Wechselwirkung wie bei einer Kontraktion. Es fehlt jedoch ein Energieträger, um beide wieder voneinander zu trennen, und es kommt folglich zum **Rigor mortis** (HAMM, 1979 a). Das Fleisch wird fest und starr, indem die Filamente in einem

sogenannten Aktomyosinkomplex quervernetzt vorliegen und nicht mehr voneinander trennbar sind. Die Dauer bis zum Eintritt des Rigor mortis ist von verschiedenen Faktoren wie Rasse, Alter, Transport, Ruhezeit, Kühltemperatur usw. abhängig. Beim Schwein tritt die Totenstarre nach ca. 6 bis 8 Stunden ein (HECHT, 1986). Dabei wird meist ein pH-Wert zwischen 5,8 und 6,0 erreicht. Der Rigor wird erst durch die proteolytischen Enzyme während der Fleischreifung, bei der die Myofibrillen ihre geordnete Struktur verlieren, aufgelöst (SCHWÄGELE, 1998). Zu diesem Zeitpunkt des Rigor mortis ist das Fleisch nicht für die Kochschinkenherstellung geeignet.

Je nach Temperatur und weiteren Faktoren kann es um den Zeitpunkt der Totenstarre zu Muskelverkürzungen kommen. Wenn die Muskeltemperatur kurz vor dem Rigor mortis bei + 20 °C und darüber und bei einem pH-Wert zwischen 5,8 und 6,0 liegt, kommt es bei zusätzlichen ATP-Mangel zum sogenannten „**rigor shortening**“. Dabei werden durch die hohe Temperatur die Kalzium-bindenden Komponenten deaktiviert, so dass die Kalzium-Konzentration im Sarkoplasma steigt und es zur Kontraktion kommt, wodurch sich der Muskel verkürzt. Bei Temperaturen bis + 35 °C kann die Rigorverkürzung bis 50 % betragen (HONIKEL und SCHWÄGELE, 2007). Rigor shortening führt zu zähem Fleisch mit erhöhtem Tropfsaftverlust (SCHWÄGELE, 1999). Dieses Phänomen kann durch unzureichende Kühlung und Elektrostimulation verstärkt werden (PEARSON und YOUNG, 1989).

Wenn das Muskelfleisch nach der Schlachtung zu schnell abgekühlt wird, kann es zum Effekt des „**cold shortening**“ kommen. Dabei wird das Fleisch, bevor es in die Totenstarre kommt, auf eine Temperatur unter + 14 °C gekühlt. Zusätzlich muss der pH-Wert zwischen 5,8 und 6,0 liegen (HONIKEL, 2003 a; PRÄNDL, 1988 a) und die ATP-Konzentration größer als 1 µmol/g im Muskelfleisch sein (SCHWÄGELE, 1999). Diese Kombination von Faktoren bewirkt ein Ineinanderschieben der Aktin- und Myosin-Filamente aufgrund des hohen Kalziumgehalts im Sarkoplasma. Bindegewebsstrukturen werden bei der Kälteverkürzung aufgefaltet, was die Zähigkeit und den Tropfsaftverlust des Fleisches erhöht. Das Problem der Kälteverkürzung betrifft hauptsächlich Rinder, da bei Schweinen deutlich schneller die Totenstarre einsetzt (KLETTNER, 1996). Durch Elektrostimulation kann das Problem der Kälteverkürzung nach dem Schlachten vermieden werden. Dabei wird an den Schlachtkörper post mortem eine elektrische Spannung angelegt (DEISS-HEMMETER, 2005).

2.1.4.2 Fleischreifung

Unter Fleischreifung wird der postmortale biochemische Vorgang verstanden, beim dem das Fleisch an Saftigkeit und Zartheit gewinnt. Diese beginnt bereits nach der Schlachtung beim Abhängen (KÜHNLEIN, 1993). Die Fleischreifung dauert beim Rind mindestens 2 - 6 Wochen (BELITZ et al., 2001) und beim Schwein über 60 Stunden (HONIKEL und SCHWÄGELE, 2007). Bei diesem erwünschten Prozess wird das Fleischaroma verbessert und die Fleischfarbe aufgehellt (FEHLHABER, 2004). Die Geschwindigkeit der Fleischreifung hängt neben der Tierart noch von Rasse, Lagertemperatur und Muskeltyp ab.

Der Prozess der Fleischreifung vollzieht sich in zwei aufeinanderfolgenden Phasen innerhalb der Muskelzelle. Die **erste Phase** beginnt mit dem Tod. Dabei kommt die Sauerstoffzufuhr im Blut zum Erliegen und die normalen Zellabläufe werden beendet. Im Zuge der Glykogenolyse und Glykolyse werden energiereiche Substanzen wie Kreatininphosphat, Glykogen und ATP abgebaut (BINKE, 2003). Bei diesem Prozess fällt viel Milchsäure an, welche nicht mehr durch das Blut abtransportiert werden kann. Diese Konzentrationserhöhung des Laktats im toten Muskel lässt den pH-Wert auf ca. 5,5 absinken (HAMM, 1979 a). Im weiteren Verlauf wird das Fleisch immer zäher und die Sarkomere verkürzen sich. Der Zustand der maximalen Zähigkeit und des tiefsten pH-Werts bei absolutem ATP-Mangel wird als Totenstarre (Rigor mortis) bezeichnet (HONIKEL, 2003 b).

In der **zweiten Phase** wird aus dem zähen Fleisch, zum Zeitpunkt der Totenstarre, ein zartes gereiftes Fleisch. Hauptsächlich sind dafür intrazelluläre Vorgänge verantwortlich, insbesondere die Proteolyse der myofibrillären Strukturen, bei der das Fleisch seine geordnete Struktur verliert. Es sind verschiedene Proteininasen an diesem Vorgang beteiligt. Diese Enzyme, sogenannte Kathepsine, welche nach dem Tod aus den Lysosomen freigesetzt werden, und Calpaine, die sich im Sarkoplasma befinden, bewirken den Strukturverlust an den Z-Scheiben und den I-Bändern der Myofibrillen (KÜHNE et al., 1992). Ein hoher Bindegewebsanteil lässt dabei das Fleisch zäher bleiben (PRÄNDL, 1988 a). Im Zuge der Fleischreifung verändert sich auch der pH-Wert im Fleisch, welcher, wie oben beschrieben, durch die Konzentrationserhöhung des Laktats (= Milchsäure), welches eine schwache Säure darstellt, im toten Muskel sinkt. Dies geschieht vor allem in den ersten 24 Stunden der Fleischreifung, wenn die noch vorhandenen Energielieferanten im Muskel aufgebraucht werden.

Der **pH-Wert** beeinflusst direkt und indirekt die **Fleischqualität**. Der pH-Wert ist definiert

als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoff-Ionen (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001). Er beeinflusst Farbe, Zartheit, Geschmack, Haltbarkeit und Wasserbindevermögen des Fleisches (HOFMANN, 1987). Der pH-Bereich, der für das Fleisch in Frage kommt, spielt sich in einem engen Raum zwischen 5 und 7 ab. Bei lebenden Tieren herrscht ein pH-Wert zwischen 7,2 und 7,4 im Muskel (PETERS und SIELAFF, 1996). Beim Aufhören der Lebensvorgänge kommt es zur Glykolyse. Die gespeicherten Energieträger der Zelle werden abgebaut und in Milchsäure umgewandelt (HOFMANN, 1987). Bei der normalen Fleischreifung fällt der pH-Wert beim Schwein durch diese schwache Säure auf einen Endwert zwischen 5,6 und 6,0 (v. LENGERKEN et al., 2007). Nach dem Ende der Glykolyse, welche mit dem pH-Tiefstwert einhergeht, bleibt der pH-Wert relativ stabil. Er steigt während der Reifung lediglich um ca. 0,1 leicht an. Bei längerer Lagerung spielt schließlich der bakterielle Verderb eine Rolle. Basisch reagierende Stoffe wie Ammoniak werden gebildet und der pH-Wert steigt. Dies ist abhängig von der Temperatur, dem Keimgehalt des Fleisches und der Atmosphäre und beginnt erst nach mehreren Tagen (HOFMANN, 1987). Eine Verlaufskurve des pH-Werts während der Fleischreifung und insbesondere der Lagerung ist in Abbildung 2 dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass kurz nach der Schlachtung der pH-Wert aufgrund der Milchsäurebildung absinkt und anschließend längere Zeit konstant bleibt. Der pH₁-Wert wird in der Praxis zur Ermittlung einer abnormalen Fleischsäuerung nach Allgemeiner Verwaltungsvorschrift (AVV LmH, 2007) 45 Minuten nach dem Schlachten in der Oberschale (*M. semi-membranosus* und *M. adductor*) und im Kotelett (*M. longissimus dorsi*) des Schweins oder Rindes gemessen. Zusätzlich kann der pH₂₄-Wert nach 24 Stunden gemessen werden (HÄUSSERMANN, 1985; ALI-SEID, 1983). Vor allem der pH₁-Wert gibt Aufschlüsse über eine abnormale Fleischsäuerung und Fleischreifung (AVV LmH, 2007). Auf diese Abweichungen in der Fleischqualität wird unter 2.1.5 näher eingegangen (SACK, 1988; RISTIC, 1982).

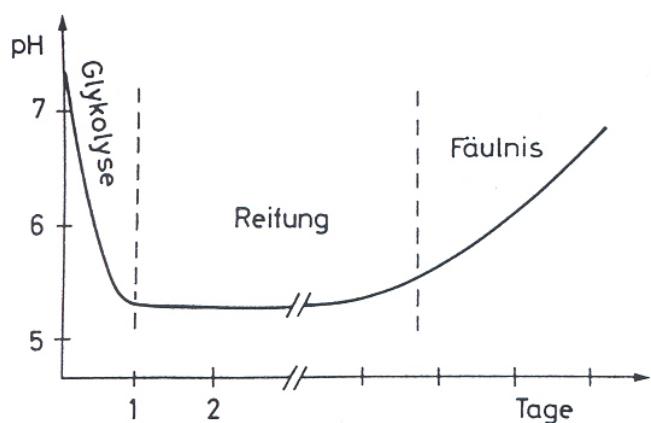


Abbildung 2: Verlauf des pH-Wertes in Fleisch während der gesamten Lagerung (bis zum Verderb)
(HOFMANN, 1987)

Ferner beeinflusst der **pH-Wert** die **Wasserbindefähigkeit**. Als Wasserbindefähigkeit wird die Eigenschaft des Fleisches beschrieben, das natürlich enthaltene oder zugesetzte Wasser zurückzuhalten. Verantwortlich dafür sind die Myofibrillen und andere Proteine, die das Wasser in die Struktur der Zelle einlagern (HAMM, 1996). Wasser ist mit ca. 75 % im Muskel enthalten und kommt dabei in verschiedenen Formen vor. Zum einen liegt es in der Form des fest gebundenen Kristallwassers vor, welches nur 0,5 % der gesamten Menge ausmacht. 80 – 90 % des Wassers werden zwischen den Proteinfäden eingelagert und durch Wasserstoffbrückenbindungen an der Bewegung gehindert. Dieses wird als immobilisiertes Wasser bezeichnet. Das restliche, freie Wasser befindet sich im Extrazellulärraum (HONIKEL, 2007). Direkt nach der Schlachtung hat das Fleisch die größte Wasserbindefähigkeit, welches auf die hohe ATP-Konzentration zurückzuführen ist (BELITZ et al., 2001). Die Wasserbindefähigkeit sinkt parallel mit dem pH-Wert, weil dadurch die Löslichkeit der Proteine sinkt, und erreicht bei pH 5,0 - 5,2 ihr Minimum (WISMER-PEDERSEN, 1966). Dabei spielt der Rigor mortis keine Rolle. Unter pH 5,0 steigt die Wasserbindefähigkeit wieder an (FISCHER, 1981). Fleisch verliert als 100 g Scheibe ca. 1 - 2 % Flüssigkeit in den ersten 24 Stunden. Die Wasserbindefähigkeit wird neben dem pH-Wert bei der Herstellung von Kochschinken ebenfalls durch Salze und Phosphate positiv beeinflusst (BELITZ et al., 2001).

2.1.5 Abweichungen in der Fleischqualität

Der Begriff Qualität leitet sich aus dem lateinischen Wort „qualitas“ ab. Dies bedeutet in deutscher Sprache Beschaffenheit und wird völlig wertfrei gebraucht (HOFMANN und HONIKEL, 2007). Als Summe aller wertbestimmenden Eigenschaften ist die Qualität durch das Deutsche Institut für Normung (DIN) definiert worden. Im allgemeinen Umgang verliert das Wort Qualität seine wertfreie Komponente. Unter diesem Wort wird landläufig ein Produkt mit höherer Güte verstanden (BABBEL, 2001). Mit der Qualität des Produktes befasst sich in der Industrie das Qualitätsmanagementsystem (STOLLE et al., 2005). Der Nähr- und Genusswert ist für die Qualität des Fleisches entscheidend. Darauf nehmen mehrere Faktoren Einfluss. Sensorische, ernährungsphysiologische, hygienisch-toxikologische und verarbeitungstechnologische Faktoren sind für eine entsprechende Fleischqualität wichtig (HOFMANN, 1973). Im Hinblick auf die Problematik Phosphatgehalt und Kochschinkenproduktion sind nur die verarbeitungstechnologischen Faktoren und deren Abweichungen, welche die Qualität des normalen Fleisches betreffen, von Bedeutung. Für die Verarbeitungstechnologie ist der pH-Wert, wie bereits in 2.1.4.2 dargestellt, entscheidend. In Abbildung 3 befindet sich eine Übersicht über die unterschiedlichen pH-Wert-Verlaufskurven bei der Fleischreifung

innerhalb der ersten 24 Stunden. Es zeigt sich deutlich, dass, je nachdem welcher Fleischqualitätsmangel vorliegt, sie sich deutlich von der „normalen“ pH-Wert-Verlaufskurve unterscheiden. Auf die einzelnen Kurven wird in den folgenden Punkten näher eingegangen.

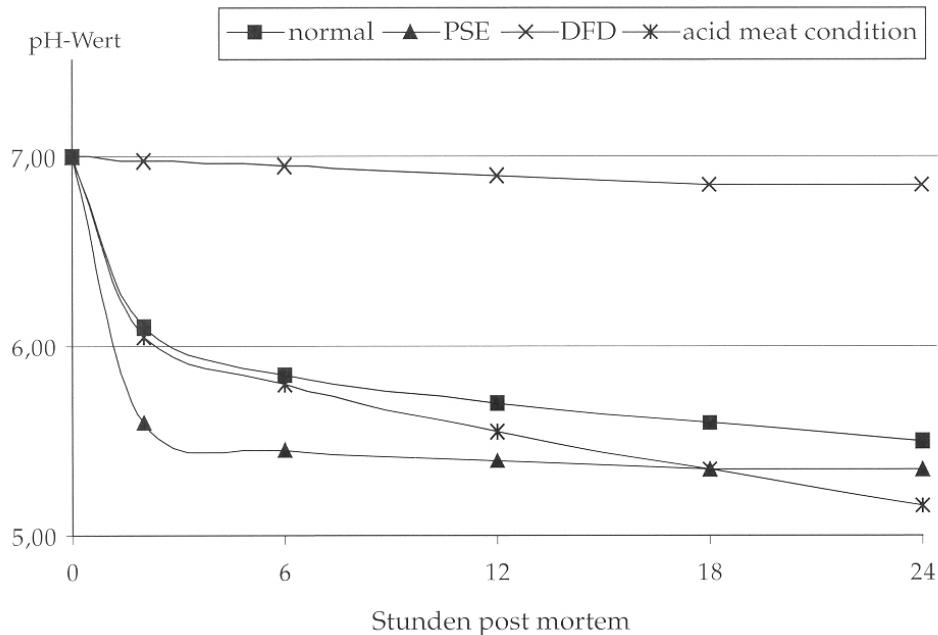


Abbildung 3: Verlaufstypen im pH-Wert-Abfall (v. Lengerken et al., 2007)

2.1.5.1 PSE

Als PSE-Fleisch (engl.: pale, soft, exudative) wird Fleisch bezeichnet, welches sich durch auffällige Blässe, Weichheit und Wässrigkeit auszeichnet. PSE tritt hauptsächlich bei Schweinen auf. Als Ursache dieser Abweichung in der Fleischreifung wird die Zucht angeführt (BRANSCHEID, 2007). Dieses Problem tritt verstärkt bei vollfleischigen Schweinen mit einem geringen Fettanteil auf, wie es bei der Rasse Pietrain der Fall ist. Bei solchen Tieren führen erbliche Defekte zu Fehlregulationen im Muskelstoffwechsel und zu Anfällen des Kreislauf- und Nervensystems (v. Lengerken et al., 2007). Unter starker Belastung, wie es beim Transport, Be- und Entladen, Treiben und Schlachten der Fall ist, kommt es bei stressanfälligen Tieren zu einem überstürzten ATP- und Glykogenabbau (BELITZ et al., 2001; AUGUSTINI, 1982). Dies führt bei solchen Tieren nach der Schlachtung zu einem schnelleren Absinken des pH-Werts und zur Erhöhung der Muskeltemperatur. Diese Kombination führt zu Strukturveränderungen an den sarkoplasmatischen und myofibrillären Proteinen und zu Läsionen an der Muskelzellmembran des Fleisches (FISCHER, 1999). Die Veränderungen in der Proteinstruktur sind die Ursache für das hellere Aussehen und die verminder-

te Wasserbindefähigkeit, was zu Einschränkungen in der Verarbeitungsfähigkeit führen kann (THIEMING et al., 1997). Um PSE-Fleisch zu erkennen, wird der pH₁-Wert nach 45 Minuten gemessen. Wird ein Wert unterhalb pH 5,6 gemessen (Abb. 3), bedeutet es, dass PSE vorliegt. Zwischen pH 5,6 und 5,8 ist das Ergebnis nicht eindeutig. Wenn sich der pH-Wert über 5,8 befindet, handelt es sich nicht um PSE (SEIDLER et al., 1984; AVV LmH, 2007). Durch die Zucht wird versucht, solche Tiere zu erkennen. Mittels molekulargenetischer Diagnoseverfahren wird das Gen für das Maligne Hyperthermie-Syndrom (MHS) nachgewiesen, was für diesen Qualitätsmangel des Fleisches zum Teil verantwortlich gemacht wird. Für die Zucht sollen nur reinerbig negative stressresistente Tiere des Genotyps NN eingesetzt werden, damit der rezessive stressanfällige Genotyp PP aus der Zucht ausgemerzt wird (v. OECKEL et al., 2001; v. LENGERKEN et al., 2007). Die Entstehung von PSE-Fleisch kann auch durch sorgfältigstes Vorgehen bei Transport, Schlachtung und Kühlung nie ganz verhindert werden (HONIKEL und SCHWÄGELE, 2007).

2.1.5.2 DFD

Dunkles, festes und trockenes Fleisch wird als DFD-Fleisch bezeichnet (engl.: dark, firm, dry). DFD kommt häufiger bei Jungbüffeln vor und wird dort wegen der dunklen Anschnittfläche DCB genannt (dark cutting beef) (BINKE, 2003). Bei Schweinen entsteht DFD bei Tieren, die längeren Belastungen, wie sie beim Treiben, Transport, Be- und Entladen oder durch hohe Temperatur und Enge vorliegen, ausgesetzt sind. Durch den Einfluss der Katecholamine (Stresshormone) und der mechanischen Belastungen kommt es zu einer Glykogenverarmung zum Schlachtzeitpunkt. Dies wird durch längere Nüchternungszeiten verstärkt (v. LENGERKEN et al., 2007). Dabei kann nach der Schlachtung bei der in geringerem Ausmaß ablaufenden Glykolyse nur noch wenig Milchsäure gebildet werden, was den pH-Wert in der Muskulatur nur geringfügig sinken lässt (AUGUSTINI, 1982). Der pH-Wert nach 24 Stunden ist größer als 6,2 (Abb. 3), was eine geringere Haltbarkeit des Fleisches hervorruft. Das Fleisch fällt durch seine „Leimigkeit“, durch den faden Geschmack und durch die dunklere Farbe auf. Die bessere Bindung des Sauerstoffs an das Myoglobin im DFD-Fleisch ist für die Farbe verantwortlich (HONIKEL und SCHWÄGELE, 2007). Die Muskelfasern quellen durch die erhöhte Wasserbindefähigkeit des Fleisches auf, dabei verliert das Fleisch seine Struktur, die Zellmitochondrien schwemmen auf und die Basallamina der Muskelzelle wird desintegriert (SOBINA und KONDRAKOWICZ, 1999). Aufgrund des hohen pH-Werts und der damit einhergehenden geringeren Haltbarkeit ist das Fleisch nicht für alle Fleischerzeugnisse geeignet (HOFMANN, 1987).

2.1.5.3 Hampshire Faktor

Für den Hampshire Faktor wird das RN-Gen verantwortlich gemacht, welches dominant vererbt wird (LUNDSTRÖM et al., 1996). Dieses Gen kommt vor allem bei der Rasse Hampshire in Frankreich und den Vereinigten Staaten vor und wird auch bei der Rasse Yorkshire in Schweden beobachtet. Diese Tiere weisen bis zu drei Stunden nach der Schlachtung einen normalen pH-Wert auf. Nach 24 Stunden ist der pH-Wert im Fleisch unterhalb des pH-Werts von PSE-Fleisch gesunken, wobei er oft unter dem pH 5,4 liegt (Abb. 3). Aus diesem Grund wird es auch „acid meat“ (= saures Fleisch) genannt (HONIKEL und SCHWÄGELE, 2007). Das Fleisch ist heller, etwas trocken und weniger wässrig als PSE-Fleisch. Ein erhöhtes glykolytisches Potential ist verantwortlich für diesen Effekt. Unter glykolytischem Effekt versteht man die Menge Laktat, die sich aus den vorhandenen Energielieferanten wie Glykogen und Glukose bilden kann (MONIN und SELLIER, 1985). Da viel Glykogen bei diesen Tieren vor der Schlachtung im Muskelfleisch vorhanden ist, sinkt der pH-Wert stark ab. Bei der Herstellung von Fleischerzeugnissen ist Fleisch mit dem Hampshire-Effekt besonders für die Kochschinkenproduktion ungeeignet. Die hohen Verarbeitungsverluste und die geringe Ausbeute sind auf den höheren Glykogengehalt (+ 70 % in der weißen Muskulatur), den um 1 % geringeren Proteingehalt und den niedrigen End-pH-Wert im Muskelfleisch zurückzuführen (LAUBE, 2000).

2.1.5.4 Weitere Abweichungen in der Fleischqualität

In der Literatur werden weitere Qualitätsabweichungen beim Fleisch neben PSE und DFD aufgeführt, die hier nur kurz erwähnt werden. Es handelt sich meist um spezielle Variationen des PSE- und DFD-Fleisches. Es gibt zum einen das sogenannte **RSE**-Fleisch (reddish, soft, exudative). Es handelt sich um das erwünschte rote Fleisch, welches aber weich und wässrig ist, und dadurch viel Fleischsaft verliert. Dieses Fleisch ähnelt dem PSE-Fleisch. Zum anderen wird auch festes Fleisch mit blasser Farbe und normaler Wasserbindung festgestellt, welches als **PFN** beschrieben wird (pale, firm, not exudative) (KIRCHHEIM et al., 2001; FISCHER et al., 2002).

2.1.5.5 Faktoren mit Einfluss auf die Fleischqualität

Neben den Fleischqualitätsabweichungen nehmen noch weitere endogene und exogene Faktoren unterschiedlichster Art auf die Fleischqualität Einfluss. In diesem Zusammenhang werden nur die wichtigsten Faktoren näher beschrieben.

Bei den Schweinen kann man deutliche Unterschiede in der Fleischqualität bei verschiedenen **Rassen** erkennen. Dies äußert sich besonders in der Wachstumsintensität und Wachstumskapazität (v. LENGERKEN et al., 2007). In Ländern wie Deutschland, Frankreich, Dänemark und den Niederlanden mit viel Schweinefleischerzeugung werden bevorzugt Kreuzungstiere aus zwei und mehr Rassen zur Mast eingesetzt, um den Heterosiseffekt bei der Zucht zu nutzen. Heterosis ist im ursprünglichen Sinne die Überschreitung des Mittelwerts der Leistungen homozygoter (= reinerbiger) Elterntiere bei den Kreuzungsnachkommen unter gleichen Umweltverhältnissen (WIESNER und RIBBECK, 1999). Dabei sind die typischen Muttertiere großrahmig, fruchtbar und stressunempfindlich, wie Deutsches Edelschwein und Deutsche Landrasse. Bei diesen Rassen liegt der Fleischanteil etwas niedriger und der End-pH-Wert etwas höher als bei den Vaterrassen (v. LENGERKEN et al., 2007). Als gebräuchliche Vater- tierrassen werden Pietrain, Hampshire, zum Teil Duroc oder Kreuzungen eingesetzt. Sie zeichnen sich durch hohe Schlachtleistung und hohen Magerfleischanteil aus (LITTMANN et al., 2006; KALLWEIT, 2003).

Der gestiegene Fleischbedarf und die stärkere Nachfrage nach magerem Fleisch haben sich auf die **Fleischqualität der Rassen** ausgewirkt. Vollfleischige Rassen wie Pietrain und Hampshire wurden begünstigt. Dabei ging mit der Zucht auf höhere Schlachtleistung die Entstehung von Fleischqualitätsmängeln einher (BRANSCHEID, 2007). Häufig kommt bei diesen Rassen Fleisch mit einem niedrigen End-pH-Wert vor. Dieses PSE-Fleisch oder „acid meat“ der Rasse Hampshire betrifft in der Regel Tiere mit einem hohen Magerfleisch- und einem geringen Fettanteil. Durch die Zucht wird mittlerweile versucht, das MHS-Gen (Malignes Hyperthermie Syndrom) homozygoter Pietrain-Schweine zu eliminieren, welches für die Stressempfindlichkeit dieser Tiere und das daraus resultierende PSE-Fleisch verantwortlich gemacht wird (KALBE et al., 2005). Dagegen zeichnen sich andere Rassen wie Duroc und Mangalitza durch ihre Robustheit, guten Muttereigenschaften und Stressunempfindlichkeit aus. Sie verfügen über eine vorzügliche Fleischqualität aufgrund eines überdurchschnittlich hohen Fettanteils. Eine abnorme Fleischsäuerung, wie für PSE üblich, kommt bei diesen Rassen nicht vor. Diese Rassen werden manchmal eingekreuzt, um die Fleischqualität zu heben und die daraus entstehenden Kreuzungstiere robuster für die Zucht zu machen. Die Einkreuzung verschiedener Duroc-Tiere findet derzeit in Deutschland statt. Das Mangalitza-Schwein zählt zu den gefährdeten Haustierrassen und kommt nur noch selten in Deutschland vor (SCHWAB et al., 2006; ENDER et al., 2002). Ebenfalls zählt die Rasse Schwäbisch-Hällisch zu den gefährdeten Haustierrassen. Sie gilt als die fruchtbarste Schweinerasse und

zeichnet sich durch gute Muttereigenschaften und Robustheit aus. Das qualitativ hochwertige Fleisch hat einen hohen End-pH-Wert, ist ein bisschen dunkler in der Fleischfarbe und weist ein gutes Safthaltevermögen und Aroma auf (N.N., 2007 b).

Das **Geschlecht** nimmt ebenfalls Einfluss auf die Fleischqualität, spielt aber im Gegensatz zur Rasse eine untergeordnetere Rolle (AUGUSTINI, 1982). So gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich pH-Wert, Wasserbindevermögen und Helligkeit. Das Geschlecht beeinflusst das Wachstum und die Schlachtkörperzusammensetzung, was durch die Wirkung der Geschlechtshormone hervorgerufen wird. Bei Ebern ist ab einem Schlachtgewicht über 50 kg ein steigender Androstenon- und Skatolgehalt im Fettgewebe zu bemerken, was für den Ebergeruch verantwortlich ist (WIRRER, 1993). Eber haben durch die Wirkung ihrer Hormone den höchsten Proteinansatz und die größte Zunahme. Kastraten verfetten im Vergleich zu weiblichen Tieren etwas stärker. Bei weiblichen Tieren liegt die Schlachtausbeute höher als bei den Ebern, da das Gewicht der akzessorischen Geschlechtsdrüsen wegfällt (v. LENGERKEN et al., 2007).

Die **Behandlung** der Schweine vor der Schlachtung beeinflusst die Fleischqualität zusätzlich. Dabei ist meist nicht der Transport, bei dem sich die Tiere bei längerer Fahrzeit wieder beruhigen können, der entscheidende Faktor, sondern die Behandlung am Schlachthof vor dem Schlachten (PEREZ et al., 2002). Das Abladen und der Einsatz von Elektrotreibern erhöhen den Stress bei den Tieren und lassen den pH-Wert stark sinken. Es fallen viele Tiere mit PSE-Eigenschaften auf. Weiter spielt eine angemessene Ausruhzeit im Schlachthof für die Fleischqualität eine wichtige Rolle. Über eine optimale Wartezeit gehen die Meinungen auseinander. Für SACKMANN (1988) stellt sich ein optimaler pH₁-Wert nach einer Ausruhzeit zwischen 2 und 4 Stunden ein. Eine Wartezeit zwischen 1 und 2 Stunden nach dem Transport erweist sich für OWEN et al. (2000) und BRANSCHEID et al. (2007) am günstigsten. Zu langes Aufstellen im Schlachthof geht gleichfalls mit Qualitätsverlusten einher. So steigt der DFD-Anteil bei Tieren, die über Nacht in der Wartebucht stehen (GUARDIA et al., 2005).

Auf die Qualität des Fleisches wirkt sich auch die Methode der **Betäubung** bei der Schlachtung aus. Die CO₂-Betäubung hat gegenüber der konventionellen Elektrobetäubung Vorteile. Es entstehen im Zuge der Betäubung weniger petechiale Blutungen oder großflächig blutunterlaufene Stellen am Schlegel. Bezüglich des PSE-Anteils lässt sich kein bedeutender Unter-

schied zwischen den Betäubungsverfahren feststellen, wenn die Gerätschaften optimal eingesellt sind (TROEGER, 2007).

Abschließend kann festgestellt werden, dass viele Faktoren die Fleischqualität beeinflussen und somit auch die Kochschinkenqualität. Für das Fleisch ist ein schonender Umgang mit den Tieren nach einer kurzen Wartezeit und eine ruhig und sauber ablaufende Schlachtung der beste Garant für gute Qualität.

2.2 Kochschinken

Für diese Studie über die P-Zahl im Kochschinken ist ebenfalls die ausführliche Behandlung des Themengebietes „Kochschinken“ von Bedeutung. Kochschinken erfreuen sich beim deutschen Verbraucher über starke Beliebtheit. 16,1 % aller verzehrter Fleisch- und Wurstwaren sind Schinken (N.N., 2005 c). In diesem Zusammenhang wird auch auf die wichtigsten Zusatzstoffe bei der Herstellung der Kochschinken, vor allem auf das Phosphat, eingegangen. Die genaue Erläuterung der Kochschinkentechnologie und der Wirkung des zugegebenen Phosphates sind für das Verständnis des Themas entscheidend.

2.2.1 Definition

Für die Kochpökelwaren gibt es keine speziellen „Rechtsvorschriften“. Aufgrund des § 15 des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB, 2006) wird der Deutschen Lebensmittelbuchkommission der Auftrag erteilt, eine Sammlung von Leitsätzen zu erstellen. Diese Sammlung beschreibt die „[...] Herstellung, Beschaffenheit oder sonstigen Merkmale der Lebensmittel, die für die Verkehrsfähigkeit der Lebensmittel von Bedeutung sind [...]\“. Die Leitsätze für Fleisch- und Fleischerzeugnisse sind keine rechtsverbindlichen Normen, werden aber bei gutachterlichen Stellungnahmen und vor Gericht herangezogen.

Die Kochpökelwaren sind in den LEITSÄTZEN FÜR FLEISCH UND FLEISCHERZEUGNISSE (N.N., 2003 a) unter der Leitsatzziffer 2.30 aufgeführt und wie folgt beschrieben:

2.30 „„gekochtes Pökelfleisch“ („Kochpökelwaren“, „Gekochte Pökelfleischwaren“) sind umgerötierte und gegarte, meist geräucherte Fleischerzeugnisse, denen kein Brät [...] zugesetzt ist, soweit dieses nicht zur Bindung großer Fleischteile dient [...].“

Die Leitsätze sind bei den Kochpökelwaren weiter untergliedert. Folgende Leitsatzziffern sind für den klassischen Kochschinken von Bedeutung:

- 2.31** „Bei Bezeichnungen ohne Hinweis auf die Tierart [...] handelt es sich [...] um Teile von Schweinen [...].“
- 2.321** „Von Knochen, Schwarte [...] und etwaiger Gallerte sowie aufliegendem Fettgewebe [...] befreite Kochpökelwaren von Schweinen enthalten im fettfreien Anteil mindestens 19 % Fleischeiweiß [...].“
- 2.341** „Die Bezeichnungen Schinken wird auch in Wortverbindungen nur für Kochpökelwaren von gehobener Qualität verwendet. Schinken, der nicht zerlegt worden ist, enthält in den von Schwarten und etwa vorhandenen Gallertanteilen sowie aufliegendem Fettgewebe befreiten Anteilen mindestens 85 % bindegewebseiweißfreies Fleischeiweiß (BEFFE) [...] im Fleischeiweiß.“
- 2.341.1** „Bei Bezeichnung ohne Hinweis auf einen Tierkörperteil handelt es sich [...] um Teile der Hinterextremität (Hinterschinken, Schlegel, Keule).“
- 2.341.2** „Schinken aus der Vorderextremität wird als Vorderschinken (Schulterschinken) bezeichnet.“
- 2.341.6** „Muskeln und Muskelgruppen, die aus dem Zusammenhang gelöst worden sind und auch isoliert als *Schinken* verkehrsfähig wären, können ohne besonderen Hinweis zu größeren *Schinken* zusammengefügt sein. [...]. Die [...] beschriebenen Erzeugnisse enthalten mindestens 90 % BEFFE [...] im Fleischeiweiß.“

2.2.2 Qualitätsprodukt

Der Kochschinken gilt insbesondere in Deutschland als qualitativ hochwertiges Erzeugnis, bei dem die besten Stücke des Schweins, nämlich die Edelfleischteile des Schweineschlegels, benutzt werden (REICHERT, 1984 a). Die Kochpökelwaren sind saftige, aber nicht wässrige Produkte. Die Konsistenz darf weder zu fest noch zu weich oder gummiartig sein, wobei die ursprüngliche Fleischstruktur immer noch zu erkennen sein soll. Aufgeschnittener Schinken zeichnet sich durch seinen einwandfreien Scheibenzusammenhalt aus. Die Farbe des Kochschinkens ist rosa bis rot mit einem glänzenden Anschnitt. Diese Pökelfarbe verteilt sich gleichmäßig über die Oberfläche des Kochschinkens. In Geruch und Geschmack fallen das Pökelaroma und die milde Salznote auf, wobei der Salzgehalt zwischen 1,8 und 2,4 % liegt. Manche Schinken haben noch ein ausgewogenes Raucharoma. Diese Erwartungen, die ein Verbraucher an das Produkt „Kochschinken“ hat, werden in anderer Weise durch die Leitsätze beschrieben (MÜLLER, 2007; BRAUER, 2003 b). Wie bei den Leitsätzen (N.N., 2003 a) erwähnt, handelt es sich um ein qualitativ hochwertiges Produkt mit einem sehr hohen Fleischeiweiß- (FE; > 19 %) und BEFFE-Gehalt (> 90 %). Bei der Herstellung von Koch-

schinken darf nur das Wasser ergänzt werden, welches bei der Herstellung wieder verloren geht. Beim Endprodukt darf ein Wasser-Eiweißverhältnis von 4:1 nicht überschritten werden, was bedeutet, dass kein Fremdwasser nachweisbar sein soll (KUGLER und LITTMANN-NIENSTEDT, 2006). Da sich diese Erzeugnisse im oberen Preisbereich befinden, sind sie nicht vor Verfälschungen sicher (VÖSGEN, 1999). Eine Möglichkeit ist in diesem Zusammenhang, mit Zusatzstoffen zu arbeiten. Zusatzstoffe werden bewusst bei Fleisch und Fleischerzeugnissen zugegeben, um eine geschmackliche oder technologische Wirkung im Erzeugnis zu erzielen (KRETZSCHMANN, 1996; FUCHS und GEMMER, 1995). Phosphat ist einer dieser Zusatzstoffe. Es wird aus technologischen Gründen eingesetzt, um z.B. eine höhere Ausbeute durch mehr gebundene Lake zu bekommen (STIEBING, 2006). Auf die Wirkungen des Phosphates im Kochschinken wird in 2.2.4.2 genauer eingegangen. Durch den übermäßigen Einsatz des Phosphates ist eine Verfälschung des Kochschinkens möglich (LITTMANN-NIENSTEDT, 2006). Auf die Möglichkeit der Kochschinkenverfälschung wird jedoch hier nicht näher eingegangen.

2.2.3 Herstellung von Kochschinken

Die Herstellungsweise des Kochschinkens beeinflusst die Qualität des Endproduktes erheblich. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, auf die Fleischauswahl, die Technologie und die verwendeten Zusatzstoffe einzugehen.

2.2.3.1 Fleischauswahl

Für einen qualitativ hochwertigen Kochschinken soll Fleisch von ausgeruhten Schweinen stammen, die möglichst keimarm geschlachtet werden (KEIM, 1999). Bei der Schlachtung kommt es dabei zu einer unvermeidlichen Kontamination von etwa 1000 Gesamtkeimen / cm² auf der Schlachtkörper-Oberfläche (TROEGER, 2007). Der pH-Wert und der Herstellungszeitpunkt spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für die Kochschinkenqualität. Schon kleine Abweichungen vom „Normalfleisch“ bezüglich des Keimgehaltes und des pH-Werts können Fehler im Endprodukt zur Folge haben. Am besten ist für die Kochschinkenproduktion „echtes Warmfleisch“ mit einem pH-Wert über 6,0 geeignet, welches 60 - 80 Minuten nach der Schlachtung gepökelt wird. Dies führt zu einer höheren Ausbeute und besserem Scheibenzu- sammenhalt. Dabei wird wegen des noch hohen ATP-Gehaltes im frisch geschlachteten Fleisch auf Phosphatzusätze verzichtet (TROEGER, 1988; REICHERT et al., 1984 b). Für die industrielle Schinkenproduktion werden Schweineschlegel verwendet, bei denen die Totenstarre überschritten ist, und die mindestens drei Tage gereift sind (N.N., 2006 a). Dieses Kaltfleisch hat optimalerweise für die Kochschinkenherstellung einen pH-Wert zwischen 5,8 und

6,2 (REICHERT et al., 1984 a), da in diesem Bereich auf Wasserbindefähigkeit, Pökelbereitschaft, Haltbarkeit und Geschmack gleichermaßen am besten Einfluss genommen werden kann (STIEBING, 2006). Je höher der pH-Wert ist, desto besser sind die Wasserbindefähigkeit und folglich auch die Ausbeute, je niedriger der pH-Wert ist, desto besser sind Pökelbereitschaft und folglich die Umrötung und Ausbildung der Pökelfarbe. Aus diesem Grund ist weder PSE- noch DFD-Fleisch noch Fleisch mit dem Hampshire Faktor für die Kochschinkenproduktion gut geeignet. Bei PSE-Fleisch kommt es aufgrund des niedrigen pH-Werts zu offensichtlichen Strukturveränderungen des Eiweißes, die eine schlechte Wasserbindefähigkeit, einen erhöhten Geleeabsatz, einen höheren Kochverlust, vermehrten Saftaustritt und eine hellere Farbe bewirken (LA-VILLE et al., 2005; FISCHER, 1988; PERSON et al., 2005). Fleisch mit Hampshire Faktor hat gegenüber „normalem“ Fleisch eine ca. 3 - 5 % geringere Ausbeute, wenn keine Zusatzstoffe gebraucht werden (EBER und MÜLLER, 1998; HULLBERG et al., 2005). Bei Fleisch mit einem niedrigen End-pH-Wert, wie es bei PSE-Tieren und bei Schweinen mit dem Hampshire Faktor der Fall ist, werden zusätzlich technologische Fehler wie Hohlstellen, Risse, Trockenheit, fehlender Scheibenzusammenhalt begünstigt (MÜLLER, 2007). DFD-Fleisch führt hingegen zu einem dunklen und festen Schinken mit Einschränkungen beim Pökelaroma. Aufgrund des hohen pH-Werts kann die Haltbarkeit vermindert sein (MÜLLER, 2007). Einfrieren des frischen Ausgangsmaterials wirkt sich ebenfalls negativ auf die Ausbeute und den Scheibenzusammenhalt bei Kochschinken aus (STIEBING, 2006). Bei einer gewissenhaften Fleischauswahl kann man auf Haltbarkeit, Pökelbereitschaft, sensorische Eigenschaften und Ausbeute positiven Einfluss nehmen.

2.2.3.2 Herstellungsverfahren

Die Herstellung der Kochschinken ist ein aufwendiger Prozess, der aus vielen verschiedenen Einzelschritten besteht, die aufeinander aufbauen. Im folgenden Kapitel wird auf die klassische Kochschinkenproduktion eingegangen, da je nach Schinkentyp sich der Produktionsablauf unterscheiden kann. In der Abbildung 4 wird ein Überblick über die wesentlichen Produktionsschritte während der Herstellung gegeben.

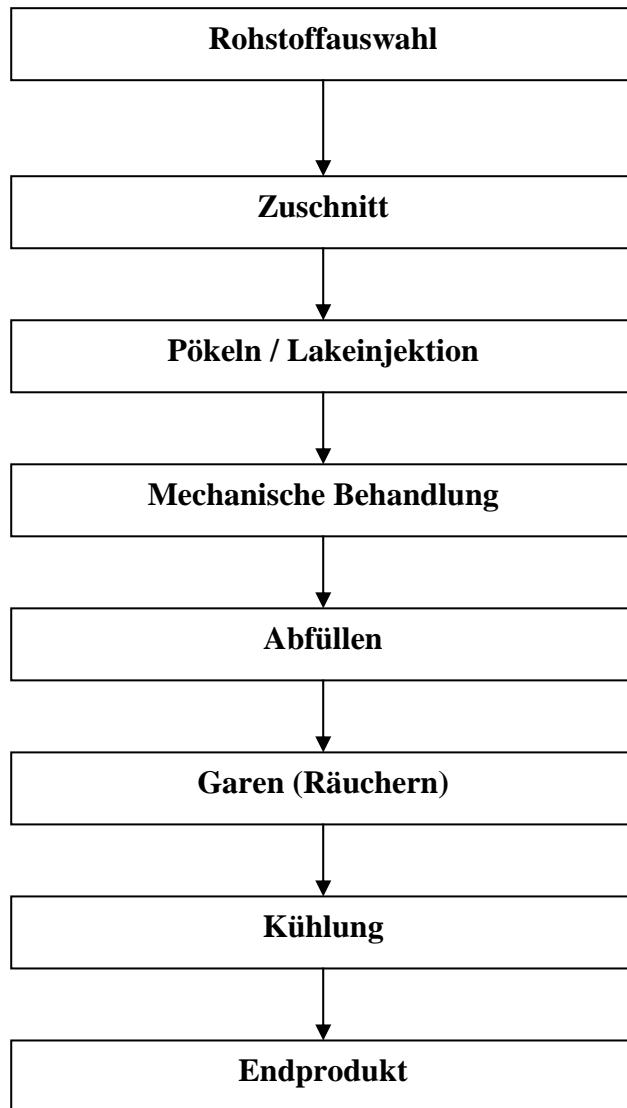


Abbildung 4: Allgemeines Produktionsschema Kochschinken

Die Kochschinkenproduktion beginnt mit dem **Zuschnitt** des Schweineschlegels, nachdem das Rohmaterial ausgesucht worden ist. Dabei werden Knochen, Fett, Bindegewebe und Schwarten entfernt. Das Fleisch wird anschließend je nach Gebrauch in verschiedene Fleischteile zerlegt und sortiert. Bei den benötigten Fleischteilen des Schlegels handelt es sich um die Nuss (*M. quadriceps*), die Oberschale (*M. semimembranosus*), die Unterschale (*M. biceps femoris*) und die Hüfte (*M. glutaeus medius*) (FISCHER und DABROWOLSKI, 2002). Die Fleischteile sollten ähnliche Größen haben, damit das Endprodukt ein gleichmäßiges Anschnittsbild bekommt (BRAUER, 2003 b; KARTHAUS, 1991). Das Bindegewebshäutchen zwischen Ober- und Unterschale wird für das Erreichen eines guten Scheibenzusammenhaltes entfernt (N.N., 2005 a). Unterstützend auf den Scheibenzusammenhalt wirkt sich ebenfalls das Einschneiden des Muskels mit lanzettförmigen Messern und das Entvliesten aus, bei dem die Muskelhäutchen von der schieren Muskulatur entfernt werden. Beides bewirkt ein leichte-

res und schnelleres Austreten des Muskeleiweißes, welches beim Kochen die einzelnen Fleischteile verklebt (MÜLLER, 1988; BRAUER, 2003 a; REICHERT et al., 1984 a).

Nach dem Zuschnitt wird das Fleisch gepökelt. Unter **Pökeln** versteht man im ersten Schritt die Reduktion des Nitrits aus dem Nitritpökelsalz zu Stickoxid. Dieses Stickoxid reagiert mit Myoglobin zum Stickoxidmyoglobin und bildet schließlich das Pökelrot aus, wodurch das Produkt eine ansprechende rote Farbe erhält (WIRTH, 1988). Dieser Vorgang wird als Umrötung bezeichnet. Früher wurde das Nasspökeln oder das kombinierte Trocken- / Nasspökeln eingesetzt, was wegen des hohen Zeitaufwandes industriell nicht durchgeführt wird (OELKER, 1996). Bei der Nasspökelung wird das Fleisch in Lake eingelegt, eine Mischung aus Nitritpökelsalz (NPS), Wasser und Gewürzen. Hingegen wird bei der kombinierten Trocken- / Nasspökelung das Fleisch trocken mit NPS eingesalzen und in der austretenden Lake, hier bestehend aus Fleischsaft und NPS, liegengelassen bis es vollständig umgerötet ist (PRÄNDL, 1988 b).

Heute wird die Lake mittels Maschinen unter Druck in das Fleisch gespritzt. Diese technologische Maßnahme wird als **Lakeinjektion** bezeichnet, wodurch „Schnellpökeln“ möglich ist, da die Diffusionszeit aufgrund der direkten Lakeneinbringung in die Mikrostruktur des Fleisches verkürzt wird (VÖSGEN, 1999). Die Lake besteht aus Wasser, Nitritpökelsalz, weiteren Zusatzstoffen und Gewürzen oder Gewürzextrakten. Auf die Zusatzstoffe wird im Punkt 2.2.3.3 näher eingegangen. Die Lakeinjektion nimmt auf die Farbe und Farbhaltung, den Geschmack, die Konsistenz und die Ausbeute, je nach Injektionsmenge, Einfluss (MÜLLER, 2007; BRAUER, 2003 b). Der Salzgehalt der Lake, auch „Schärfe“ genannt, beträgt je nach Endprodukt zwischen 6 und 20 %. Diese Lake wird mittels eines Lakeinjektors in das Fleisch gespritzt, wobei es zwei Prinzipien gibt. Beim sogenannten Aderspritzen wird entlang des körpereigenen Blutgefäßsystems die Lake mit weniger als 2,5 bar in die Muskulatur eingespritzt. Dieses System funktioniert nur bei Schweineschlegeln wie gewachsen und ist sehr arbeitsintensiv. Das andere Prinzip ist das sogenannte Muskelspritzen, beim dem über Hohlnadeln die Lake direkt in das Fleisch gelangt. Dies ist wegen der geringen Arbeitsintensität die Standardmethode in der Industrie (KEIM, 1999; MÜLLER, 1991). Das Fleisch wird diesen Multinadelinjektoren über ein Transportband zugeführt. Dort wird die Lake mit einem Druck zwischen 1 und 2 bar hineingespritzt, wobei durch Änderung des Transportbandvorschubs, des Lakedrucks und der Hubfrequenz die Einspritzmenge und die Spritzleistung verändert werden können (MÜLLER, 2007). Es wird dabei je nach Produkt eine Lakemenge

zwischen 8 und 20 % des Fleischgewichtes zugeführt (KEIM, 1999; REICHERT et al., 1984 b).

Die **mechanische Behandlung** folgt der Lakeinjektion. Damit wird versucht, das Gefüge der Muskulatur zu lockern, Zellen zu zerstören und die Zellmembranen durchlässiger für die Lake zu machen. Die Fleischeiweiße, insbesondere die salzlöslichen Proteine wie Aktin und Myosin, werden dadurch mobilisiert und quellen auf. Dieses gequollene Eiweiß verklebt als Kittsubstanz beim Kochen die einzelnen Muskelstücke (HILDEBRANDT und HEITMANN, 2006; STIEBING, 2006; STOLPE et al., 2004). Durch die ebenfalls erhöhte Wasserbindefähigkeit wird bei der mechanischen Behandlung die Pökellake besser aufgenommen und gleichmäßiger verteilt. Ferner verbessert sich der Scheibenzusammenhalt. Auch Konsistenz und Ausbeute werden durch das mechanische Behandeln des Fleisches positiv beeinflusst (REICHERT et al., 1984 a; BRAUER, 2003 b). Direkt nach dem Spritzen werden die Fleischstücke zunächst mittels lanzettförmiger Messer eingeschnitten und durch eine Walze gedreht. Dieses Verfahren wird als „**Steaken**“ und „**Quetschen**“ des Fleisches bezeichnet. Beides bewirkt ein leichteres und schnelleres Austreten des Muskeleiweißes aus den Fleischstücken (MÜLLER, 1988; BRAUER, 2003 a; REICHERT et al., 1984 a). Anschließend wird das Fleisch in eine große fassartige Maschine gegeben und getumbelt (englisch: to tumble = rotieren, fallen) und gepoltert. Beide Begriffe beschreiben denselben technologischen Vorgang. Das **Tumbeln** funktioniert nach zwei unterschiedlichen Prinzipien. Bei dem einen wird das Fleisch in eine Trommel mit Schikanen gegeben und durch ständiges Rotieren um die Längsachse bearbeitet. Dabei wird das Fleisch fortwährend durch die Schikanen in der Trommel angehoben und wieder fallengelassen. Dieses Prinzip bezeichnet man als Butterfassprinzip (MÜLLER, 1991). Die andere Methode arbeitet nach dem Drainkarn-Prinzip. Hierbei handelt es sich um einen stehenden Behälter mit vertikalen Rührarmen, welche das Fleisch durch ständige Bewegung massieren. Durch die ständige mechanische Behandlung kommt es bei beiden Verfahren zum Austreten des Muskeleiweißes. Die Wirkung des Tumbelns wird durch den „Tumbeleffekt“ erfasst und als „Tumbelstrecke“ beschrieben. Als Tumbelstrecke wird die Wegstrecke bezeichnet, die das Fleisch an der Innenseite des Tumblers währenddessen zurücklegt. Je nach gewünschten Produkteigenschaften wird unterschiedlich lange getumbelt (MÜLLER, 2007; BRAUER, 2003 b). Die mechanische Behandlung und das Pökeln mittels Lakeinjektion verkürzen den Produktionsprozess.

Nach dem Tumbeln kommt das Fleisch zum **Abfüllen** in Kochformen, Folien, elastische Net-

ze oder Kunstdärme. Als Kunstdärme werden Wurst- und Schinkenhüllen bezeichnet, die ein schlauchförmiges Erscheinungsbild haben und nicht zum Mitverzehr geeignet sind (LANG und EFFENBERGER, 2006). Beim Füllen in Kunstdärme muss darauf geachtet werden, dass keine Hohlstellen entstehen, in denen sich ein Geleeabsatz bilden kann (KARTHAUS, 1991; BRAUER, 2003 b). Die meisten Schinken werden in der modernen Schinkenproduktion in Därme gefüllt. Die speziellen Schinkenfüllmaschinen arbeiten unter Vakuum und erzeugen prall gefüllte Erzeugnisse. In der Industrie werden je nach Bedarf gas- und wasserdampf-durchlässige Faserdärme oder elastische Netze, die die Form stabilisieren, für geräucherte Produkte oder gas- und wasserdampfdichte Kunststoffdärme für länger haltbare Produkte benutzt (EFFENBERGER, 1999; LANG und EFFENBERGER, 2006).

Anschließend werden beim **Garen** die einzelnen Fleischstücke durch das bei der mechanischen Behandlung ausgetretene Eiweiß zu einem Produkt zusammengeklebt, wodurch der Kochschinken schnittfest wird (MÜLLER, 1988). Spezifische Aromastoffe und eine beständige Pökelfarbe entstehen. Durch das Kochen werden Mikroorganismen abgetötet, Enzyme unschädlich gemacht, und das Produkt wird haltbar. Beim Kochen muss darauf geachtet werden, dass möglichst wenig Gewicht verloren geht. Kochschinken werden im Dampf- oder Wasserbad im Kessel oder Kochschrank auf ca. + 64 - 68 °C im Kern erhitzt. Das meist benutzte Erhitzungsverfahren ist die Delta-T-Erhitzung, bei der mit einer festen Temperaturdifferenz zwischen der Kammer- und der Kerntemperatur gearbeitet wird. Als Kerntemperatur wird die Temperatur bezeichnet, die in der Mitte der dicksten Stelle im Schinken vorliegt. Die KammerTemperatur soll nicht größer als + 75 °C sein, da es sonst zur Überkochung der Randzonen kommen kann. Bei Schinken, die geräuchert werden, findet das Heißräuchern vor der Kochung statt. Nach dem Garen wird der Kochschinken langsam heruntergekühlt und schließlich im Kühlraum bis zur Weiterverarbeitung gelagert (KEIM, 1999; REICHERT et al., 1984 b; MÜLLER, 2007; BRAUER, 2003 b).

Das **Endprodukt** zeichnet sich durch Konsistenz, Saftigkeit, Pökeleroma, Pökelfarbe, milden Salzgehalt und eine ausreichende Haltbarkeit aus. Genauer wird auf die typischen Schinkeneigenschaften im Punkt 2.2.2 eingegangen.

2.2.3.3 Zusatzstoffe

Um mit Sicherheit ein produkttypisches und verzehrfähiges Erzeugnis zu erhalten, werden Zusatzstoffe bei der Produktion eingesetzt. Sie sollen in der Produktion Fehler verhindern und die Ausbildung der typischen Schinkeneigenschaften fördern. Zusatzstoffe werden in der La-

ke aufgelöst und werden mit dieser in das Fleisch gespritzt. Der Begriff „Zusatzstoff“ wird im § 2 (3) Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB, 2006) wie folgt definiert:

„Lebensmittel-Zusatzstoffe sind Stoffe mit oder ohne Nährwert, die in der Regel weder selbst als Lebensmittel verzehrt noch als charakteristische Zutat eines Lebensmittels verwendet werden und die einem Lebensmittel aus technologischen Gründen beim Herstellen oder Behandeln zugesetzt werden, wodurch sie selbst oder ihre Abbau- oder Reaktionsprodukte mittelbar oder unmittelbar zu einem Bestandteil des Lebensmittels werden oder werden können. [...].“

Der Gebrauch der Zusatzstoffe, die Höchstmengen wie auch die Reinheitsanforderungen sind in dem LFGB (2006), in der Zusatzstoff-Zulassungsverordnung (ZZuLV, 1998) und in der Zusatzstoff-Verkersverordnung (ZVerkV, 1984) geregelt. Bei den Zusatzstoffen gilt laut § 6 LFGB (2006) das Verbotsprinzip, welches besagt, dass alles, was nicht erlaubt ist, verboten ist. In den folgenden Unterkapiteln wird kurz auf die wichtigsten Zusatzstoffe für die Kochschinkenproduktion mit Ausnahme der Phosphate (s. 2.2.4) eingegangen. Zusatzstoffe müssen gemäß Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung (LMKV, 1999) auf dem Produkt kenntlich gemacht werden.

2.2.3.3.1 Nitritpökelsalz

Das Nitritpökelsalz ist ein Gemisch aus Nitrit (E 249/ E 250) und Kochsalz. Die Nitritkonzentration liegt meist bei 0,4 – 0,5 %, ist aber nicht mehr rechtlich festgeschrieben (WEBER, 1997). Im Endprodukt dürfen nach Anl. 5 Teil C der ZZuLV (1998) maximal 100 mg / kg Nitrit gemessen als NaNO₂ enthalten sein. Das Kochsalz ist nach oben genannter Definition nicht als Zusatzstoff, sondern als Lebensmittel einzustufen. Es bewirkt den Geschmackseindruck „salzig“, erhöht die Wasserbindung, senkt die Wasseraktivität und bringt Muskelproteine in Lösung (WIRTH, 1988; KRETZSCHMANN, 1996). Das Nitrit hat konservierende und anti-oxidative („Schutz der Fette vor Oxidation“) Eigenschaften. Es reagiert bei der Pökelung mit dem Myoglobin des Fleisches zum Stickoxid-Myoglobin und bildet mit diesem das Pökelrot aus. Weiterhin ist es für Pökelgeruch und Pökelaroma verantwortlich. Durch die Eigenschaften des Nitrits wird das Endprodukt „konserviert“ (JIRA, 2003; WIRTH, 1988; WEBER, 2004 b).

2.2.3.3.2 Ascorbat und Isoascorbat

Ascorbat (E 301) und Isoascorbat (E 316) werden bei der Kochschinkenproduktion als Pökelhilfsstoff benutzt. Ascorbat darf gemäß Anl. 4 Teil A ZZuLV (1998) ohne Beschränkung im Endprodukt verwendet werden. Beim Isoascorbat dürfen im Endprodukt nicht mehr als 500

mg/kg (Anl. 5 Teil D ZZuLV, 1998) enthalten sein. Die Verwendung der Ascorbinsäure als Reduktionsmittel in der Pökellake macht keinen Sinn, da es sehr schnell in der Lake mit Nitrit reagiert. Dabei entsteht das Stickoxid bereits außerhalb des Fleisches, was zur Folge hat, dass das Fleisch nicht umröten kann und das Stickoxid schließlich als Gas entweicht (BRAUER, 2003 b). Ascorbat als Salz der Ascorbinsäure ist dagegen reaktionsträger. Ascorbat beschleunigt im Fleisch den Umrötingsprozess, unterstützt die Farbentwicklung und verringert die Einsatzmenge des Nitritpökelsalzes um 25 %. Ascorbat ist ein starkes Reduktionsmittel, welches im Fleisch das oxidierte dreiwertige Eisen des nicht erwünschten braunen Metmyoglobin zum zweiwertigen Eisen des roten Oxymyoglobin reduziert, woraus schließlich wieder das stabile Pökelrot (Stickoxid-Myoglobin) entstehen kann. Folglich schützt Ascorbat das Endprodukt gegen Verfärbung und Oxidation (SCHELLE, 1996; WEBER, 2006).

2.2.3.3.3 Salze der Genusssäuren

Unter den Salzen der Genusssäuren versteht man Citrat (E 331; Zitronensäure), Acetat (E 262; Essigsäure), Laktat (E 325; Milchsäure) und Tartrat (E 335; Weinsäure). Sie dürfen gemäß Anl. 4 Teil A ZZuLV (1998) ohne Beschränkung zugegeben werden. Diese Salze erhöhen die Ionenstärke im Fleisch. Dies führt zum Quellen des Fleischeiweißes und zur Verbesserung der Wasserbindung. Die Haltbarkeit wird bei ausreichender Zugabe von Laktaten verbessert, da sie zu einer a_w -Wert-Senkung im Produkt führen. Bei hoher Konzentration kann es jedoch durch die Salze der Genusssäuren zu einer sensorischen Beeinflussung kommen (BRAUER, 2003 b; WEBER, 2004 b; WEBER, 2003).

2.2.3.3.4 Carragen

Carragen (E 407 oder E 407a) gehört zu den Gelier- und Dickungsmitteln. Es wird aus Rotalgen gewonnen. Eine Mengenbeschränkung gibt es in Anl. 4 Teil A der ZZuLV (1998) nicht. Die funktionellen Gruppen dieses Stoffes sind für die gute Gelierfähigkeit verantwortlich. Carragen erhöht durch Wasserbindung die Ausbeute, verbessert den Scheibenzusammenhalt und steigert das Safthaltevermögen (WEBER, 2004 a; STIEBING, 2006). Bei Zusatz von Carragen kann dem Schinken mehr Lake zugegeben werden. Dabei muss aber darauf geachtet werden, dass das Wasser-Eiweißverhältnis von 4:1 nicht überschritten wird (VÖSGEN, 1999).

2.2.3.3.5 Enzyme

Bei den Enzymen ist für die Kochschinkenproduktion nur die Transglutamase wichtig. Es handelt sich bei diesem Biokatalysator um eine Transferase, die eine Vernetzung der Proteine

untereinander bewirkt. Transglutamasen erhöhen dadurch die Schnittfestigkeit und verbessern schließlich die Textur. Diese Funktion üben die Enzyme ausschließlich im rohen Material aus. Solche Enzyme sind gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 4 LFGB keine Zusatzstoffe und fallen nicht unter die Novel Food Verordnung. Sie müssen auch nicht nach § 5 Abs. 2 der Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung (LMKV, 1999) als Zutat angegeben werden, da Transglutamasen keine technologische Wirkung auf das Endprodukt ausüben (SCHNEIDER et al., 2004; SCHNEIDER et al., 2005).

2.2.4 Phosphat im Kochschinken

Phosphate kommen wie in 2.1.3 dargestellt natürlicherweise in der Muskulatur und folglich auch in Kochschinkenerzeugnissen vor. Zusätzlich werden sie bei der Herstellung von Wurst- und Kochschinkenprodukten aufgrund ihrer speziellen Wirkungsweise zugegeben. Die unterschiedlichen Wirkungen, die Phosphate auf das Fleisch ausüben, müssen näher erläutert werden ebenso wie die rechtliche Situation bei der Zugabe von Phosphaten. Sie kommen in fast allen Lebensmitteln vor. Phosphate sind weder mutagen noch teratogen (CLASSEN et al., 1987). Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) kommt im Bezug auf die Phosphat-Aufnahme zum Ergebnis, dass normalgesunde Menschen eine Aufnahme bis zu 3000 mg/Tag ohne systemische Wirkungen vertragen können. Bei einigen Menschen traten ab einer Aufnahmemenge von > 750 mg/Tag gastrointestinale Symptome auf (N.N., 2005 b). Phosphat steht zudem im Verdacht, Hyperaktivität auszulösen (N.N., 2006 b).

Unter Phosphaten versteht man im engeren Sinne die Salze und Ester der ortho-Phosphorsäure. Das negativ geladene PO_4^{3-} -Ion, seine Polymere (Kondensate) und organische Verbindungen, in denen Phosphatgruppen vorkommen, werden zudem allgemein als Phosphate bezeichnet. Bei linearer Kondensation bilden sich unter Austritt von Wasser je nach Anzahl der Phosphat-Ionen Di- ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$), Tri- ($\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$) bis langkettige Polyphosphate. Bei Ringbildungen spricht man von cyclischen Metaphosphaten (N.N., 2006 a; KRETZSCHMANN, 1996). Um Phosphate bei der Kochschinkenherstellung einsetzen zu können, werden sie in der Lake gelöst und in das Fleisch gespritzt. Polyphosphate lösen sich besser als Mono- und Diphosphate in Flüssigkeiten, weshalb bei der modernen Schinkenproduktion verschiedene Phosphatpolymere miteinander kombiniert werden (WEBER, 1995).

2.2.4.1 Rechtliche Grundlagen

In Deutschland war der Zusatz von Phosphaten bis 1995 zur Wasserbindung in der Kochschinkenproduktion nicht erlaubt. Die Zugabe von Mono- und Diphosphaten zu Lebensmitteln war prinzipiell in Anl. 2 der Zusatzstoff-Zulassungsverordnung von 1981 geregelt, wobei jedoch Fleisch und Fleischerzeugnisse von dieser Zulassung ausgenommen waren (ZZuIV, 1981). In Anlage 1 der Fleisch-Verordnung (FleischV) aus dem Jahre 1982 wurden zwar Natrium- und Kaliumdiphosphat aufgeführt, die jedoch ausschließlich für die Herstellung von Brühwürsten mit maximal 3 g/kg Fleisch zugelassen waren (FleischV, 1982). Bei der Harmonisierung des EU-Rechts 1995 bezüglich der Lebensmittelzusatzstoffe wurde im Rahmen der Umsetzung der Richtlinie 95/2/EG der Einsatzbereich des Phosphats in Anlage 1 der FleischV erweitert (FleischV, 1995). Natrium- und Kaliumdiphosphat durften nunmehr ebenfalls bei der Kochschinkenproduktion zugesetzt werden und mit einer Phosphathöchstmenge von 5 g/kg (gemessen als P_2O_5) im Endprodukt enthalten sein. Nachdem die RL 95/2/EG in der neuen Zusatzstoff-Zulassungsverordnung (ZZuIV, 1998), welche die alte ZZuIV (1981) ersetzte, vollständig umgesetzt war, wurde die Anlage 1 der FleischV aufgehoben (FleischV, 1998). In oben genannter Richtlinie wurden weitere Phosphatpolymere für Fleisch und Fleischerzeugnisse zugelassen. Laut der heute gültigen ZZuIV (1998) darf in Fleischerzeugnissen eine Höchstmenge von 5 g Phosphat (berechnet als P_2O_5) pro Kilogramm im Fertigprodukt enthalten sein (MATISSEK und STEINER, 2006). Dabei ist es gleich, ob es sich um Gemische aus verschiedenen Mono-, Di-, Tri- und / oder Polyphosphaten handelt, da lediglich der Gesamtporphorgehalt über den P_2O_5 -Wert bestimmt wird. Die „Höchstmenge“ ist in § 2 Abs. 2 (ZZuIV, 1998) wie folgt definiert: „höchstzulässiger Gehalt an zugesetzten Zusatzstoffen in Lebensmitteln in dem Zustand, in dem die Lebensmittel in den Verkehr gebracht werden, [...].“ Gemäß Anl. 4 Teil B ZZuIV (1998) sind folgende Phosphate erlaubt:

- Phosphorsäure (E 338)
- Natriumphosphate (E 339)
- Kaliumphosphate (E 340)
- Calciumphosphate (E 341)
- Magnesiumphosphate (E 343)
- Diphosphate (E 450)
- Triphosphate (E 451)
- Polyphosphate (E 452)

Die meisten der hier aufgeführten Phosphatpolymere werden noch weiter untergliedert.

2.2.4.2 Wirkung der Phosphate

Phosphate haben unterschiedliche Wirkungsmechanismen auf das Fleisch. Bei der Betrachtung dieser Effekte kann der Schwerpunkt zum einen auf die chemische zum anderen auf die technologische Seite gelegt werden. Beide Seiten sind dabei eng miteinander verbunden und im Grunde genommen nicht voneinander zu trennen.

2.2.4.2.1 Chemische Wirkung

Die **Pufferwirkung** spielt aus chemischer Sicht eine wichtige Rolle. Sie ist bei den löslichen Alkaliphosphaten, welche als Säureregulator und Säuerungsmittel funktionieren, verschieden stark ausgeprägt. Monophosphate haben diesbezüglich die größte Pufferwirkung. Die häufig verwendeten Diphosphate erzielen in einem pH-Bereich zwischen 5,5 und 7,5 ihre größte Wirkung. Mit steigender Kettenlänge nimmt der Dissoziationsgrad ab, wobei auch die Pufferwirkung sinkt. Das weit gefasste pH-Spektrum der Phosphate ermöglicht, unterschiedliche pH-Bereiche der Lebensmittel, insbesondere die in Fleischerzeugnissen vorherrschenden, zu stabilisieren (MICHELS, 1968; KOCH, 1998; WEBER, 1995; MÖLLER et al., 2004; GERHARDT, 1989).

Die alkalischen Phosphate zeichnen sich ebenfalls durch **Bindefähigkeit mehrwertiger Kationen** aus. Sie können mit ihrer negativen Ladung positiv geladene Metallionen binden und bilden dabei Chelat-Komplexe. Kalzium- und Magnesiumionen und prooxidativ wirkende Eisen- und Kupferionen werden somit wirkungsvoll aus dem Reaktionssystem entfernt. Mono- und Diphosphate bilden weitgehend unlösliche Verbindungen, die anschließend ausfallen. Langkettige Polyphosphate bilden mit den mehrwertigen Metallionen Komplexe und bleiben in Lösung (MICHELS, 1968; KOCH, 1998; GERHARDT, 1989; MÖLLER et al., 2004; HAMMER, 1988).

Durch die mehrfach negative Oberflächenladung des Phosphat-Ions („Polyanion“) erhalten die Alkaliphosphate einen **Polyanionencharakter**, der ferner für die Wirkung des Phosphates kennzeichnend ist. Polyanionen sind mehrfach negativ geladene Teilchen (ZEECK et al., 1997). Die Phosphate stabilisieren deshalb Dispersionen (= Gemenge aus zwei Stoffen, die sich nicht oder kaum miteinander lösen), Suspensionen (= heterogenes Stoffgemisch aus einer Flüssigkeit und einem Feststoff) und Emulsionen (= Gemisch aus zwei verschiedenen Flüs-

sigkeiten ohne sichtbare Entmischung) (N.N., 2007 a; WIESNER und RIBBECK, 1999). Der Polyanionencharakter nimmt mit steigender Kettenlänge und pH-Wert zu. Die Phosphat-Ionen dringen in die Eiweißstruktur des Fleisches ein und entfalten diese durch elektrostatische Abstoßungswirkung oder stabilisieren die Struktur über Brückenbildungen. Dies hat einen positiven Einfluss auf die Gelier- und die Quellfähigkeit, da sich die Struktur des Fleisches öffnet und sich Wasser zwischen die Fleischeiweiße einlagert und die Fleischfasern quellen lässt (SCHNEIDER et al., 2005). Ferner wird jedes Phosphat-Ion aufgrund des Ionen-Charakters von Wassermolekülen umlagert, was als **Hydratationswirkung** bezeichnet wird, wodurch das Wasser an das Phosphat gebunden wird (GRAU, 1957; STOLPE et al., 2004). Phosphate wirken zusätzlich auf den Akto-Myosin-Komplex ein (MICHELS, 1968; KOCH, 1998; MÖLLER et al., 2001). Die Zugabe von Phosphaten führt zur **Dissoziation des Akto-Myosin-Komplexes**. Die Aktin- und Mosinfilamente werden durch die Eigenschaften des Phosphates in ähnlicher Weise wie bei der Wirkung des natürlichen ATPs, wie in 2.1.3 beschrieben, voneinander getrennt. Folglich wird dadurch die Mikrostruktur des Fleisches gelockert, was ebenfalls die Einlagerung von Wassermolekülen in die Fleischstruktur begünstigt (HAMM, 1979 b; WEBER, 2004 b). Diphosphate haben diesbezüglich die größte Wirkung. Sie steigern auch den Anteil der salzlöslichen Proteine Aktin und Myosin in der austretenden Flüssigkeit (REICHERT et al., 1984 c; WATSOS, 1981).

Eine andere Wirkung des Phosphates ist die **Mineralstoffanreicherung**. Alkaliphosphate reichern sich in Lebensmitteln an, insbesondere gilt das bei Kalzium-, Magnesium- und Eisenphosphaten. Beim Kochschinken erhöht sich der Kalium- und Magnesiumgehalt aufgrund der verwendeten Phosphate. Diese Eigenschaft wird besonders bei der Herstellung von diätetischen Produkten eingesetzt (KOCH, 1998; WEHMING und WEBER, 1997).

2.2.4.2.2 Technologische Wirkung

Diese verschiedenen chemischen Eigenschaften der Phosphate nehmen auf die **Kochschinkentechnologie** starken Einfluss. Der Phosphatgebrauch bringt viele **Vorteile** mit sich. Schon geringe Mengen zwischen 0,03 und 0,05 % Di- oder Triphosphat erzielen eine deutliche Wirkung auf das Endprodukt (HAMMER, 2001; MÜLLER et al., 2000; GATZEMEIER, 1993). Phosphate dringen nach der Lakeinjektion gemeinsam mit dem Kochsalz in die Mikrostruktur des Fleisches ein und lassen die Fleischfasern stark quellen. Dieses gequollene Fleisch ist mit dem Elektronenmikroskop deutlich zu erkennen (STOLPE et al., 2004). Im Fleisch erhöht Phosphat in der Funktion als Ionenaustauscher zusätzlich die Wasserbindefähigkeit des Schinkens, also die Fähigkeit, Wasser zwischen den Proteinen festzuhalten, wobei es zu Mus-

kelzellveränderungen kommt (MÖLLER et al., 2001; BUDRAS und WEBER, 2002). Durch die Erhöhung der Wasserbindefähigkeit wird besonders beim Einsatz von Diphosphaten die Ausbeute im Endprodukt erhöht (MÜLLER, 2003). Durch das gebundene Wasser verliert der Schinken beim Kochen weniger Flüssigkeit, da es in die Zellstruktur eingelagert wird (MESLE et al., 1962). Das Safthaltevermögen im Endprodukt ist aus demselben Grund erhöht, wodurch der fertige Schinken wenig Saft verliert (PRZYTULLA und MÜLLER, 1998). Geleebabsatz wird in ähnlicher Weise durch die Zugabe von Phosphaten vermindert (GOETTLICH et al., 1967; KLETTNER, 2000 a; KLETTNER, 2000 b; HAMM, 1980 b). Zusätzlich erhöht und stabilisiert aufgrund der Pufferkapazität Phosphat den pH-Wert, weshalb Fleisch mit zu niedrigen Ausgangs-pH-Werten, vor allem von PSE-Tieren und solchen mit dem Hampshire Faktor, durch Phosphat für die Kochschinkenproduktion verwendet werden können (MATTISEK und STEINER, 2006). Die Endprodukte erreichen bei gezieltem Gebrauch eine ähnliche Qualität wie Schinken mit einem „normal hohen“ pH-Wert (EBER und MÜLLER, 1998; GATZEMEIER, 1993). Bei der Benutzung der Phosphate treten zudem kaum technologische Fehler auf, wie sie dagegen bei der Produktion ohne Phosphat immer wieder vorkommen können. Vermehrte Hohlstellen, Risse, Porenbildung und andere Fehler werden durch den Zusatz des Phosphats im Kochschinken verringert (EBER und MÜLLER, 1998; GISSKE, 1958). Geschmack, Farbe, Saftigkeit und Zartheit werden im allgemeinen verbessert und somit das Entstehen eines „strohigen“ Schinkens verhindert (BUDRAS und WEBER, 2002; FÄHNLE et al., 1985). Phosphate steigern ebenfalls den Scheibenzusammenhalt und die Festigkeit, was die Anfertigung dünn geschnittener Scheiben ermöglicht (STIEBING, 2006; MÜLLER et al., 2000). Weiter erleichtern Phosphate den Füllvorgang und führen aufgrund ihrer Viskositätsenkung (= Zähflüssigkeit) zu einem geringeren Verschleiß (KLETTNER, 2001).

Jedoch gibt es auch **Nachteile** bei der Phosphatzugabe. Die Farbbildung kann aufgrund des höheren pH-Werts negativ beeinflusst werden, da der Zerfall von Nitrit zu Stickoxid nur langsam vorangeht (HAMMER, 1987). Die Schinken haben einen blasseren Anschnitt. Der Geschmack kann durch Diphosphate negativ beeinflusst werden und ein stumpfes Mundgefühl auslösen (HAMMER, 2001). Durch die Erhöhung der Wasserbindefähigkeit durch die Phosphatzugabe und durch die neuen Technologien kann im fertigen Schinken ein hoher Fremdwassergehalt erzielt werden und das Produkt verfälscht werden (VÖSGEN, 1999).

2.2.4.2.3 Einfluss auf die Haltbarkeit

Die **Haltbarkeit** der Kochschinken wird durch den Gebrauch verschiedener Phosphate verbessert. Durch den Einsatz kann die Gartemperatur erhöht werden, da aufgrund der Wasserbindefähigkeit des Phosphates der Wasserverlust beim Kochen deutlich gesenkt wird, und dadurch das Endprodukt saftig bleibt. Durch die höheren Temperaturen werden Mikroorganismen stärker abgetötet (WATSOS, 1981; FÄHNLE et al., 1985; WEBER, 2006). Phosphate verringern außerdem die Hitzeresistenz einiger Bakterien. Gram positive Bakterien können durch den Einsatz von Phosphaten an der Vermehrung gehindert werden, da durch das Phosphat mehrwertige Metallionen gebunden werden, die den Bakterien nicht mehr zur Verfügung stehen (SCHNEIDER et al., 2004; WEBER, 1995). Ferner wird durch die antioxidative Wirkung des Phosphates das Fett nicht so schnell ranzig. Dies wird gleichermaßen durch die Bindefähigkeit mehrwertiger Metallionen begünstigt, was besonders bei Polyphosphaten zum tragen kommt (SURI, 1961; HAMMER, 1988).

2.2.4.3 Phosphatabbau im Kochschinken

Der **Phosphatabbau** findet im Fleischerzeugnis bei Di- und Triphosphaten unterschiedlich schnell statt. Für den Abbau sind Enzyme (Phosphatasen) im Fleisch verantwortlich, die die Phosphate hydrolysieren. Der Triphosphatabbau verläuft zum Beispiel nach einer Untersuchung im Brühwurstbrät nicht linear relativ schnell innerhalb zweier Stunden ab. Bei Diphosphaten liegen (Groß-) Teile nach zwei Tagen noch unverändert vor. Höhere Temperaturen begünstigen den Abbau der Phosphate (ARNETH et al., 2002; WIEGNER, 2006; GEMMER, 1980).

2.2.5 Die P-Zahl

Die genaue Erörterung der P-Zahl im Kochschinken stellt für das Verständnis des Sachverhalts einen wichtigen Eckpunkt dar. Die P-Zahl hängt vom Phosphor-Gehalt im Fleisch ab. Auf die Definition, auf den Richtwert und auf die P-Zahl selbst im Schweinefleisch und im fertigen Kochschinken muss näher eingegangen werden.

2.2.5.1 Definition P-Zahl

Die P-Zahl ist ein empirischer Wert, der zur Ermittlung des Phosphatzusatzes in Fleischerzeugnissen, vor allem in Kochschinken und Brühwürsten, dient. Sie wurde von NIGMANN (1953) wie folgt definiert:

$$\text{P-Zahl} = \frac{\text{P}_2\text{O}_5 (\%) * 100}{\text{Rohprotein in \%}}$$

Folglich stellt die P-Zahl das Verhältnis von Gesamtphosphor-Gehalt (gemessen als P_2O_5) zu Rohprotein-Gehalt multipliziert mit hundert dar. Diese rechnerische Kenngröße stützt sich auf das konstante Verhältnis zwischen Phosphat- und Rohprotein-Gehalt im Fleisch (WILLEKE und NIGMANN, 1954; MATISSEK und STEINER, 2006; BECHTOLD, 1957). Der Phosphat- und der Rohprotein-Gehalt werden gemäß der AMTLICHEN SAMMLUNG VON UNTERSUCHUNGSVERFAHREN nach § 64 LFGB (2006) bestimmt. Hierbei wird der Phosphorgehalt in g/ 100 g Probe (berechnet als P_2O_5) wie folgt berechnet (MATISSEK und STEINER, 2006):

$$P_2O_5 (\%) = \frac{P * 22,9}{E * x}$$

- P mg Phosphor / 100 ml Messlösung (ermittelt aus der Kalibrierkurve)
22,9 Umrechnungsfaktor (berücksichtigt Umrechnung von Phosphor auf Phosphor-pentoxid sowie Verdünnung)
x Volumen in ml der zur Farbreaktion eingesetzten Aschelösung
E Probeneinwaage in g

Phosphor (P) kann mittels einfachen Umrechnungsfaktors in Phosphat (P_2O_5 -Wert) umgerechnet werden und umgekehrt (KÜSTER et al., 1972). In der Literatur wird häufig Phosphor- und Phosphatgehalt als Synonym benutzt, da die Gesamtphosphorbestimmung durch eine Messung des P_2O_5 -Gehalts erfolgt.

1. Phosphor zu Phosphat

$$\text{Phosphor-Wert} = P_2O_5\text{-Wert} * 0,4364$$

2. Phosphat zu Phosphor

$$P_2O_5\text{-Wert} = \text{Phosphor-Wert} * 2,2914$$

2.2.5.2 Richtwert

Der Richtwert bei der P-Zahl in Fleischerzeugnissen hat sich im Laufe der vergangenen 60 Jahre deutlich verändert. NIGMANN (1953) sowie WILLEKE und NIGMANN (1954) legten den ersten Richtwert der P-Zahl mit 3,0 fest. Bei dieser Beanstandungsgrenze wurde eine gewisse Toleranz miteinbezogen, bei der der Zusatz geringer Mengen Phosphat eventuell unerkannt bleibt. Der Maximalwert der nativen Fleischproben bei den Untersuchungen von WILLEKE und NIGMANN (1954) lag bei 2,5 und der Minimalwert bei 1,8. THALACKER modi-

fizierte 1965 die Untersuchung der P-Zahl und entwickelte eine Methode zur sogenannten SP-Zahl-Bestimmung (= säurelösliches Phosphat), die den unmittelbaren Phosphatzusatz gegenüber einer Zugabe von phosphathaltigen Eiern und Innereien in Brühwürsten abgrenzen soll. Diese Methode hat sich jedoch nicht durchgesetzt. Während der Zeit, als Phosphatzugaben bei Kochschinken verboten und bei Brühwurst mit lediglich 3 g/kg erlaubt waren, hat die ARBEITSGRUPPE „FLEISCHWAREN“ (1984) neue Richtwert für die P-Zahl aufgestellt. Unterhalb einer P-Zahl von 2,19 wurde angenommen, dass kein Phosphat dem Fleischerzeugnis zugesetzt worden ist. Zwischen 2,20 und 2,39 war das Untersuchungsergebnis nicht eindeutig. Die Probe wurde vor einer Beanstandung dreimal nachuntersucht, ob der Richtwert überschritten ist. Ab einem Wert $> 2,4$ galt ein Produkt aufgrund der hohen P-Zahl als nicht mehr verkehrsfähig. Im Jahr 1989 hat die ARBEITSGRUPPE „FLEISCHWAREN“ schließlich eine Mitteilung herausgegeben, gemäß der alle Kochpökelwaren über einem Richtwert von 2,2 zu beanstanden sind. KALTWASSER (GDCh) hat dagegen 1993 festgestellt, dass der Richtwert für die P-Zahl 2,4 betragen sollte. Seit dieser Zeit ist der Richtwert der P-Zahl von 2,4 nicht mehr verändert worden; wird dieser überschritten, so ist von einem Phosphatzusatz auszugehen. Mit der Richtlinie 95/2/EG wurde 1995 eine Höchstmenge für den Phosphatgehalt in Kochpökelwaren von 5 g/kg im Endprodukt erlaubt. Seit dieser Zeit wird der jetzige Richtwert der P-Zahl von 2,4 diskutiert und es ist sogar eine Anpassung des Richtwerts ange- dacht (WIEGNER, 2006).

2.2.5.3 P-Zahl im Nativfleisch

Über die P-Zahl im Fleisch wurden mehrere Studien (Tab. 5) angefertigt. BECHTOLD (1957) stellte dabei fest, dass die P-Zahl bei Schweinfleisch zwischen 1,9 und 2,5 liegt ($n = 8$), und dass Innereien sehr unterschiedliche P-Zahlen aufweisen, die deutlich höher sein können als der Richtwert. DUŠEK et al. (2003) untersuchten ebenfalls native Schweinfleischproben von 6 Tieren auf die P-Zahl und kamen zum Ergebnis, dass der Mittelwert der Proben bei 2,44 liegt. In einer Studie hatten ERDMANN et al. (2006) 30 Schweineschlegel, bei denen je vier verschiedene Fleischteile (Nuss, Hüfte, Oberschale, Unterschale) untersucht worden sind, auf ihre Makrobestandteile hin analysiert. Aus diesen Daten wurde die P-Zahl errechnet. Der durchschnittliche Wert betrug 2,39 mit einer Standardabweichung von 0,120. Von den Proben lagen 43 % über dem Richtwert von 2,4. Das Teilstück Oberschale zeichnete sich durch den höchsten P_2O_5 -Wert mit 0,51 % aus. Aus der Studie folgerten die Autoren, dass der Zusatz von Phosphaten erst ab einer P-Zahl von 2,6 sicher nachgewiesen werden können.

In der Tabelle 5 sind die unterschiedlichen Zahlenwerte für die P-Zahl im Nativmaterial aufgeführt, die in 2.2.5.3 und 2.2.5.4 erwähnt werden.

Tabelle 5: Übersicht P-Zahl im Nativmaterial (verschiedene Quellen)

| P-Zahl im Nativfleisch | Quelle |
|--|----------------------------|
| 1,8 – 2,5 | WILLEKE und NIGMANN (1954) |
| 1,9 – 2,5 | BECHTOLD (1957) |
| 2,46 – 3,08 | CSELKO und KÖRMENDY (1961) |
| 1,72 | CANTONI et al. (1975) |
| 2,1 -2,2 | KALTWASSER (1981) |
| Ø 2,45 (Betrieb A); Ø 2,36 (Betrieb B) | BRUNINK (1992) |
| Ø 2,44 | DUSEK et al. (2003) |
| Ø 2,39 | ERDMANN et al. (2006) |

2.2.5.4 P-Zahl bei der Kochschinkenherstellung

Bei der Kochschinkenherstellung ändert sich die P-Zahl nach jedem Produktionsschritt und wird dabei durch viele Faktoren beeinflusst. Über die Veränderung der P-Zahl während der Produktion sind einige Untersuchungen durchgeführt worden.

Das Verhalten der P-Zahl beim Kochen und Pökeln haben CSELKO und KÖRMENDY (1961) untersucht, wobei in dieser Untersuchung aufgefallen ist, dass beim Kochen und Pökeln es zu einer deutlichen Minderung der P-Zahl kommt. Ferner haben die oben genannten Autoren festgestellt, dass beim Kochen mehr Phosphat im Verhältnis zum Protein verloren geht. In dieser Studie wurde Fleisch vom Schweinekotelett verwendet, welches in einer 20 %igen Lake nass gepökelt oder in einem Kessel gekocht wurde. Die P-Zahl lag beim Kochversuch für Rohfleisch bei 2,46 – 3,08 (n = 9) und nach dem Garen bei 1,68 - 2,39. Beim Nasspökelversuch verringerte sich die P-Zahl von 2,66 – 2,93 (n = 6) für Rohfleisch auf 1,72 – 2,00 nach dem Pökeln.

CANTONI et al. (1975) haben in einer Untersuchung Schinken einerseits nass gepökelt und andererseits mit einer Muskelinjektion gepökelt, wobei Übereinstimmungen zwischen beiden Verfahren festgestellt wurden. Bei Schinken, die ohne Phosphat gepökelt wurden, lag die P-Zahl im rohen Fleisch bei 1,72 und im gekochten Endprodukt bei 1,51. Bei Zusatz von 0,8 % Polyphosphaten zur Lake erhöhte sich die P-Zahl nur geringfügig auf 1,81 - 1,92. Erst bei höheren Phosphatmengen stieg die P-Zahl auf 2,89 – 4,18.

WATSOS (1981) untersuchte Kochschinken mit und ohne Phosphatzugabe. Die Schinken wurden mit 18 % einer 11,5 %igen Lake gespritzt und im Kesselwasser offen gekocht. Die fertigen Kochschinken ohne Phosphat wiesen eine durchschnittliche P-Zahl von 1,62 auf. Bei der Charge, die mit Phosphat hergestellt worden ist, erreichte die P-Zahl einen Durchschnittswert von 2,31.

In einer ähnlichen Studie hatte KALTWASSER (1981) Kotelett und Schweineschinken analysiert, wobei auch hier Kochpökelwaren mit und ohne Phosphat hergestellt wurden. Die durchschnittliche P-Zahl lag beim Nativfleisch zwischen 2,1 und 2,2. Die Schinken wurden mit einer 9 %igen Lake gespritzt und im Kessel gekocht. Bei den fertigen Kochpökelwaren, bei denen kein Phosphat zugesetzt wurde, lag die P-Zahl zwischen 1,5 und 1,9. Eine Phosphatzugabe von 2,9 g pro 1 Lake erhöhte dagegen die P-Zahl wieder auf den Wert des Ausgangsmaterials. Bei doppelter Menge Phosphat stieg die P-Zahl auf 2,8 und darüber. KALTWASSER kam zum Schluss, dass ein Richtwert von 2,2 für Kochpökelwaren angemessen ist.

REICHERT et al. (1984 c) untersuchten den Scheibenzusammenhalt bei Kochschinken und gingen dabei kurz auf die P-Zahl im Endprodukt ein. Der Phosphatgehalt lag bei rohem Fleisch im Bereich von 0,45 % P_2O_5 . Nach dem Spritzen mit 20 % einer 12,5 %igen Lake hatte das rohe Fleisch bei einem 0,05 %igen Diphosphatzusatz einen durchschnittlichen P_2O_5 -Gehalt von 0,41 %. Bei einem Diphosphatzusatz von 5 % lag der P_2O_5 -Wert bei dem rohen gespritzten Fleisch bei durchschnittlich 0,63 %. Bei Schinken, die ohne Phosphat hergestellt wurden, lag die P-Zahl zwischen 1,5 und 2,0.

Den Gesamtphosphorgehalt und dessen Beeinflussung durch die Produktionsschritte bei der Kochschinkenherstellung hat BRUNINK untersucht (1992). In dieser Dissertation wurde festgestellt, dass die Oberschale die höchste P-Zahl aufweist, dass der Phosphorgehalt des Ausgangsmaterials positiv mit dem des Endproduktes korreliert, und dass die Erhöhung der Lakemenge den Phosphorgehalt erniedrigt. Schinken aus zwei verschiedenen Betrieben sind während der Produktion beprobt worden, wobei in der Herstellung kein Phosphat zugesetzt wurde. Auch ging bei der Kochung kein Wasser verloren, da entsprechende wasser- und gasdichte Kollagenfolien benutzt wurden. Es fiel auf, dass die durchschnittliche P-Zahl des Ausgangsmaterials von 2,45 in Betrieb A und 2,36 Betrieb B kontinuierlich bei der Herstellung

auf einen durchschnittlichen Wert von 2,18 in Betrieb A und 2,04 in Betrieb B im fertigen Kochschinken sank.

WEHMING und WEBER (1997) untersuchten hingegen Schinken, die im offenen Wasserbad gekocht worden sind, auf ihren Mineralstoffgehalt, wobei sie kurz auf die P-Zahl eingegangen sind. Die oben genannten Autoren haben festgestellt, dass die Schinken, denen kein Phosphat zugesetzt wurde, eine P-Zahl unter 2,2 im Endprodukt aufwiesen. Bei einer Erhöhung der Einspritzmenge von 20 % auf 40 % sank deutlich der P_2O_5 -Gehalt und damit die P-Zahl ab.

Der Einfluss von verschiedenen Phosphatdosierungen ist in der Arbeit von MÜLLER et al. (2000) genauer analysiert worden. Bei dieser Untersuchung wurden 10 Kochschinken hergestellt, welchen 20 % einer 10,2 %ige Lake injiziert wurden. Die Produkte sind in einer Schlauchfolie gekocht worden, die keinen Austausch von Wasser und Gasen zulässt. Bei der Kontrollgruppe ohne Phosphat lag die P-Zahl bei ca. 1,9 im fertigen Kochschinken. Die P-Zahl stieg bei Phosphatzugaben von 0,03 %, 0,07 % und 0,1 % kontinuierlich im Endprodukt an. Ab einer Zugabemenge von 0,2 % wurde der Richtwert von 2,4 mit einem durchschnittlichen P-Zahl-Wert von 2,5 überschritten. Bei einer Phosphatzugabe von 0,4 % erreichte die P-Zahl einen Wert um 3,5.

Die Verwendung von Phosphaten und Transglutaminasen und ihr Einfluss auf Kochschinken ist von MÜLLER (2003) erforscht worden. Dabei wurden zwei Chargen von je 10 Schinken hergestellt, welchen 20 % Lake injiziert wurde. Die Schinken wurden in Folien unter Vakuum in Metallformen gekocht. Die P-Zahl der Kontrollcharge, bei der auf einen Phosphatzusatz verzichtet wurde, erstrecke sich auf eine Spannbreite von 1,89 - 2,07. Bei Schinken, denen 0,05 % Phosphat zugesetzt wurde, blieb der P-Zahl-Bereich konstant. Die P-Zahl stieg bei Schinken mit 0,4 % Phosphatzusatz auf Werte zwischen 3,19 und 3,34.

3 Eigene Untersuchungen

Die eigenen Untersuchungen wurden in einem akkreditierten Labor (s. 3.2) durchgeführt. Das analysierte Probenmaterial stammte dabei von unterschiedlichen Betrieben.

3.1 Material

Für diese Untersuchung wurden unterschiedliche Fleischproben aus der Schinkenproduktion untersucht, wobei Proben sowohl vor der Herstellung (Nativmaterial) als auch an verschiedenen Stufen des Produktionsverlaufs genommen wurden. Die Proben wurden alle auf dieselben Parameter untersucht.

3.1.1 Untersuchung des Nativmaterials

Zur Untersuchung des Ausgangsmaterials (Tabelle 6) wurden mehrere ausgesuchte Schweinerassen oder Kreuzungen herangezogen, die unterschiedliche Fleischtypen in der Schweinezucht vertreten sollen. Es wurden daraus sechs verschiedene Gruppen aus drei verschiedenen Betrieben gebildet.

Tabelle 6: Übersicht Nativfleischproben verschiedener Schweinerassen

| Gruppe | Betrieb | Rasse | Anzahl |
|--------|---------|------------------------------------|--------|
| 1 | 1 | Hybrid: Schlachtung nach Transport | 22 |
| 2 | 1 | Hybrid: 24 h Ruhe | 29 |
| 3 | 2 | Mangalitza-Pietrain Kreuzung | 30 |
| 4 | 2 | Duroc | 8 |
| 5 | 2 | Pietrain | 36 |
| 6 | 3 | Schwäbisch-Hällische | 25 |

Um eine repräsentative Aussage über die Qualität der Schlachttierkörper für die Schinkenproduktion zu bekommen, wurden die Proben, die an unterschiedlichen Schlachthöfen in Süddeutschland genommen wurden, an verschiedenen Tagen gewonnen. Die Probennahme erstreckte sich über einen Zeitraum von Juli bis Oktober 2006. Es wurden insgesamt 150 Proben von Schlachtschweinen für diesen Teil der Untersuchung herangezogen. Die Schweine waren ca. 6 Monate alte Tiere. Die Probe wurde ventral der Symphysis pelvina aus der Oberschale (*M. semimembranosus* und *M. adductor*) genommen. Die einzelnen Stücke waren zwi-

schen 40 und 70 g schwer, so dass für die ausgewählten Analysen ausreichend Material vorhanden war. Die Proben wurden in verschließbaren Plastikbechern abgepackt, anschließend beschriftet und ordnungsgemäß gekühlt zum Labor transportiert. Zur Identifizierung wurden Schlachttag und Trichinennummer herangezogen, wodurch auch weitere Daten in Erfahrung gebracht werden konnten (Gewicht, Fleischigkeit, Handelsklasse). Im Labor wurden die Proben bei $+ 6^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ nach dem Homogenisieren bis zur Untersuchung gelagert. Nach der Analyse wurde das restliche Probenmaterial bei ca. $- 18^{\circ}\text{C}$ eingefroren, um für etwaige Nachuntersuchungen oder weitere Untersuchungen zur Verfügung zu stehen. Die Proben wurden alle einzeln per Doppelbestimmung auf den pH-Wert, den Rohprotein- und den Wassergehalt untersucht. Für die Asche- und Phosphatbestimmung wurden drei bis fünf Proben aus derselben Tiergruppe und vom selben Schlachttag zu einem Pool zusammengefasst, da für diese Untersuchung nicht der Einzelwert, sondern der Mittelwert von Bedeutung ist. Die Untersuchung wurde an drei verschiedenen Schlachtbetrieben bei sechs verschiedenen Tiergruppen durchgeführt. Im Folgenden soll eine kurze Beschreibung der Schlachthöfe und der einzelnen Tiergruppen gegeben werden.

Betrieb 1:

Bei dem Betrieb **1** handelt es sich um einen großen süddeutschen Schlachtbetrieb, der wöchentlich 3000 – 3500 Schweine schlachtet. Die Betäubung der Tiere findet mittels Einsatz von CO_2 (85 %) mit einer Betäubungsdauer von über 100 Sekunden im Gondelsystem (6 Gondeln mit jeweils zwei Masttieren) statt. Anschließend werden die Tiere entblutet, bei $+ 62 - 64^{\circ}\text{C}$ im Liegen gebrüht und für die Schlachttierkörperuntersuchung hergerichtet. Die Zeit zwischen dem Entbluten und der pH-Wert-Messung liegt bei ca. 30 Minuten. An dieser Position wurde auch die Probennahme für die Untersuchung dieser Studie durchgeführt. In diesem Betrieb wurden die Proben der **Gruppen 1** und **2** entnommen.

Gruppe 1:

Bei der Gruppe **1** handelt es sich um Masthybriden, die unmittelbar nach dem Transport geschlachtet wurden. Diese Mastschweine sind aus der Kreuzung dreier Rassen gezüchtet worden. Die Vatertiere gehören der Rasse Pietrain an, und die Muttertiere sind Kreuzungstiere aus den Rassen Deutsches Edelschwein und Deutsche Landrasse.

Gruppe 2:

Die Schweine der Gruppe **2** sind aus Vergleichsgründen vom gleichen Mäster wie diejenigen der Gruppe **1**. Sie haben ebenfalls dieselben Vater- und Mutterrassen wie die Gruppe **1**. Diese Tiere wurden am Tag vor der Schlachtung angeliefert und 24 Stunden bis zur Schlachtung aufgestallt.

Betrieb 2:

Im Betrieb **2** werden wöchentlich ca. 150 Schweine an einem Wochentag geschlachtet. Dieser Schlachthof ist ein kleiner Versuchsschlachthof im süddeutschen Raum. Die Tiere werden mittels Elektrotötung betäubt. Anschließend werden die Schweine entblutet und bei + 62 – 64 °C im Hängen gebrüht. Nach ca. 40 Minuten kommen die Tiere zur Klassifizierung, wo auch die Probennahme stattfand. Es wurden in diesem Versuchsschlachthof die Proben der **Gruppen 3, 4 und 5** gewonnen.

Gruppe 3:

In der Gruppe **3** befinden sich F3 Kreuzungstiere aus den Rassen Mangalitsa und Pietrain, was bedeutet, dass es sich um die dritte Kreuzungsgeneration dieser beiden Rassen handelt. Diese Tiere wurden am Schlachttag angeliefert, kurz aufgestallt und wegen ihrer vielen Borsten und der dafür benötigten höheren Brühtemperatur als letzte geschlachtet.

Gruppe 4:

Die Gruppe **4** setzt sich aus reinrassigen Schweinen der Rasse Duroc zusammen. Diese Tiere wurden in der Nähe des Versuchsschlachthofes gemästet. Sie wurden von dort aus zum Schlachthof ca. 15 Minuten lang getrieben, kurz in den Wartebuchten aufgestallt und anschließend geschlachtet.

Gruppe 5:

Reinrassige Pietrain Schweine werden in der Gruppe **5** zusammengefasst. Sie wurden im selben Stall gemästet wie die Tiere der Gruppe **4** und auf die gleiche Weise zur Schlachtung getrieben.

Betrieb 3:

Zwischen 3500 und 4000 Schlachtschweine werden im Betrieb **3** in der Woche geschlachtet. Es handelt sich hierbei um einen weiteren großen süddeutschen Schlachthof. Bei 35 % der geschlachteten Tiere handelt es sich um Tiere der Rasse Schwäbisch-Hällisch oder Kreuzungen daraus. Die Schweine werden mittels Elektrobetäubung betäubt und anschließend entblutet. Das Brühen findet bei 58 - 60 °C im Hängen statt. Die gesamte Schlachtlinie dauert ca. 33 Minuten bis zur Klassifizierung. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch die Proben genommen, welche die **Gruppe 6** darstellen.

Gruppe 6:

In der Gruppe **6** werden reinrassige Schwäbisch-Hällische Tiere zusammengefasst. Diese Schweine wurden am Vorabend angeliefert und in Wartebuchten aufgestellt. Die Schlachtung erfolgte nach ca. 8 Stunden.

3.1.2 Untersuchung der Kochschinken zu verschiedenen Produktionsstufen

Die Untersuchung der Kochschinken zu verschiedenen Produktionsstufen wurde im Zeitraum von Oktober 2006 bis März 2007 bei einem großen süddeutschen Schinkenhersteller (**Betrieb 4**) durchgeführt. Zum Vergleich wurden Schinkenproben im Juni 2007 bei einer kleinen süddeutschen Metzgerei (**Betrieb 5**) genommen, die noch selbst schlachtet. Einen Überblick über die gewonnenen und untersuchten Proben dieses Teils der Studie bietet Tabelle 7.

Tabelle 7: Übersicht Kochschinkenvarianten

| Gruppe | Betrieb | Schinkentyp | Anzahl (Sammelproben) |
|--------|---------|--|--|
| 1 | 4 | Hinterschinken (HS): 9 % Lake; 0,05 % Phosphat | 9 (je 4 Produktionsstufen) |
| 2 | 4 | HS: 13 % Lake; 0,25 % Phosphat | 31 (je 4 Produktionsstufen) |
| 3 | 4 | Kaminrauch: 25 % Lake; 0,25 % Phosphat | 31 (je 4 Produktionsstufen) |
| 4 | 5 | Nusschinken: 14 % Lake; 0,14 % Phosphat | 10 (je 3 Produktionsstufen; Schritt 3 Tumbeln fehlt) |

Es wurden in diesem Zusammenhang im **Betrieb 4** Proben bei der Herstellung von zwei Varianten Delikatess Hinterschinken mit verschiedenen Lake- und Phosphatmengen und einer Variante Kaminrauchschinken gewonnen. Hierbei handelt es sich jeweils um Sammelproben, die während der Produktion aus jeweils einer Charge genommen wurden, um eine repräsentative Aussage über die Zusammensetzung des zu untersuchenden Materials zu bekommen. Zusätzlich zu den drei Varianten aus dem Betrieb 4 wurde die vierte Variante aus dem **Betrieb 5** genommen. Bei dieser Variante handelt es sich um Schinken wie gewachsen, bei dem die Proben direkt vom Muskelstück gewonnen und einzeln untersucht wurden. Mit den genommenen Proben wurde versucht, einen Überblick über die Veränderung der Inhaltsstoffe im Bezug auf die P-Zahl während der Herstellung zu bekommen.

3.1.2.1 Industrielle Produktion

Da sich bei der Produktion von Kochpökelwaren je nach Produkt die Herstellungstechniken unterscheiden, muss auf die jeweils eingesetzte Kochschinkentechnologie näher eingegangen werden. Dabei ist als erstes die industrielle Herstellung zu beschreiben.

3.1.2.1.1 Produktionsablauf

Der Herstellungsablauf des **Betriebs 4** ist als Produktionsschema in Abbildung 5 dargestellt und wird anschließend erläutert. Es wird in diesem Zusammenhang auch auf die Unterschiede der drei verschiedenen Schinkentypen hingewiesen, die in diesem Betrieb hergestellt wurden und in diese Studie einfließen.

Beschreibung der unterschiedlichen Varianten im Betrieb 4:

Bei dem süddeutschen Schinkenhersteller werden verschiedene Schinken hergestellt. Die Varianten 1 - 3 wurden in die Studie aufgenommen und analysiert. Sie können, wie folgt, näher beschrieben werden:

1. **Variante 1:** Hierbei handelte es sich um einen Delikatess Hinterschinken, dem 9 % Lake und 0,05 % Phosphat bei der Herstellung zugeführt wurde. Es wurden 9 Produktionsverläufe untersucht.
2. **Variante 2:** Dieses Produkt war ebenfalls ein Delikatess Hinterschinken. Bei der Produktion wurden 13 % Lake und 0,25 % Phosphat zugeführt. 31 Produktionsverläufe mit je vier Produktionsstufen gelangten zur Untersuchung in das Labor.

3. **Variante 3:** Bei einem weiteren Erzeugnis handelte es sich um einen Kaminrauchschinken. 25 % Lake und 0,25 % Phosphat wurden dem Schinken bei der Fertigung zugegeben. Es wurden ebenfalls 31 Produktionsverläufe untersucht.

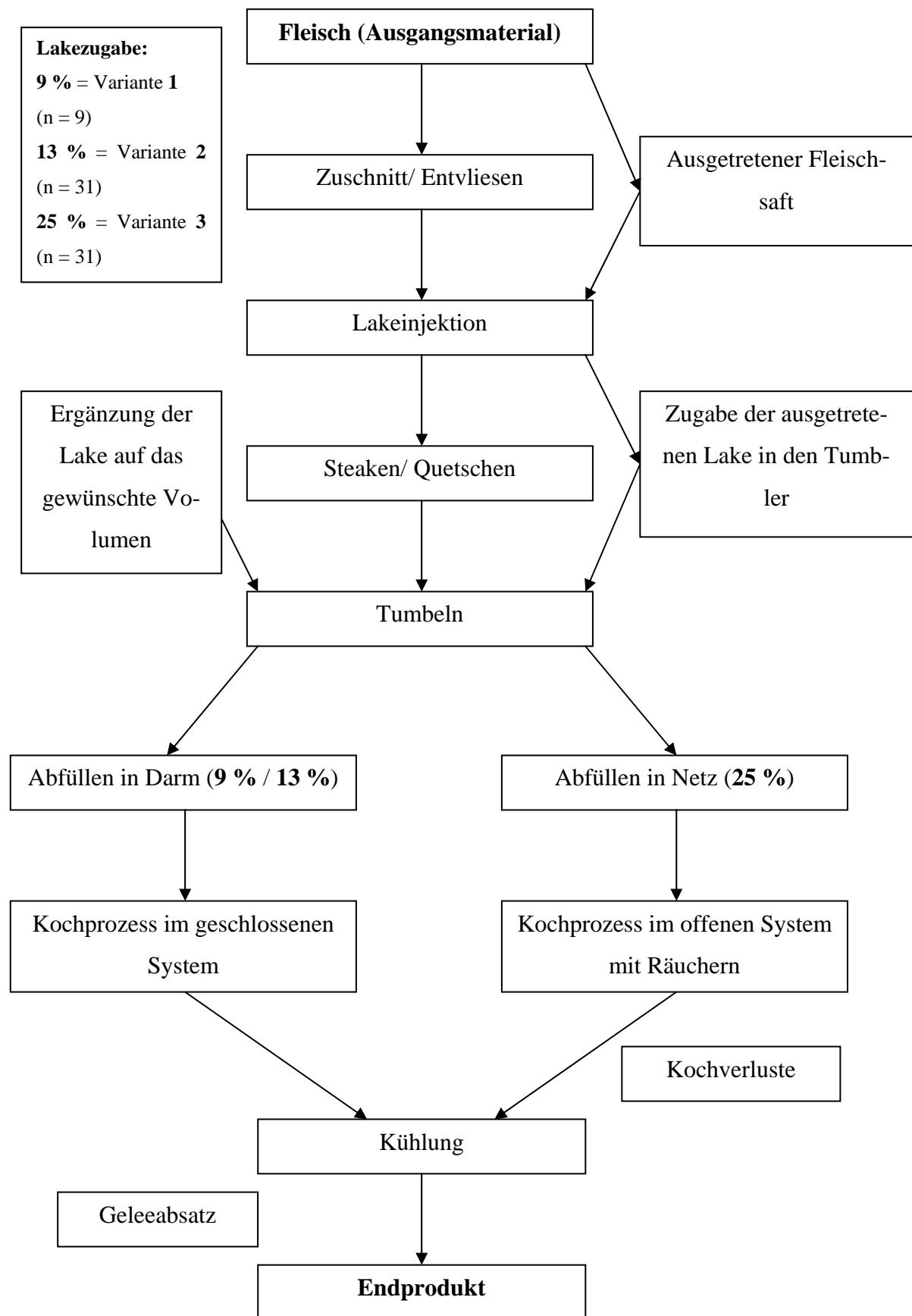


Abbildung 5: Produktionsschema des Kochschinkens im Betrieb 4

Vorbereitung des Ausgangsmaterials:

Für die Schinkenproduktion verwendet der Betrieb **4** ausschließlich Fleisch aus Schweineschlegeln. Das Fleisch wird im Stück oder als Muskelfleisch schier von verschiedenen Lieferanten gebracht. Jede ankommende Lieferung wird auf die Temperatur $< +7^{\circ}\text{C}$, auf sensorische Merkmale (Aussehen, Geruch, Konsistenz) und auf weitere Spezifikationen untersucht. Der pH-Wert wird routinemäßig nicht gemessen. Die am Stück gelieferten Schweineschlegel werden vor Ort zerlegt und zugeschnitten. Die Fleischteile werden im Zuge der Herrichtung von sichtbarem Fett, Nerven und Blutgefäßen befreit und die Muskelhäute durch das Entvließen entfernt. Das Fleisch wird in Oberschale mit Deckel, in Unterschale ohne Wade und in Nuss ohne Nussdeckel für die Verarbeitung aufgeteilt. Im Anschluss wird das Fleisch bis zur Weiterverarbeitung gekühlt.

Tag 1 der Schinkenherstellung:

Am ersten Tag der Produktion wird das Fleisch je nach herzustellender Variante für die Kochschinkenherstellung ausgewählt. Dieses Fleisch wird anschließend in der Produktion zur Lakeinjektion gebracht. Die Lake wird in einem Lakemischer (Firma Günther; GMA 1000) hergestellt. In der Lake der Variante **1** und **2** waren 70,68 % Wasser, 16,25 % NPS und 13,07 % Gewürze und Zusatzstoffe enthalten. Für die Lake der Variante **3** wurden 81,99 % Wasser, 9,96 % NPS und 8,05 % Gewürze und Zusatzstoffe verwendet. Bei den zugesetzten Phosphaten handelt es sich um Natrium- und Kalium- Di- und Triphosphate (E 450, E 451). Die Lake ist bei der Injektion in das Fleisch ca. 0°C kalt. Nach der Lakeinjektion mittels Multinadelinjektor (Firma Günther; P176/172, MAC-SPS 2000) kommt das Fleisch im Anschluss zum Steaken (Firma Günther; GT 600) und zum Quetschen (Firma Günther; GP 600). Nach kurzer Lagerung kommt das gespritzte Fleisch zur weiteren mechanischen Behandlung in den Tumbler (Firma Günther; GPS 5000 K). Der bei der Lagerung ausgetretene Fleischsaft wird ebenfalls in den Tumbler gegeben. Am Anfang des Polterns wird besonders darauf geachtet, dass die Lakemenge für die einzelnen Schinkenvarianten stimmt. Lakeverluste werden auf das gewünschte Volumen ergänzt, so dass im Zwischenprodukt die Konzentration den Herstellungsspezifikationen entspricht. Die Tumbelzeit bei der Herstellung variiert je nach Schinkentyp. Bei den Schinken der Variante **1** und **2** wird eine Tumbelstrecke von ca. 14000 m erreicht. Die Tumbelstrecke bei den Schinken der Variante **3** liegt bei ca. 24000 m.

Tag 2 der Schinkenherstellung:

Das Fleisch wird am Anfang des zweiten Tages aus dem Tumbler entnommen und bis zum Abfüllen zwischengelagert. Der Füllvorgang wird mit speziellen Kochschinkenfüllmaschinen (Firma Handtmann; Piecker Maschinery VT 95) bewerkstelligt. Die Schinken werden prall und luftfrei in die Schinkenhüllen gefüllt. Bei den Kochschinken der Variante **1** und **2** handelt es sich bei der Schinkenhülle um einen Polyamidpolyethylen-Kunststoffdarm (Firma Europlast Kunstdärme; Eurodarm KBS S2+H, Kal. 135, FB 197 mm, transparent). Dieser Darm ist weder wasser- noch gasdurchlässig. Die Schinken der Variante **3** wurden in ein formgebendes elastisches Schinkennetz (Firma AVO; Torbolannetze 72 cm, LK-009 PJ) gefüllt, wodurch der Schinken Wasser beim Kochen verliert. Im Anschluss an das Füllen werden die Kochschinken in einem kombinierten Koch- und Räucherschrank (Firma Maurer Titan) gebracht. Die Schinken der Variante **3** wurden vor dem Garen kurz geräuchert. Mit einem speziellen Kochverfahren werden die Schinken auf eine Kerntemperatur von + 70 °C erhitzt. Bei dem Kochen der Varianten **1** und **2** handelt es sich um ein Garen in einem „geschlossenen“ System, das heißt, der Schinken kann aufgrund seiner wasser- und gasdichten Hülle nicht mit der Umgebung in Interaktion treten. Der Schinken kann beim Kochen somit Wasser und andere Inhaltsstoffe weder verlieren noch aufnehmen. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei der Variante **3** um ein „offenes“ System, bei dem der Schinken mit der Umgebung in Interaktion tritt. Er verliert beim Kochen Wasser und andere Inhaltsstoffe und nimmt auf die gleiche Weise andere Stoffe wie Rauch auf.

Tag 3 der Schinkenherstellung:

Nach dem Garen wird der gekochte Schinken einen Tag lang langsam abgekühlt. Über mehrere Zwischenstufen wird der Schinken auf eine Temperatur zwischen 0 und + 1 °C gebracht, um ihn anschließend leichter in Scheiben schneiden zu können. Bei der Herstellung der Schinken im Kunststoffdarm (Variante **1** und **2**) setzt sich Gelee in einer Menge < 0,5 % ab, welches als Produktionsverlust zu werten ist. Schinken der Variante **3** weisen deutlichere Verluste bei der Herstellung auf. Der Koch- und Kühlverlust des Schinkens mit dem offenen System beläuft sich auf 14 %. Im Anschluss wird der fertige Kochschinken in Scheiben geschnitten, verpackt, gekühlt und ausgeliefert.

3.1.2.1.2 Probennahme

Entlang der Herstellung wurde das Kochschinkenerzeugnis an festgelegten Stellen beprobt und untersucht. Die Probennahme wurde an folgenden 4 Stationen während der Schinkenproduktion durchgeführt:

1. **Frischfleisch:** Zuerst wurde das Ausgangsmaterial für die Schinkenherstellung beprobt. Die dafür angefertigte Sammelprobe bestand aus 4 bis 5 Abschnitten von verschiedenen Fleischstücken einer Produktionscharge. Eine anatomische Differenzierung der Fleischteile wurde nicht vorgenommen. Die Poolprobe war zwischen 150 und 200 g schwer.
2. **Nach Spritzen:** Nach der Lakeinjektion wurde die zweite Probe von derselben Charge genommen. Es wurde ebenfalls eine Poolprobe aus 4 -5 Fleischabschnitten zusammengestellt.
3. **Nach Tumbeln:** Eine weitere Sammelprobe wurde nach der Vollendung der mechanischen Behandlung (Tumbeln) des Fleisches genommen. Diese Poolprobe wurde aus derselben Charge auf gleiche Art und Weise wie oben geschildert genommen.
4. **Endprodukt:** Nach dem Garen und dem Abkühlen wurden Proben von den fertigen Schinken gewonnen. Diese gehörten gleichfalls derselben Charge an. Die Probe von ca. 150 – 200 g wurde aus 3 – 4 verschiedenen handelsüblichen Fertigpackungen gewonnen.

Da eine persönliche Probennahme über diesen Zeitraum nicht möglich war, wurde ein Mitarbeiter des Betriebes nach mündlicher und schriftlicher Anweisung beauftragt, die Proben zu nehmen. Die Sammelproben waren jeweils 150 g schwer und wurden in einen verschließbaren Plastikbecher gefüllt. Sie wurden mit der Chargennummer, dem Produktionstag, dem verwendeten Ausgangsmaterial, der verwendeten Lakemenge, der Produktbezeichnung und dem Produktionsschritt zur eindeutigen Identifizierung beschriftet. Die Proben wurden im Betrieb bis zur wöchentlichen Abholung bei ca. – 18 °C in einem Tiefgefrierschrank gelagert und gekühlt in das Labor transportiert. Im Labor wurden sie langsam im Kühlschrank bei +6 ± 1 °C über Nacht aufgetaut. Anschließend wurden die Proben homogenisiert, der pH-Wert

bestimmt und die chemische Analyse des Wasser-, Rohprotein-, Asche- und Phosphorgehalts (gemessen als P_2O_5) per Doppelbestimmung durchgeführt. Aus den Messwerten ergab sich mittels Rechnung die P-Zahl. Es wurden insgesamt 71 Produktionsverläufe mit je vier Produktionsschritten einzeln untersucht. Die Probensätze bestehend aus vier Proben waren bei den Varianten 1 und 2 vollständig. Bei der Variante 3 fehlten eine Probe bei Schritt 1, fünf bei Schritt 3 und eine bei Schritt 4. Der bei der Untersuchung übrig gebliebene Rest der Proben wurde bei $-18^{\circ}C$ im Tiefgefrierschrank in einer geeigneten Verpackung für etwaige Nachuntersuchungen zurückgestellt.

3.1.2.1.3 Untersuchung weiteren Probenmaterials

Bei der industriellen Kochschinkenherstellung wurden zusätzlich noch weitere Proben untersucht, die aber von anderen Chargen stammten wie die oben beschriebenen Kochschinken. Es wurden vom ausgetretenen Fleischsaft 17 Proben und vom Geleeabsatz der Delikatess Hinterschinken 7 Proben untersucht, um deren Zusammensetzung festzustellen und um zu ermitteln, wie sie sich von den anderen untersuchten Proben unterscheiden. Der Fleischsaft und der Geleeabsatz wurden auf den pH-Wert, den Wassergehalt, den Rohproteingehalt, den Phosphatgehalt und die P-Zahl hin einzeln untersucht.

3.1.2.2 Handwerkliche Produktion

Um einen Vergleich zu bekommen, wurden zusätzlich zu den industriell gefertigten Schinken Kochschinken aus einem handwerklichem Betrieb untersucht. Die ausgewählte kleine süddeutsche Metzgerei (**Betrieb 5**) stellt Kochschinken traditionell aus einem Stück im natürlichen Zusammenhang her, wobei sie die dafür verwendeten Schweine selbst schlachtet.

3.1.2.2.1 Produktionsablauf

Die Schweine werden jeden Samstag in einen kleinen regionalen Schlachthof von verschiedenen Lieferanten gebracht und bis zur Schlachttag am darauffolgenden Montag aufgestellt. Bei der Schlachtung werden die Tiere mittels Elektrobetäubung betäubt und bei $+63^{\circ}C$ in einem Brühbottich gebrüht. Nachdem die Schlachtkörper übernacht im Kühlraum dieses Schlachthofs heruntergekühlt wurden, werden sie in den Betrieb 5 transportiert. Die Schweinehälften wurden dort anschließend zerlegt und die Teilstücke für die Schinkenproduktion ausgewählt. In diesem Betrieb werden ausschließlich Schinken wie gewachsen hergestellt, die nicht getumbelt werden. Die Produktion des Kochschinkens verläuft wie in Abbildung 6 dargestellt.

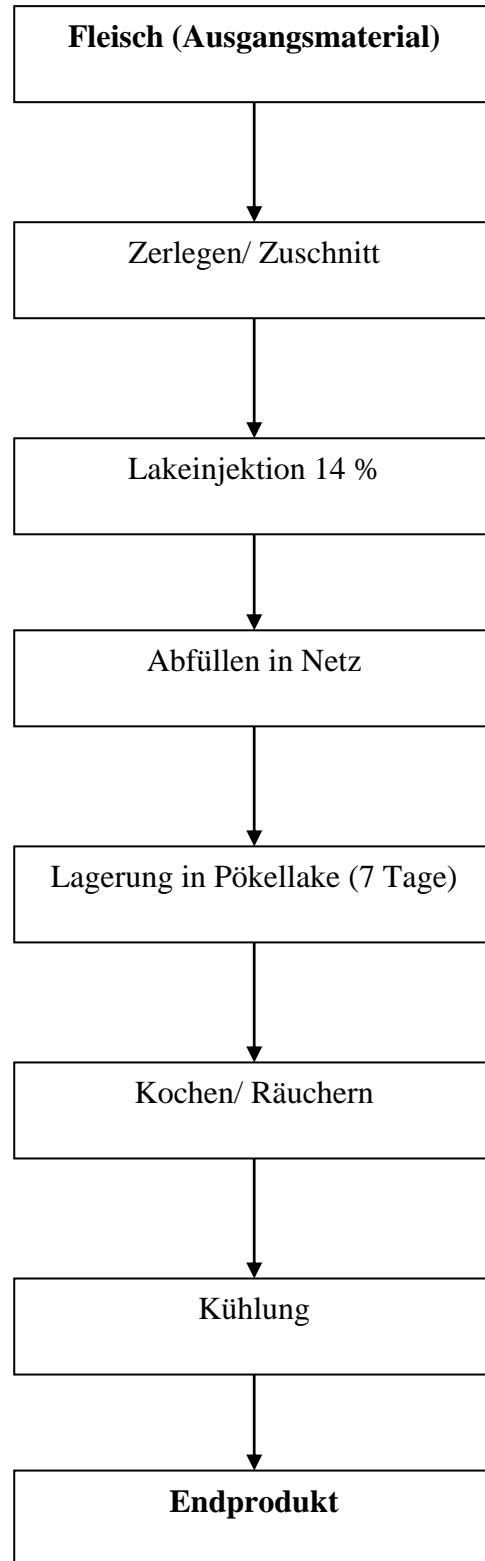


Abbildung 6: Produktionsschema des Kochschinkens im Betrieb 5

Für diese Studie wurden in Betrieb 5 die dort hergestellten Nussschinken ausgewählt. Diese werden aus dem *M. quadriceps* des Schweineschlegels hergestellt. Dieses Teilstück wird von sichtbarem Fett, Nerven und Blutgefäßen befreit und auf die gewünschte Form zugeschnitten.

Am selben Tag werden die Nusschinken gespritzt. Die dafür benötigte Pökellake wird per Hand hergestellt und besteht aus 82,6 % Wasser, 13,2 % NPS und 4,2 % Gewürzen und Zusatzstoffen. In den Schinken werden 14 % dieser Lake mittels Multinadelinjektor (Firma Rühle; PR 15) gespritzt. Bei dem verwendeten Phosphat handelt es sich ausschließlich um Diphosphat (E 450). Nach dem Spritzen werden die Fleischteilstücke in ein elastisches Netz eingezogen, um die Form zu stabilisieren. Die Schinken werden zur Lagerung und zur vollständigen Pökelung 7 Tage in diese Lake eingelegt. Dabei wird nicht auf das Verhältnis zwischen Lake und Fleisch geachtet. Die Schinken werden vor dem Garen geräuchert. Dies geschieht in einem Koch- und Räucherschrank (Firma Peukert; Finish Roboter 150), wobei dem Hersteller die genauen Verluste bei Garen und Kühlen nicht bekannt sind. Die Schinken werden auf eine Kerntemperatur von + 63 °C erhitzt. Anschließend werden sie 4 – 5 Stunden bei Raumtemperatur und anschließend übernacht bei + 4 °C ± 1 ° im Kühlraum gekühlt. Die hergestellten Nusschinken gehen danach in den Verkauf.

3.1.2.2 Probennahme

Entlang der Schinkenproduktion wurde die Probennahme an folgenden Stellen durchgeführt. Um die Fleischstücke dabei nicht zu verwechseln, wurden sie mit unterschiedlich farbigen Bändern markiert.

1. **Frischfleisch:** Zu Beginn der Untersuchung wurde von jeder Nuss eine Probe im natürlichen Zusammenhang (*M. quadriceps*) gewonnen. Die Probe war ca. 150 g schwer.
2. **Nach Spritzen:** Die zweite Probe wurde nach der Lakeinjektion von derselben Nuss genommen. Sie lag ebenfalls im natürlichen Zusammenhang vor und war ca. 150 g schwer.
3. **Endprodukt:** Die letzte Probe wurde nach dem Garen und dem Abkühlen genommen. Es handelte sich hierbei um eine ca. 150 g schwere Probe eines fertigen Nusschinkens.

Die Proben wurden nach der Probennahme in verschließbaren Plastikbechern abgepackt und mit dem Produktionstag, der Farbe des Bandes am Muskelstück und dem Produktionsschritt zur eindeutigen Identifizierung beschriftet. Die Proben wurden gekühlt in das Labor transportiert, wo sie anschließend homogenisiert wurden. Nach der Bestimmung des pH-Werts wurden die Proben chemisch auf den Wasser-, Rohprotein-, Asche- und Phosphatgehalt (gemes-

sen als P_2O_5) per Doppelbestimmung untersucht. Aus diesen Ergebnissen ergab sich die P-Zahl. Es wurden aufgrund sehr ähnlicher Ergebnisse lediglich 10 Produktionsverläufe untersucht. Der bei der Untersuchung übrig gebliebene Rest des Probenmaterials wurde bei $-18^{\circ}C$ eingefroren. Die Variante 4, die in die Studie über die P-Zahl im Kochschinken einfließt, lässt sich demnach wie folgt kurz beschreiben:

4. **Variante 4:** Bei diesem Kochpökelerzeugnis handelt es sich um einen Nuss-schinken, der im natürlichen Zusammenhang erzeugt wird. Bei der Produktion wurden 14 % Lake und 0,14 % Phosphat dem Schinken zugeführt. Es wurden 10 Produktionsverläufe untersucht

3.1.3 Untersuchung des Referenzmaterials

Zur Überprüfung der Instrumente, der Gerätschaften und der Untersuchungsmethoden wurde Referenzmaterial untersucht. Hierbei handelt es sich um „Matrix Meat Reference Material SMRD 2000“ von LGC Promochem (Boras, Sweden). Es wurde hergestellt von Swedish Meats R&D and Scan Foods (Kristianstad). Das Referenzmaterial wurde vor der Analyse ordnungsgemäß homogenisiert und auf den Wasser-, Rohprotein-, Asche- und Phosphorgehalt per Doppelbestimmung untersucht.

3.2 Methoden

Fast alle durchgeführten Untersuchungen, bis auf die pH-Wert- und Außentemperaturnmessungen in den einzelnen Schlachthöfen, fanden in einem deutschen Prüflaboratorium statt. Dieses hat eine Akkreditierung erhalten für die Bereiche Chemie und Umweltanalytik, Mikrobiologie, Sensorik, Serologie und Histologie. Nach DIN EN ISO/IEC 17025 wurde das zugrunde liegende Qualitätsmanagementsystem eingeführt, womit das Labor der Verordnung (EG) Nr. 882/2004, die die Richtlinien 93/99/EWG und 89/397/EWG aufgehoben haben, entspricht, die eine Akkreditierung für amtliche Laboratorien und für Laboratorien für Gegen-gutachten vorschreibt. Ein/eine Qualitätsmanagementbeauftragte/r kontrolliert und überwacht nach den Grundsätzen der *Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung* (OECD) für die *Gute Laborpraxis* (GLP) durch regelmäßige interne Audits die Einhaltung der Verordnung (EG) Nr. 882/2004.

Wenn nicht anders vermerkt, wurden Methoden der AMTLICHEN SAMMLUNG VON UNTERSUCHUNGSVERFAHREN nach § 64 LFGB (2006) angewandt. Diese Verfahren wurden im Sinne der guten Laborpraxis (GLP) gelegentlich abgewandelt, was im Qualitätsma-

gementhandbuch des Prüflaboratoriums festgelegt worden ist. Auf eine Auflistung aller verwendeten Geräte, Chemikalien und anderen Hilfsstoffe wurde verzichtet, da diese im QM-Handbuch eindeutig aufgeführt und beschrieben sind. Bei der nachfolgenden Beschreibung der Untersuchungen werden nur kurz die Grundprinzipien dargelegt.

Dabei umfasst die physikalische Analyse die pH-Wert-Messung und bei der chemischen Prüfung wurde auf Wasser-, Asche-, Phosphor- und Rohproteininhalt untersucht. Bei jeder Untersuchung wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt. Die ermittelten Werte geben Auskunft über die für diese Untersuchung wichtigen Inhaltsstoffe der Kochschinken, der Zwischenprodukte und des Ausgangsmaterials, zudem wird aus den gemessenen Werten die P-Zahl errechnet.

3.2.1 Probenvorbereitung

Die Vorbereitung der Proben erfolgte nach dem Verfahren L 06.00 – 1 (1980). Das Probenmaterial wurde von Schwarten und größeren Fettstücken befreit (falls vorhanden) und in Würfel geschnitten. Diese wurden in einem Homogenisator fein zerkleinert und gründlich durchmischt. Eventuell ausgetretene Flüssigkeiten wurden vor dem Homogenisieren wieder zugeführt. Zur Aufbewahrung der Probe wurde ein inertes und gut verschließbares Gefäß benutzt. Die Lagerung erfolgte ohne die Möglichkeit einer negativen Beeinflussung (Austrocknung, Verderb usw.) der Probe. Bei nicht sofortiger Weiterverarbeitung wurde die Probe vor der Untersuchung erneut ausreichend vermischt, um den Flüssigkeitsabsatz in die Untersuchung miteinzubeziehen.

3.2.2 pH-Wert

Die pH-Wert-Messung erfolgte elektrometrisch gemäß der Methode L 06.00 – 2 (1980). Die pH-Elektrode wurde mit zwei Standard-Pufferlösungen (pH-Wert 4,0 und 7,0) kalibriert. Beim Erreichen einer Konstanz im angezeigten Wert wurde die pH-Wert-Messung an einer zweiten Stelle der Probe wiederholt und mit zwei Stellen hinter dem Komma abgelesen. Die pH-Wert-Messung wurde beim Nativfleisch vor Ort in den einzelnen Schlachtbetrieben und bei den Kochschinken, den Produktionszwischenstufen und dem Ausgangsmaterial im Institut durchgeführt, wobei im Institut die pH-Wert-Messung in homogenisiertem Material erfolgte (Firma Knick; pH-Meter 766 Calimatic). In den einzelnen Schlachtbetrieben wurde der pH-Wert mit dem Gerät pH-Star CPU (Firma Matthäus, Nobitz) gemessen. Der pH-Wert ist immer an der Tierkörperhälfte genommen worden, an der der Schlachtkörper nicht aufgezogen worden war. Mit einem Vorstechdorn für die pH-Elektrode (Firma Matthäus, Nobitz) wurde

ein Loch in die Messkette (Fett- und Faszienauflage) gestochen. Daraufhin wurde die Glaselektrode ca. 2,5 cm tief eingeführt, um einen optimalen Kontakt der Elektrode zu gewährleisten. Der pH-Wert wurde im *M. semimembranosus* im Winkel von 120° ca. 5 cm vom kaudalen Ende der Symphysis pelvina von medial nach lateral genommen.

3.2.3 Wasser

Die Bestimmung des Wasser- und Trockenmassegehalts erfolgte nach dem Verfahren L 06.00 – 3 (2004). Nach dem Einwiegen der ca. 5 – 7 g schweren homogenisierten Probe in eine Metallschale wurde sie mittels eines Glasstabes in Seesand verrieben und bei ca. +103 °C im Trockenschrank getrocknet. Nach 4 Stunden erfolgten das Abkühlen im Exsikkator und das Auswiegen der Schale. Mit folgender Formel wurde der Wassergehalt w (Wasser) in g/100 g Probe berechnet:

$$w \text{ (Wasser)} = m \text{ (Wasser)} * 100 / m \text{ (Einwaage)}$$

3.2.4 Asche

Die Methode L 06.00 – 4 (2007) wurde zur Bestimmung des Aschegehalts herangezogen. Ungefähr 5 g der homogenisierten Probe wurden in einem Quarziegel eingewogen und bei 103 °C im Trockenschrank vorgetrocknet. Anschließend veraschte die Probe 6 Stunden bei 600 °C im Muffelofen. Bevor die Probe ausgewogen wurde, ist sie eine Stunde zum Abkühlen in den Exsikkator gestellt worden. Der Aschegehalt w (Asche) in g/100 g Probe wurde wie folgt berechnet:

$$w \text{ (Asche)} = (m \text{ (Tiegel + Asche nach dem Glühen)} - m \text{ (Tiegel leer vor dem Glühen)}) / m \text{ (Einwaage)}$$

3.2.5 Rohprotein

Zur Ermittlung des Rohproteingehalts wurde das Kjeldahl-Verfahren L 06.00 – 7 (2007) eingesetzt. Von der homogenisierten Probe wurden 0,5 – 1 g eingewogen. Der organisch gebundene Stickstoff der Probe wurde durch Aufschluss der Substanzen mit konzentrierter Schwefelsäure bei 400 – 410 °C in Ammoniumsulfat überführt. Nach Versetzen mit überschüssiger Lauge wurde durch Wasserdampfdestillation Ammoniak übergetrieben, in gesättigter Borsäurelösung aufgefangen und anschließend mit Salzsäure (0,1 mol/l) bis zum Farbumschlag über lila nach rot titriert. Der Gesamtstickstoffgehalt w (Gesamtstickstoffgehalt) in g/100 g Probe wurde nach folgender Gleichung berechnet:

$$w \text{ (Gesamtstickstoffgehalt)} = V \text{ (HCl)} * 0,0014007 * 100 / m \text{ (Einwaage)}$$

3.2.6 P₂O₅-Gehalt

Die Bestimmung des Gesamtphosphorgehalts gemessen als P₂O₅ folgte der Arbeitsanweisung L 06.00 – 9 (1992) der AMTLICHEN SAMMLUNG. Für die Analyse wurden ca. 5 g der homogenisierten Probe eingewogen. Die Probe wurde trocken verascht und die Asche in Salpetersäure hydrolysiert. Nach Zusatz einer salpetersauren Lösung von Ammoniumvanadat und Ammoniumheptamolybdat zu einem aliquoten Teil dieser Lösung entsteht eine Gelbfärbung, deren Extinktion photometrisch gemessen wurde. Die Extinktion ist der Phosphorkonzentration direkt proportional. Zur folgenden Berechnung muss eine Eichgerade mit Lösungen bekannter P₂O₅-Konzentrationen erstellt werden, um den Phosphorgehalt w (Gesamtphosphorgehalt) in g/100 g Probe zu ermitteln:

$$w \text{ (Gesamtphosphorgehalt)} = x \text{ (Eichgerade)} / 2 * m \text{ (Einwaage)}$$

3.2.7 P-Zahl

Die P-Zahl basiert auf dem Verhältnis von P₂O₅-Gehalt zur Rohproteingehalt. Die P-Zahl stellt somit eine empirische Zahl dar. Beide Inhaltsstoffe wurden nach den Methoden der AMTLICHEN SAMMLUNG bestimmt (siehe Punkt 3.2.1.5 und 3.2.1.6). Die P-Zahl wurde auf folgende Weise berechnet:

$$\text{P-Zahl} = \frac{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ (%)} * 100}{\text{Rohprotein in \%}}$$

4 Ergebnisse

Die statistische Analyse wurde mit der SPSS 15.0 Windows Evaluation Version Software durchgeführt, wobei die Auswertung durch das statistische Beratungslabor des Statistikinstituts der Ludwig-Maximilians-Universität unterstützt wurde.

4.1 Beschreibung der statistischen Begriffe und Abkürzungen

Die chemischen und physikalischen Ergebnisse beim Nativfleisch und beim Kochschinken wurden für die einzelnen, bei der Studie bestimmten, Parameter in Prozent auf zwei Stellen und bei der Standardabweichung auf drei Stellen nach dem Komma angegeben. Die Untersuchung bestand aus der Ermittlung des pH-Werts, des Wasser-, Asche-, Phosphat- und Rohproteingehalts, womit sich die P-Zahl und das Wasser-Eiweißverhältnis auf rechnerischem Weg ergaben. Bei diesen Parametern wird in Folgendem der Mittelwert (\bar{x}), der Median (M), die Standardabweichung (s), der Maximal- (Max) und der Minimalwert (Min) angeführt. Diese Vorgehensweise bei der Auswertung der Analysenwerte stellte bei dem kleinen Datensatz laut Statistiklabor den richtigen Weg dar. Der Mittelwert beschreibt dabei den arithmetischen Durchschnittswert verschiedener Zahlenwerte. Der Median ist der in der Mitte liegende Wert einer geordneten Häufigkeitsverteilung. Der auch als Zentralwert bezeichnete Median ist im Gegensatz zum Mittelwert stabil gegenüber Ausreißern. Mit der Standardabweichung wird die Verteilung der Einzelwerte in einer Stichprobe näher charakterisiert.

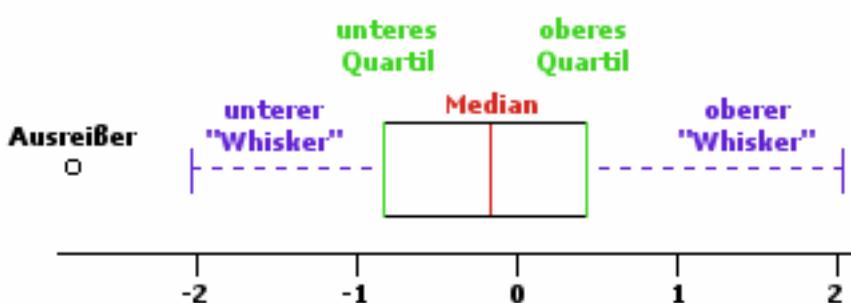


Abbildung 7: Schema eines Boxplots (N.N., 2007 d)

Die graphischen Darstellungen basieren auf ungerundeten Ergebnissen. Bei den Abbildungen werden zum einen Boxplots (Abbildung 7), die zur Illustration einer numerischen Reihe dienen, gebraucht. Ein Quartil nimmt dabei den Ergebnisraum für 25 % der Ergebnisse ober- bzw. unterhalb des Medians ein. Ferner werden Säulendiagramme zur Darstellung der Häufigkeitsverteilung eines Parameters bei den Nativfleischproben (= frisches Ausgangsmaterial) verwendet. Daneben kommen Verlaufskurven einzelner Parameter während der Produktion

der Kochschinken zur Verwendung, um die Veränderungen besser zu illustrieren. Bei den drei Schinkenvarianten des Betriebs 4 wurden vier Produktionsstufen untersucht und graphisch als Verlaufskurve dargestellt. Beim der Variante 4 des Betriebs 5 kam eine andere Herstellungsweise zum Einsatz. Das Fleisch wurde nicht getumbelt, was bedeutet, dass der Produktions schritt 3 fehlt. Um dennoch alle vier Schinkenvarianten in einem Diagramm vergleichen zu können, wurden bei Variante 4 für die fehlenden Werte die Werte des Produktionsschritts 2 nochmals eingesetzt. Dies bewirkt bei den Verlaufskurven der Variante 4 des Betriebs 5, dass Schritt 2 und 3 den gleichen Zahlenwert haben und somit graphisch ein Plateau bilden.

4.2 Fleischproben verschiedener Schweinerassen

Die Fleischproben ($n = 150$) aus der Oberschale (*M. semimembranosus*) der einzelnen Schweinerassen wurden gemäß den aufgeführten amtlichen Methoden (s. 3.2.1) auf die einzelnen Untersuchungsparameter hin analysiert. Auf die unterschiedlichen pH₁-Werte der verschiedenen Rassen wird nicht weiter eingegangen, da für die Schinkenherstellung der End-pH-Wert entscheidend ist. Die Probenanzahl der Gruppe 4 erwies sich für eine statistisch gesicherte Aussage über die Rasse Duroc mit 8 Tieren als zu gering. Sie wurde dennoch in die Statistik miteinbezogen. Alle Ergebnisse der Nativfleischproben werden in Tabelle 8 zusammengefasst.

Der Wassergehalt des Nativfleisches lag bei allen 6 Gruppen in einem engen Bereich zwischen dem kleinsten Mittelwert mit 74,80 % (Gruppe 6) und dem höchsten Mittelwert mit 75,78 % bei Gruppe 4. Ebenfalls erwies sich der Mittelwert des Rohproteingehalts zwischen 22,55 % und 23,47 % (Gruppe 4 und 3) als konstant um 23 %. Die Durchschnittswerte bei dem Aschegehalt mit 1,09 % bis 1,18 % (Gruppe 1 und 5) und dem Phosphorgehalt (gemessen als P₂O₅) zwischen 0,49 % und 0,53 % (Gruppe 6 und 1) erstreckten sich gleichfalls in einem engen Ergebnisraum. Das Wasser-Eiweißverhältnis ergab Mittelwerte im Bereich zwischen 3,21 und 3,37 (Gruppe 3 und 4). Bei der P-Zahl lagen die Mittelwerte der einzelnen Rassen zwischen 2,14 und 2,31 (Gruppe 6 und 1). Die weiteren Mittelwerte sowie die restlichen Daten der Untersuchung des Nativfleisches sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Analysenwerte der Nativfleischproben (Oberschale) verschiedener Schweinerassen (n = 150)

| Rasse | n | G. | | pH-Wert | H ₂ O % | RP % | P ₂ O ₅ % | Asche % | P-Zahl | H ₂ O/FE |
|---|----|----|--------|---------|--------------------|-------|---------------------------------|---------|--------|---------------------|
| Hybrid: Schlachtung nach Trans- port | 22 | 1 | — x | 6,19 | 75,15 | 22,94 | 0,53 | 1,09 | 2,31 | 3,28 |
| | | | s | 0,247 | 0,713 | 0,428 | 0,017 | 0,050 | 0,065 | 0,086 |
| | | | M | 6,23 | 75,17 | 22,97 | 0,53 | 1,10 | 2,27 | 3,28 |
| | | | Min | 5,58 | 73,80 | 22,24 | 0,51 | 1,03 | 2,26 | 3,09 |
| | | | Max | 6,45 | 76,43 | 23,92 | 0,55 | 1,18 | 2,41 | 3,38 |
| Hybrid: Schlachtung nach 24 h Ruhe | 29 | 2 | — x | 6,24 | 75,38 | 23,31 | 0,51 | 1,11 | 2,18 | 3,23 |
| | | | s | 0,204 | 0,625 | 0,528 | 0,011 | 0,032 | 0,044 | 0,088 |
| | | | M | 6,29 | 75,40 | 23,26 | 0,50 | 1,10 | 2,17 | 3,24 |
| | | | Min | 5,68 | 74,14 | 22,22 | 0,49 | 1,08 | 2,13 | 3,06 |
| | | | Max | 6,58 | 76,45 | 24,28 | 0,52 | 1,16 | 2,25 | 3,44 |
| Mangaliza- Pietrain Kreuzung | 30 | 3 | — x | 6,27 | 75,19 | 23,47 | 0,51 | 1,14 | 2,18 | 3,21 |
| | | | s | 0,320 | 0,755 | 0,692 | 0,015 | 0,025 | 0,068 | 0,120 |
| | | | M | 6,37 | 75,17 | 23,43 | 0,51 | 1,14 | 2,17 | 3,21 |
| | | | Min | 5,60 | 73,97 | 22,23 | 0,49 | 1,10 | 2,11 | 2,98 |
| | | | Max | 6,85 | 77,31 | 24,85 | 0,54 | 1,17 | 2,32 | 3,48 |
| Duroc | 8 | 4 | — x | 6,67 | 75,78 | 22,55 | 0,50 | 1,15 | 2,20 | 3,37 |
| | | | s | 0,243 | 0,777 | 0,798 | 0,005 | 0,005 | 0,000 | 0,159 |
| | | | M | 6,70 | 75,58 | 22,80 | 0,50 | 1,15 | 2,20 | 3,30 |
| | | | Min | 6,26 | 75,13 | 20,74 | 0,49 | 1,14 | 2,20 | 3,26 |
| | | | Max | 6,97 | 77,43 | 23,24 | 0,50 | 1,15 | 2,20 | 3,73 |
| Pietrain | 36 | 5 | — x | 6,36 | 75,57 | 23,13 | 0,51 | 1,18 | 2,21 | 3,27 |
| | | | s | 0,290 | 0,641 | 0,707 | 0,019 | 0,022 | 0,089 | 0,127 |
| | | | M | 6,36 | 75,54 | 23,23 | 0,51 | 1,18 | 2,25 | 3,26 |
| | | | Min | 5,59 | 74,28 | 20,74 | 0,48 | 1,16 | 2,06 | 3,06 |
| | | | Max | 6,81 | 77,06 | 24,24 | 0,54 | 1,22 | 2,30 | 3,71 |
| Schwäbisch- Hällisch | 25 | 6 | — x | 6,69 | 74,80 | 23,30 | 0,49 | 1,15 | 2,14 | 3,21 |
| | | | s | 0,186 | 0,560 | 0,537 | 0,010 | 0,010 | 0,037 | 0,087 |
| | | | M | 6,71 | 74,73 | 23,36 | 0,49 | 1,15 | 2,14 | 3,19 |
| | | | Min | 6,25 | 73,06 | 22,18 | 0,48 | 1,14 | 2,09 | 3,07 |
| | | | Max | 7,12 | 75,79 | 24,17 | 0,51 | 1,17 | 2,20 | 3,41 |

G. = Gruppe

In der Abbildung 8 wird der Bereich zwischen dem Minimal- und Maximalwert und der Median der P-Zahlen der 6 Gruppen miteinander verglichen. Die Gruppe 1 wies mit einer P-Zahl von 2,41 von den hier insgesamt 150 erfassten Proben den höchsten Einzelwert und die Gruppe 5 mit 2,06 den niedrigsten Einzelwert auf. Die größte Spannweite der Einzelergebnisse hatte die Gruppe 5, welche sich über 0,24 Einheiten ausdehnt. Die kleinste Spannweite befand sich mit Ausnahme der Gruppe 4 bei der Gruppe 6 mit 0,11 Einheiten, wobei auch einzelne

Ausreißer zu verzeichnen waren. Den höchsten Medianwert zeigte mit 2,27 die Gruppe 1 und den niedrigsten die Gruppe 6 mit 2,14. Insgesamt wurde durch die Darstellung deutlich, dass mit Ausnahme der Gruppe 4 die P-Zahl bei den verschiedenen Schweinerassen offensichtlichen Schwankungen unterlag und sich die P-Zahl-Bereiche der einzelnen Gruppen mit Ausnahme von Gruppe 1 und 6 überlappten.

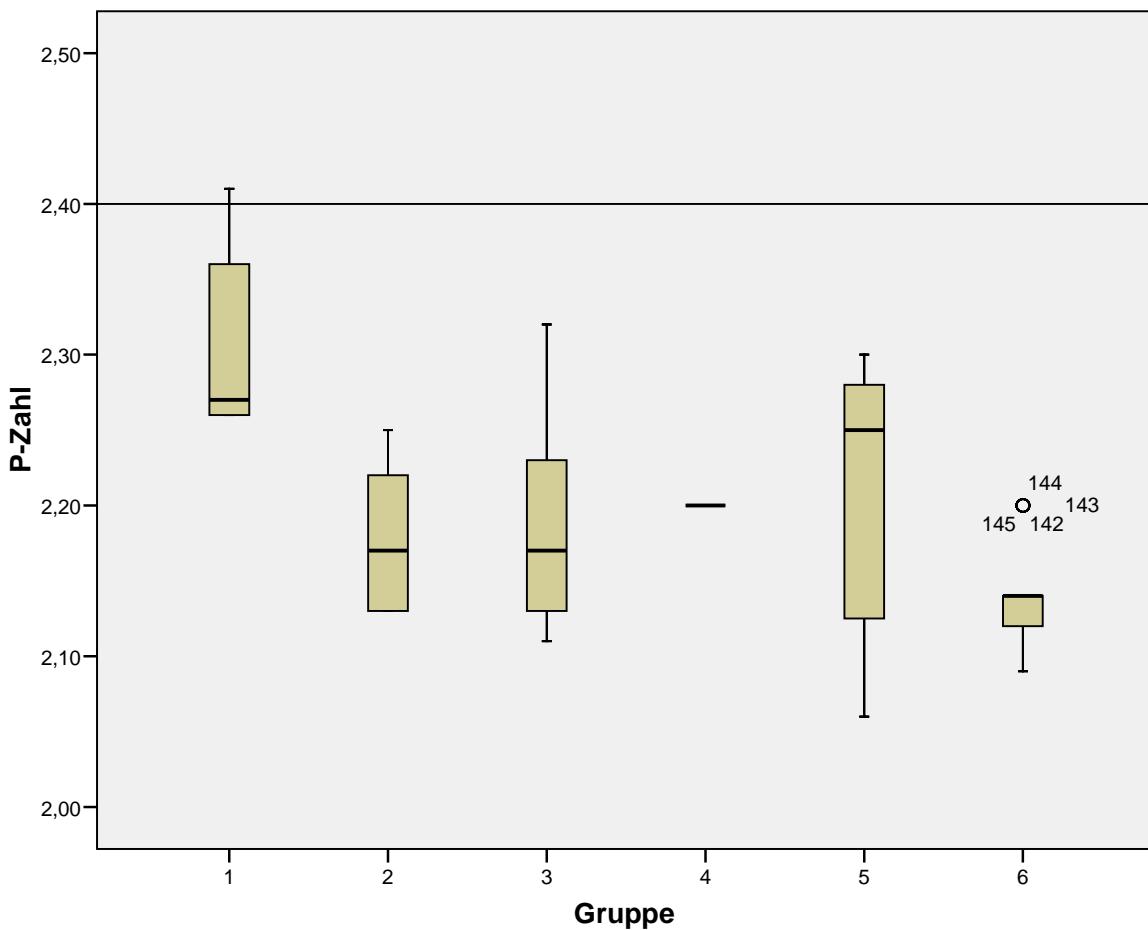


Abbildung 8: P-Zahl der Nativfleischproben verschiedener Schweinerassen

Gruppe: s. Tab. 8

4.3 Gesamtes Probenkollektiv des Nativfleisches (n = 230)

Alle Ergebnisse (n = 230) von unbehandelten Fleischproben wurden für eine gesicherte Aussage über die durchschnittliche Zusammensetzung des Ausgangsmaterials für die Kochschinkenherstellung in einer Statistik zusammengefasst. Sie besteht aus den Fleischproben der einzelnen Schweinerassen (s. 4.2) und den Proben des Schrittes 1 bei der Kochschinkenherstellung (= Ausgangsmaterial). So wurden die 150 Proben aus den Oberschalen der sechs Nativfleisch-Gruppen der unterschiedlichen Rassen, die 10 Nativproben (= Schritt 1) aus der Nuss (*M. quadriceps*) des Betriebs 5 und die 70 Nativproben (= Schritt 1) aus dem Betrieb 4, wobei es sich hier um Sammelproben handelte, bei denen eine anatomische Differenzierung nicht

durchgeführt wurde, in ein Probenkollektiv zusammengefasst. Die insgesamt 230 Proben stammten schließlich aus unterschiedlichen Muskelstücken des Schweineschlegels und kamen von unterschiedlichen Schlachtbetrieben. Ferner wurden die Fleischstücke an verschiedenen Tagen nach der Schlachtung analysiert. Die gewonnenen Frischfleischproben waren bei der Entnahme zwischen 1 und 7 Tage alt. Die Ergebnisse werden mittels Tabelle 9 und Säulendiagrammen (Abb. 9 – 12) dargestellt. Es wurden nur Diagramme über den Rohprotein- und Phosphatgehalt, die daraus errechnete P-Zahl und den Wassergehalt als größten Mengenanteil des Fleisches erstellt.

In der Tabelle 9 wird auf die Mittelwerte aller genommenen Nativfleisch-Proben eingegangen. Der mittlere Wassergehalt aller Proben lag bei 75,03 %, der Rohprotein gehalt bei 23,12 %, der Aschegehalt bei 1,15 % und der Phosphatgehalt bei 0,51 %. Das Wasser-Eiweißverhältnis hatte einen mittleren Wert von 3,25. Die P-Zahl besaß einen Durchschnittswert von 2,19. Der pH-Wert ist in dieser Auswertung aufgrund der unterschiedlich alten Proben nicht aussagekräftig, da bei 150 Proben der pH₁-Wert und bei den restlichen 80 Proben der End-pH-Wert gemessen wurde.

Tabelle 9: Analysenwerte der gesamten Nativfleischproben (n = 230)

| | | pH-Wert | H ₂ O % | RP % | P ₂ O ₅ % | Asche % | P-Zahl | H ₂ O/FE |
|-----------------------------------|-----------|---------|--------------------|-------|---------------------------------|---------|--------|---------------------|
| Gesamtes Nativ-Material (n = 230) | \bar{x} | 6,10 | 75,03 | 23,12 | 0,51 | 1,15 | 2,19 | 3,25 |
| | s | 0,446 | 0,933 | 0,768 | 0,020 | 0,051 | 0,086 | 0,134 |
| | M | 6,16 | 75,11 | 23,17 | 0,51 | 1,15 | 2,18 | 3,24 |
| | Min | 5,32 | 70,60 | 20,10 | 0,43 | 1,00 | 1,85 | 2,80 |
| | Max | 7,12 | 77,43 | 25,40 | 0,55 | 1,40 | 2,49 | 3,80 |

Auf die **Häufigkeitsverteilung der P-Zahl** geht die Abbildung 9 ein. In diesem Zusammenhang fallen die beiden Extremwerte nach unten mit 1,85 und 1,89 und der Extremwert nach oben mit 2,49 auf. Diese Extremwerte kamen bei dem Verarbeitungsfleisch des Betriebes 4 vor. Ebenfalls zeigte sich, dass das häufigste Ergebnis bei 2,10 lag, und dass sich die Werte im Bereich zwischen 2,10 und 2,30 konzentrierten. Ferner wies die Abbildung Werte über 2,40 auf.

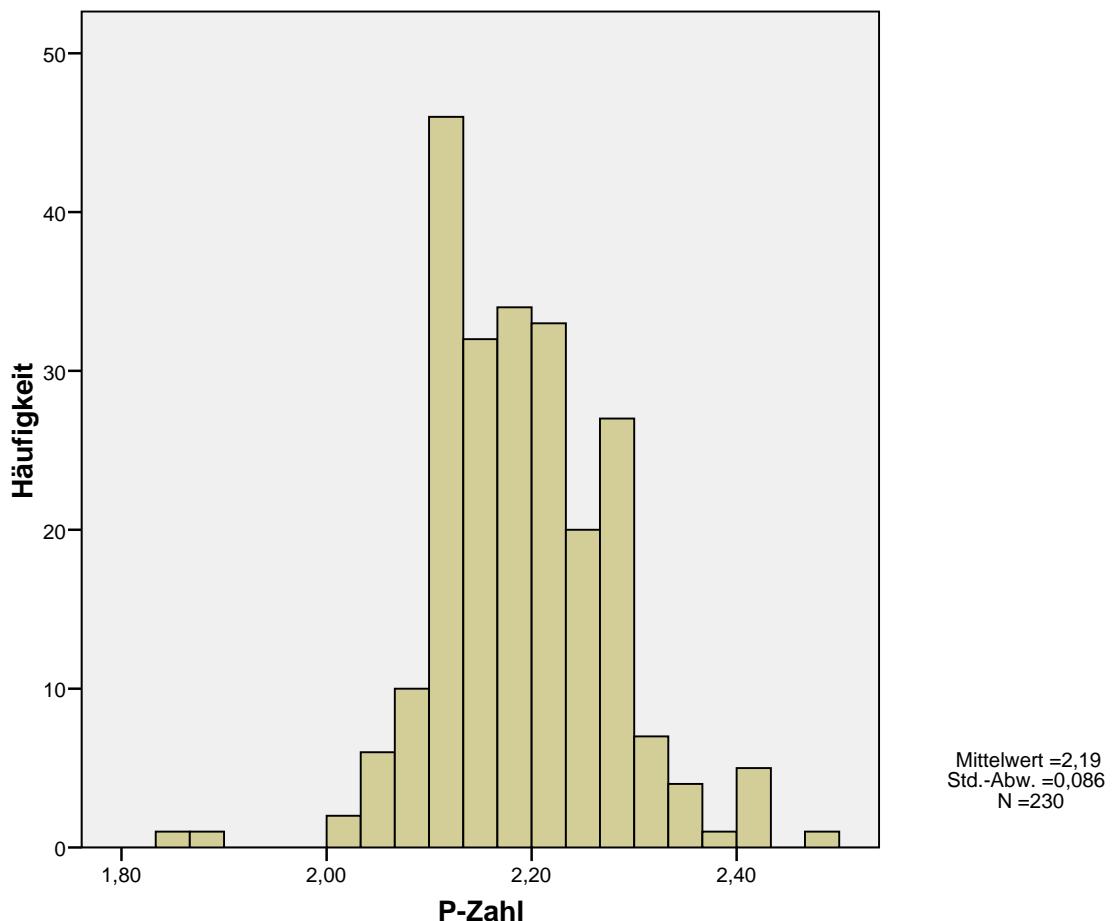


Abbildung 9: Verteilung der P-Zahl der Nativfleischproben (n = 230)

In der Abbildung 10 wird auf die **Häufigkeitsverteilung des Rohproteingehalts** näher eingegangen. Es zeigt sich, dass das zahlreichste gemessene Ergebnis bei 23,00 % lag. Die Werte konzentrierten sich in einem Bereich zwischen 22,00 % und 24,20 % (vergleiche Tab. 1). Gleichfalls ragen die Extremwerte unter 21,00 % und über 25,00 % hervor.

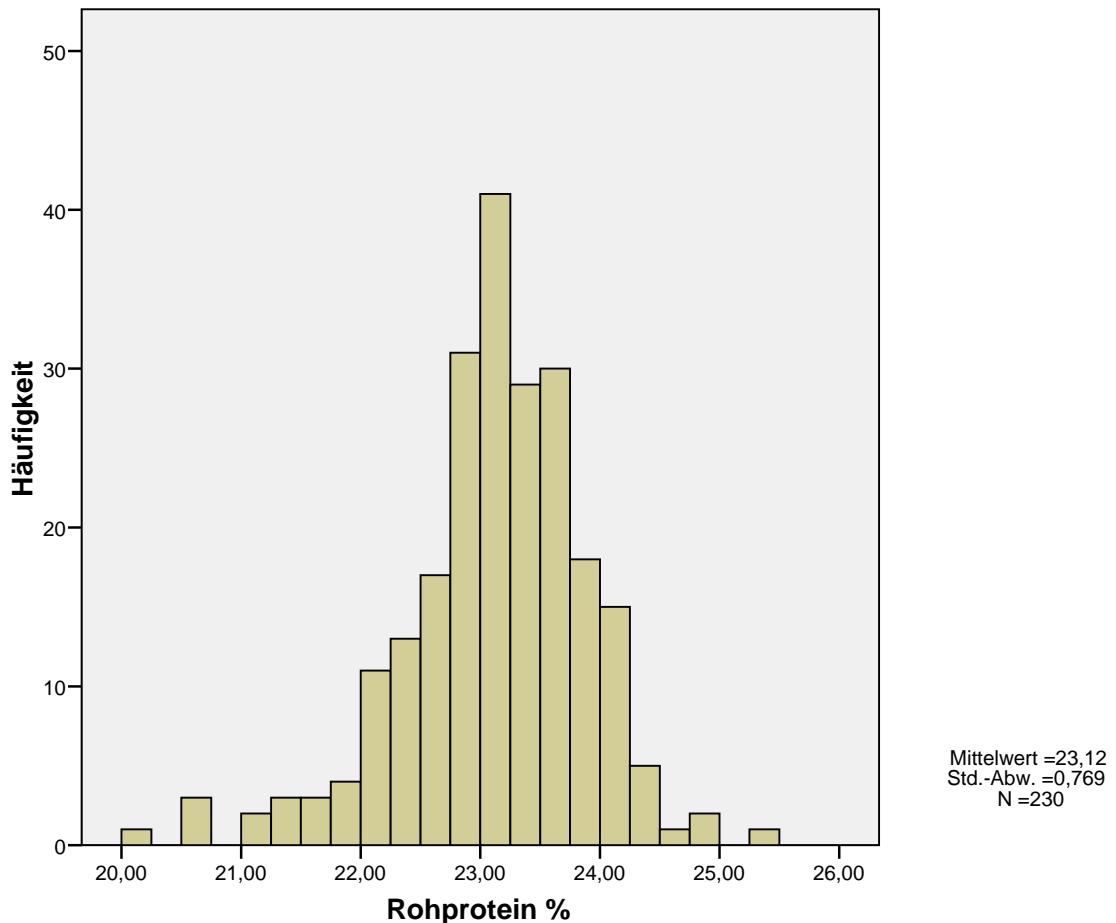


Abbildung 10: Verteilung des Rohproteingehalts der Nativfleischproben (n = 230)

Die Abbildung 11 stellt die **Häufigkeitsverteilung des Phosphatgehalts** dar. In dem Säulendiagramm liegt der Großteil der Messwerte in einem Bereich zwischen 0,48 % und 0,53 %. Es traten ebenfalls Extremwerte nach unten auf. Das häufigste Ereignis war 0,51 %.

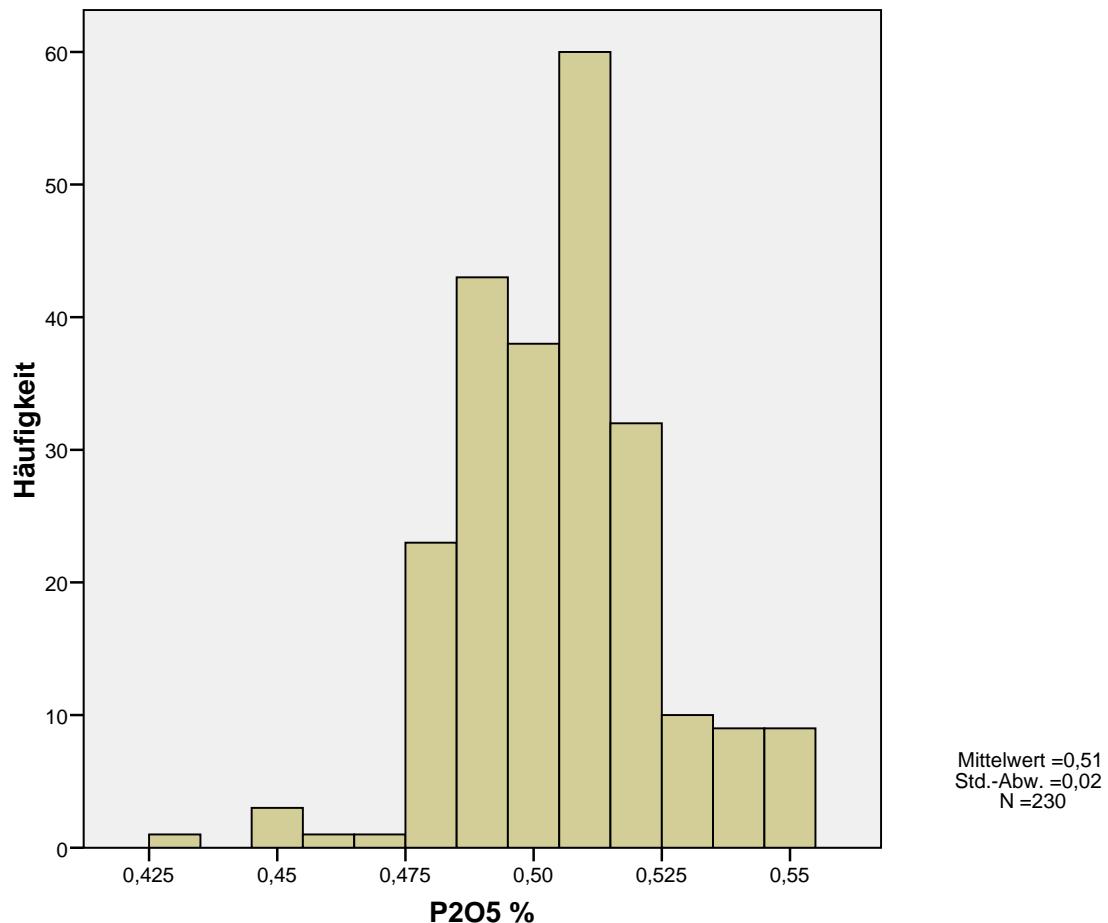


Abbildung 11: Verteilung des P₂O₅-Werts der Nativfleischproben (n =230)

Die **Häufigkeitsverteilung des Wassergehalts** wird in der Abbildung 12 illustriert. Der am zahlreichsten vorkommende Wert lag bei 75 %. Zwischen 74 % und 76 % konzentrierten sich die Werte bei dem Wassergehalt (vergleiche Tab. 1). Ebenso traten Ausreißer in beide Richtungen auf, wobei diejenigen unterhalb von 72 % und oberhalb von 77 % auffallen.

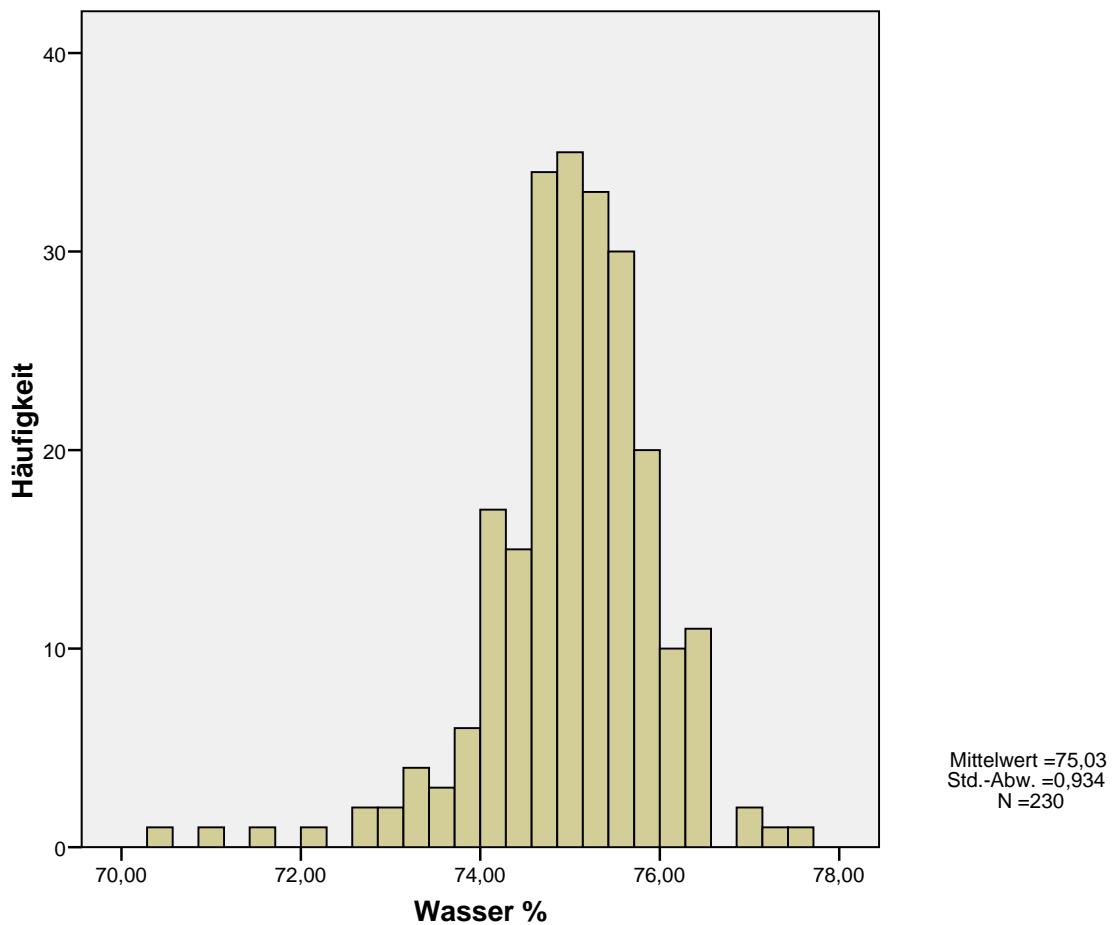


Abbildung 12: Verteilung des Wassergehalts der Nativfleischproben (n = 230)

4.4 Kochschinken während der Produktion

Die bei der Kochschinkenherstellung entnommenen Proben wurden zunächst einzeln je nach Variante und Produktionsschritt ausgewertet. In die Untersuchung sind 4 Schinkenvarianten eingeflossen. Vier Produktionsschritte kamen bei den Schinken der Variante 1 – 3 im Betrieb 4 zum Einsatz und drei Produktionsstufen bei der Variante 4. Zur Verdeutlichung der einzelnen Schinkenvariationen werden in Tabelle 10 nochmals die entscheidenden Produktionsparameter aufgeführt. Die Schinken der Varianten 1 und 2 wurden in einem geschlossenen, die Varianten 3 und 4 in einem offenen System gekocht.

Tabelle 10: Übersicht Kochschinkenvarianten

| Variante | Betrieb | Schinkentyp | Anzahl (Sammelproben) |
|----------|---------|--|--|
| 1 | 4 | Hinterschinken (HS): 9 % Lake; 0,05 % Phosphat | 9 (je 4 Produktionsstufen) |
| 2 | 4 | HS: 13 % Lake; 0,25 % Phosphat | 31 (je 4 Produktionsstufen) |
| 3 | 4 | Kaminrauch: 25 % Lake; 0,25 % Phosphat | 31 (je 4 Produktionsstufen) |
| 4 | 5 | Nusschinken: 14 % Lake; 0,14 % Phosphat | 10 (je 3 Produktionsstufen; Schritt 3 (= Tumbeln) fehlt) |

Die Mittelwerte der Analysenergebnisse sind nach den 4 Schinkenvariationen getrennt in 4 Tabellen (Tab. 11 - 14) aufgeführt. Dabei ist zu beachten, dass die Variante 4 auf eine unterschiedliche Weise als die anderen Schinken produziert wurde. Diese Variante wurde nicht getumbelt. Weiter werden die Schinkenvariationen anhand verschiedener Abbildungen miteinander verglichen (Abb. 13 – 18). In diesem Vergleich wird nur auf die wichtigsten Parameter wie Wasser-, Rohprotein- und Phosphatgehalt sowie die P-Zahl eingegangen. Die restlichen ermittelten Analysenwerte wie pH-Wert, Aschegehalt und das Wasser-Eiweißverhältnis sind in den einzelnen Tabellen aufgeführt und werden lediglich bei Bedarf beschrieben.

4.4.1 Variante 1

Bei der Schinkenvariante 1 handelt es sich um einen Schinken, bei dem 0,05 % Phosphat und 9 % Lake bei der Herstellung zugeführt wurden. Der Schinken wurde in einem geschlossenen System gekocht. Dies wirkte sich folgendermaßen auf den Kochschinken während der Herstellung aus.

- Der Wassergehalt stieg vom Frischfleisch (74,61 %) leicht nach der Lakeinjektion an und fiel dann geringgradig bis zum Endprodukt auf 74,01 %.
- Der Rohproteingehalt sank von 23,12 % im Frischfleisch um 3,3 % im getumbelten Schinken und nahm leicht zum fertigen Kochschinken auf 20,21 % zu.
- Der Phosphatgehalt verringerte sich vom Nativfleisch (0,50 %) nach der Lakeinjektion um 0,05 % und stieg später geringgradig bis zum Schritt 4 (0,46 %) an.
- Die P-Zahl erhöhte sich im Zuge der Lakeinjektion von 2,18 beim Ausgangsmaterial um 0,09 Einheiten bis zum getumbelten Fleisch und blieb anschließend bis zum Endprodukt bei 2,27 konstant.
- Der Anfangs-pH-Wert lag bei 5,64 und stieg bis zum End-pH-Wert auf 6,03.
- Das Wasser-Eiweißverhältnis betrug zu Beginn 3,23 und erreichte beim fertigen Schinken 3,67.

Die gesamten Durchschnittsergebnisse und die Werte der oben nicht aufgeführten Untersuchungsparameter der Variante 1 sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Tabelle 11: Analysenwerte der Variante 1 im Verlauf der Kochschinkenproduktion

| Variante 1 (n = 9) | | pH-Wert | H ₂ O % | RP % | P ₂ O ₅ % | Asche % | P-Zahl | H ₂ O/FE |
|-----------------------|-----------|---------|--------------------|-------|---------------------------------|---------|--------|---------------------|
| Frischfleisch | \bar{x} | 5,64 | 74,61 | 23,12 | 0,50 | 1,17 | 2,18 | 3,23 |
| | s | 0,087 | 0,499 | 0,702 | 0,013 | 0,035 | 0,048 | 0,105 |
| | M | 5,66 | 74,71 | 23,30 | 0,51 | 1,17 | 2,17 | 3,22 |
| | Min | 5,53 | 73,57 | 21,76 | 0,48 | 1,11 | 2,09 | 3,12 |
| | Max | 5,75 | 75,37 | 23,90 | 0,52 | 1,23 | 2,25 | 3,43 |
| Nach Lakeinjektion | \bar{x} | 5,71 | 74,64 | 20,05 | 0,44 | 3,21 | 2,22 | 3,73 |
| | s | 0,121 | 0,799 | 0,781 | 0,011 | 0,650 | 0,059 | 0,131 |
| | M | 5,64 | 74,77 | 19,93 | 0,45 | 3,31 | 2,21 | 3,78 |
| | Min | 5,59 | 73,20 | 19,35 | 0,42 | 2,13 | 2,13 | 3,45 |
| | Max | 5,96 | 75,58 | 21,81 | 0,46 | 4,41 | 2,34 | 3,89 |
| Nach Tumbeln | \bar{x} | 5,66 | 74,31 | 19,82 | 0,45 | 3,89 | 2,27 | 3,76 |
| | s | 0,059 | 0,907 | 1,033 | 0,013 | 0,452 | 0,105 | 0,228 |
| | M | 5,64 | 74,19 | 20,25 | 0,45 | 4,08 | 2,26 | 3,66 |
| | Min | 5,60 | 73,04 | 18,16 | 0,43 | 3,26 | 2,13 | 3,53 |
| | Max | 5,76 | 75,79 | 20,92 | 0,47 | 4,40 | 2,42 | 4,16 |
| Endprodukt | \bar{x} | 6,03 | 74,01 | 20,21 | 0,46 | 3,46 | 2,27 | 3,67 |
| | s | 0,056 | 1,428 | 0,742 | 0,009 | 0,411 | 0,097 | 0,191 |
| | M | 6,01 | 74,11 | 20,02 | 0,46 | 3,65 | 2,28 | 3,70 |
| | Min | 5,97 | 71,24 | 19,33 | 0,44 | 2,85 | 2,10 | 3,35 |
| | Max | 6,15 | 76,29 | 21,42 | 0,47 | 4,14 | 2,40 | 3,86 |

4.4.2 Variante 2

Der Schinken der Variante 2 wurde ebenfalls im Betrieb 4 hergestellt. Bei der Produktion wurden 13 % Lake und 0,25 % Phosphat in das Fleisch gespritzt und dieses in einem geschlossenen System gegart. Die einzelnen Parameter, die in der Tabelle 12 aufgeführt sind, änderten sich wie folgt während der Produktion:

1. Der Wassergehalt stieg von 74,64 % bis zum getumbelten Fleisch um 0,39 % an und fiel beim Kochen fast um 0,94 % auf einen Wert von 74,09 %.
2. Der Rohproteingehalt hingegen wurde durch die Lakeinjektion und das Tumbeln von 23,19 % auf 19,24 % erniedrigt und stieg beim Garen wieder auf 20,11 % an.
3. Der Phosphatgehalt sank durch die Lakeinjektion von 0,50 % auf 0,46 % und blieb anschließend konstant.
4. Die P-Zahl wurde im Zuge der Kochschinkenproduktion von 2,18 auf 2,39 erhöht, um später nach dem Schritt 4 auf 2,29 zu fallen.
5. Der pH-Wert erhöhte sich von 5,59 im Ausgangsmaterial auf 5,98 im fertigen Schinken.
6. Das Wasser-Eiweißverhältnis stieg während der Herstellung von 3,23 auf 3,90 und reduzierte sich nach Schritt 4 wieder auf 3,69.

Tabelle 12: Analysenwerte der Variante 2 im Verlauf der Kochschinkenproduktion

| Variante 2 (n = 31) | | pH-Wert | H ₂ O % | RP % | P ₂ O ₅ % | Asche % | P-Zahl | H ₂ O/ FE |
|------------------------|-----------|---------|--------------------|-------|---------------------------------|---------|--------|-------------------------|
| Frisch-fleisch | \bar{x} | 5,59 | 74,64 | 23,19 | 0,50 | 1,18 | 2,18 | 3,23 |
| | s | 0,109 | 1,021 | 0,973 | 0,021 | 0,068 | 0,106 | 0,167 |
| | M | 5,60 | 74,85 | 23,34 | 0,51 | 1,20 | 2,17 | 3,21 |
| | Min | 5,36 | 72,07 | 20,62 | 0,43 | 1,10 | 1,85 | 2,84 |
| | Max | 5,88 | 76,34 | 25,42 | 0,54 | 1,40 | 2,49 | 3,68 |
| Nach Lake-injektion | \bar{x} | 5,73 | 74,80 | 19,43 | 0,46 | 3,81 | 2,38 | 3,86 |
| | s | 0,098 | 0,750 | 0,885 | 0,026 | 0,545 | 0,121 | 0,186 |
| | M | 5,72 | 74,79 | 19,49 | 0,47 | 3,89 | 2,37 | 3,82 |
| | Min | 5,42 | 72,76 | 17,24 | 0,39 | 2,66 | 2,20 | 3,52 |
| | Max | 5,96 | 76,11 | 21,10 | 0,50 | 4,97 | 2,73 | 4,28 |
| Nach Tumbeln | \bar{x} | 5,73 | 75,03 | 19,24 | 0,46 | 3,77 | 2,39 | 3,90 |
| | s | 0,089 | 0,571 | 0,620 | 0,023 | 0,365 | 0,105 | 0,130 |
| | M | 5,74 | 74,98 | 19,29 | 0,46 | 3,76 | 2,39 | 3,91 |
| | Min | 5,51 | 73,64 | 17,82 | 0,40 | 3,01 | 2,16 | 3,59 |
| | Max | 5,92 | 76,11 | 20,81 | 0,49 | 4,77 | 2,60 | 4,19 |
| Endprodukt | \bar{x} | 5,98 | 74,09 | 20,11 | 0,46 | 3,59 | 2,29 | 3,69 |
| | s | 0,092 | 1,008 | 0,854 | 0,019 | 0,257 | 0,151 | 0,200 |
| | M | 5,98 | 74,19 | 20,23 | 0,46 | 3,56 | 2,30 | 3,68 |
| | Min | 5,77 | 71,83 | 17,57 | 0,42 | 3,13 | 1,97 | 3,38 |
| | Max | 6,22 | 77,41 | 21,73 | 0,49 | 4,25 | 2,56 | 4,41 |

4.4.3 Variante 3

Dem Schinken der Variante 3 wurde bei der Herstellung 0,25 % Phosphat und 25 % Lake zugeführt. Im Gegensatz zu den Varianten 1 und 2 wurde der Schinken in einem offenen System gekocht. Die Analysenwerte sind in der Tabelle 13 vermerkt. Im Verlauf der 4 Produktionsstufen traten folgende Veränderungen auf.

- Der Wassergehalt erhöhte sich von 74,50 % auf einen Wert von 76,49 % nach dem Tumbeln. Während der weiteren Herstellung sank der Wert auf durchschnittlich 73,84 % im Endprodukt.
- Der mittlere Rohproteinwert fiel von 22,63 % im frischen Fleisch auf 17,73 % nach dem Tumbeln und erhöhte sich nach dem Schritt 4 auf 20,14 %.
- Der Phosphatgehalt sank von 0,49 % um 0,08 % nach dem Tumbeln ab und stieg später um 0,05 % wieder auf 0,46 % an.
- Die P-Zahl nahm von 2,16 im Ausgangsmaterial bis 2,30 nach dem Tumbeln zu. Im Endprodukt war der Wert schließlich auf 2,26 gefallen.

5. Der pH-Wert stieg von 5,63 im Nativmaterial auf 5,86 im fertigen Kochschinken.
6. Das Wasser-Eiweißverhältnis wurde von durchschnittlich 3,30 auf 3,69 erhöht.

Tabelle 13: Analysenwerte der Variante 3 im Verlauf der Kochschinkenproduktion

| Variante 3 (n = 31) | | pH-Wert | H ₂ O % | RP % | P ₂ O ₅ % | Asche % | P-Zahl | H ₂ O/FE |
|------------------------|-----------|---------|--------------------|-------|---------------------------------|---------|--------|---------------------|
| Frisch-fleisch | \bar{x} | 5,63 | 74,50 | 22,63 | 0,49 | 1,13 | 2,16 | 3,30 |
| | s | 0,163 | 1,141 | 1,047 | 0,019 | 0,044 | 0,100 | 0,181 |
| | M | 5,65 | 74,77 | 22,89 | 0,49 | 1,12 | 2,14 | 3,24 |
| | Min | 5,32 | 70,55 | 20,06 | 0,45 | 1,04 | 1,90 | 2,96 |
| | Max | 5,95 | 76,34 | 24,21 | 0,52 | 1,23 | 2,37 | 3,80 |
| Nach Lake-injektion | \bar{x} | 5,62 | 76,03 | 18,73 | 0,43 | 2,94 | 2,28 | 4,07 |
| | s | 0,122 | 0,994 | 1,013 | 0,020 | 0,406 | 0,103 | 0,249 |
| | M | 5,63 | 76,07 | 18,69 | 0,43 | 2,88 | 2,30 | 4,04 |
| | Min | 5,38 | 72,74 | 16,12 | 0,36 | 1,91 | 2,07 | 3,60 |
| | Max | 5,91 | 78,05 | 20,99 | 0,45 | 3,73 | 2,51 | 4,73 |
| Nach Tumbeln | \bar{x} | 5,68 | 76,49 | 17,73 | 0,41 | 3,36 | 2,30 | 4,32 |
| | s | 0,108 | 1,109 | 1,066 | 0,014 | 0,180 | 0,123 | 0,278 |
| | M | 5,68 | 76,42 | 17,47 | 0,40 | 3,35 | 2,31 | 4,39 |
| | Min | 5,42 | 73,38 | 16,05 | 0,38 | 2,78 | 2,00 | 3,68 |
| | Max | 5,86 | 78,15 | 19,95 | 0,44 | 3,72 | 2,52 | 4,82 |
| Endprodukt | \bar{x} | 5,86 | 73,84 | 20,14 | 0,46 | 3,55 | 2,26 | 3,69 |
| | s | 0,068 | 1,154 | 1,412 | 0,027 | 0,408 | 0,139 | 0,283 |
| | M | 5,84 | 73,79 | 19,84 | 0,45 | 3,53 | 2,27 | 3,70 |
| | Min | 5,77 | 71,60 | 17,71 | 0,41 | 2,80 | 2,04 | 3,25 |
| | Max | 6,00 | 76,41 | 22,59 | 0,51 | 4,24 | 2,63 | 4,22 |

4.4.4 Variante 4

Der Betrieb 5 stellte den Schinken der Variante 4 auf eine andere Weise her, bei der Schritt 3 (= Tumbeln) nicht durchgeführt (n. d.) wurde. Das Produkt wurde wie der Schinken der Variante 3 offen gekocht. Dem Schinken wurden 0,14 % Phosphat und 14 % Lake zugeführt. Die Untersuchungsergebnisse dieses Schinkens sind in der Tabelle 14 mit folgenden Werten zusammengefasst.

1. Der Wassergehalt stieg von 74,48 % nach dem Spritzen auf einen Durchschnittswert von 76,14 %, fiel dann aber deutlich auf 72,09 % im Endprodukt ab.
2. Der Rohproteingehalt von 23,08 % im frischen Fleisch wurde durch die Lakeinjektion auf einen Wert von 18,90 % vermindert. Im Endprodukt erreichte der mittlere Eiweißwert eine Höhe von 21,45 %.

3. Der Phosphatgehalt sank bei der Herstellung von 0,50 % im Ausgangsmaterial kontinuierlich auf 0,41 % im Endprodukt ab.
4. Die P-Zahl wurde durch das Spritzen von 2,15 auf 2,20 erhöht und fiel anschließend deutlich auf 1,92 im fertigen Kochschinken.
5. Der pH-Wert stieg von 5,58 im Nativfleisch auf 5,80 im Endprodukt.
6. Das Wasser-Eiweißverhältnis erhöhte sich von 3,23 im Ausgangsmaterial auf 3,36 im fertigen Schinken.

Tabelle 14: Analysenwerte der Variante 4 im Verlauf der Kochschinkenproduktion

| Variante 4 (n = 10) | | pH-Wert | H ₂ O % | RP % | P ₂ O ₅ % | Asche % | P-Zahl | H ₂ O/FE |
|------------------------|-----------|-------------------------|--------------------|-------|---------------------------------|---------|--------|---------------------|
| Frisch-fleisch | \bar{x} | 5,58 | 74,48 | 23,08 | 0,50 | 1,16 | 2,15 | 3,23 |
| | s | 0,134 | 0,769 | 0,272 | 0,010 | 0,030 | 0,029 | 0,042 |
| | M | 5,55 | 74,47 | 23,13 | 0,50 | 1,17 | 2,14 | 3,23 |
| | Min | 5,41 | 73,33 | 22,61 | 0,48 | 1,11 | 2,11 | 3,14 |
| | Max | 5,84 | 75,50 | 23,43 | 0,51 | 1,20 | 2,20 | 3,28 |
| Nach Lake-injektion | \bar{x} | 5,46 | 76,14 | 18,90 | 0,42 | 4,02 | 2,20 | 4,03 |
| | s | 0,102 | 0,292 | 0,459 | 0,012 | 0,265 | 0,032 | 0,107 |
| | M | 5,43 | 76,18 | 19,03 | 0,42 | 4,00 | 2,21 | 4,00 |
| | Min | 5,37 | 75,58 | 18,11 | 0,40 | 3,48 | 2,16 | 3,92 |
| | Max | 5,70 | 76,60 | 19,42 | 0,44 | 4,38 | 2,25 | 4,21 |
| Nach Tumbeln | \bar{x} | Fleisch nicht getumbelt | | | | | | |
| | s | | | | | | | |
| | M | | | | | | | |
| | Min | | | | | | | |
| | Max | | | | | | | |
| Endprodukt | \bar{x} | 5,80 | 72,09 | 21,45 | 0,41 | 5,00 | 1,92 | 3,36 |
| | s | 0,068 | 1,152 | 0,481 | 0,019 | 0,371 | 0,092 | 0,106 |
| | M | 5,79 | 72,41 | 21,41 | 0,41 | 4,92 | 1,90 | 3,38 |
| | Min | 5,72 | 69,11 | 20,79 | 0,38 | 4,51 | 1,79 | 3,20 |
| | Max | 5,93 | 73,07 | 22,10 | 0,45 | 5,53 | 2,07 | 3,50 |

4.4.5 Vergleich der Varianten

Die gewonnenen Daten der einzelnen Kochschinkenvarianten wurden zur besseren Anschaulichkeit graphisch dargestellt. Die erstellten Verlaufskurven (Abb. 13 - 16) zeigen die einzelnen Mittelwerte, wie sie sich während der vier Produktionsstufen änderten. Um die einzelnen Schinken besser bezüglich eines Messparameters vergleichen zu können, wurden alle vier Schinkenvarianten mit den Durchschnittswerten der vier Produktionsschritte jeweils in einem

Diagramm dargestellt. Bei dem Vergleich muss beachtet werden, dass die verschiedenen Schinkenvarianten auf unterschiedliche Art hergestellt wurden. Bei der Variante 4 wurden die Werte von Schritt 2 mit denen des fehlenden Schritts 3 gleich gesetzt, um alle Varianten in einem Diagramm darstellen zu können. Den Verlaufskurven liegen die Mittelwerte der Tabelle 15 zugrunde, in der die einzelnen Schritte verschiedener Kochschinkenvarianten verglichen wurden. Zusätzlich wurde neben den wichtigsten Parametern bei der Schinkenherstellung die P-Zahl der Schinken unter den verschiedenen Varianten eingehender verglichen. Zum einen wurden die einzelnen Varianten (= Gruppen) (Abb. 17), zum anderen die einzelnen Schritte (Abb. 18) mittels Boxplots gegenübergestellt.

Tabelle 15: Vergleich der einzelnen Schritte und Varianten bei der Kochschinkenproduktion ($\bar{x} \pm s$)

| | Variante | Schritt 1 (Frisch- fleisch) | Schritt 2 (nach Lakeinjektion) | Schritt 3 (nach Tumbeln) | Schritt 4 (Endprodukt) |
|-----------------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| P-Zahl | 1 | $2,18 \pm 0,048$ | $2,22 \pm 0,059$ | $2,27 \pm 0,105$ | $2,27 \pm 0,097$ |
| | 2 | $2,18 \pm 0,106$ | $2,38 \pm 0,121$ | $2,39 \pm 0,105$ | $2,29 \pm 0,151$ |
| | 3 | $2,16 \pm 0,100$ | $2,28 \pm 0,103$ | $2,30 \pm 0,123$ | $2,26 \pm 0,139$ |
| | 4 | $2,15 \pm 0,029$ | $2,20 \pm 0,032$ | n. d. | $1,92 \pm 0,092$ |
| Rohprotein % | 1 | $23,12 \pm 0,702$ | $20,05 \pm 0,781$ | $19,82 \pm 1,003$ | $20,21 \pm 0,742$ |
| | 2 | $23,19 \pm 0,973$ | $19,43 \pm 0,885$ | $19,24 \pm 0,620$ | $20,11 \pm 0,854$ |
| | 3 | $22,63 \pm 1,047$ | $18,73 \pm 1,013$ | $17,73 \pm 1,066$ | $20,14 \pm 1,412$ |
| | 4 | $23,08 \pm 0,272$ | $18,90 \pm 0,459$ | n. d. | $21,45 \pm 0,481$ |
| Phosphat % | 1 | $0,50 \pm 0,013$ | $0,44 \pm 0,011$ | $0,45 \pm 0,013$ | $0,46 \pm 0,009$ |
| | 2 | $0,50 \pm 0,021$ | $0,46 \pm 0,026$ | $0,46 \pm 0,023$ | $0,46 \pm 0,019$ |
| | 3 | $0,49 \pm 0,019$ | $0,43 \pm 0,020$ | $0,41 \pm 0,014$ | $0,46 \pm 0,027$ |
| | 4 | $0,50 \pm 0,010$ | $0,42 \pm 0,012$ | n. d. | $0,41 \pm 0,019$ |
| Wasser % | 1 | $74,61 \pm 0,499$ | $74,64 \pm 0,799$ | $74,31 \pm 0,907$ | $74,01 \pm 1,428$ |
| | 2 | $74,64 \pm 1,021$ | $74,80 \pm 0,750$ | $75,03 \pm 0,571$ | $74,09 \pm 1,008$ |
| | 3 | $74,50 \pm 1,141$ | $76,03 \pm 0,994$ | $76,49 \pm 1,109$ | $73,84 \pm 1,154$ |
| | 4 | $74,48 \pm 0,769$ | $76,14 \pm 0,292$ | n. d. | $72,09 \pm 1,152$ |

Die **Rohprotein Verlaufskurven** basierend auf den Mittelwerten der einzelnen Produktions schritte werden in der Abbildung 13 miteinander verglichen. Allen vier Verlaufskurven ist der beinah konstante Ausgangswert gemein. Von diesem Wert sank der Eiweißgehalt von 23,12 % auf 19,82 % bei der Variante 1 am geringsten und bei der Gruppe 3 von 22,63 % auf 17,73 % am deutlichsten zum Produktionsschritt 3 hin ab. Von Schritt 2 bis zum Schritt 3 fiel dabei der Wert nur noch gering ab. Vom Schritt 3 zum Schritt 4 zeigte sich ein Anstieg des Rohprotein gehalts bei allen vier Varianten (= Gruppen), der am deutlichsten bei Variante 3 und 4 ausfiel. Bei den Varianten 1, 2 und 3 lag der Eiweiß-Endwert ungefähr bei 20,00 %. Die Gruppe 4 hatte mit 21,45 % den größten Rohprotein gehalt.

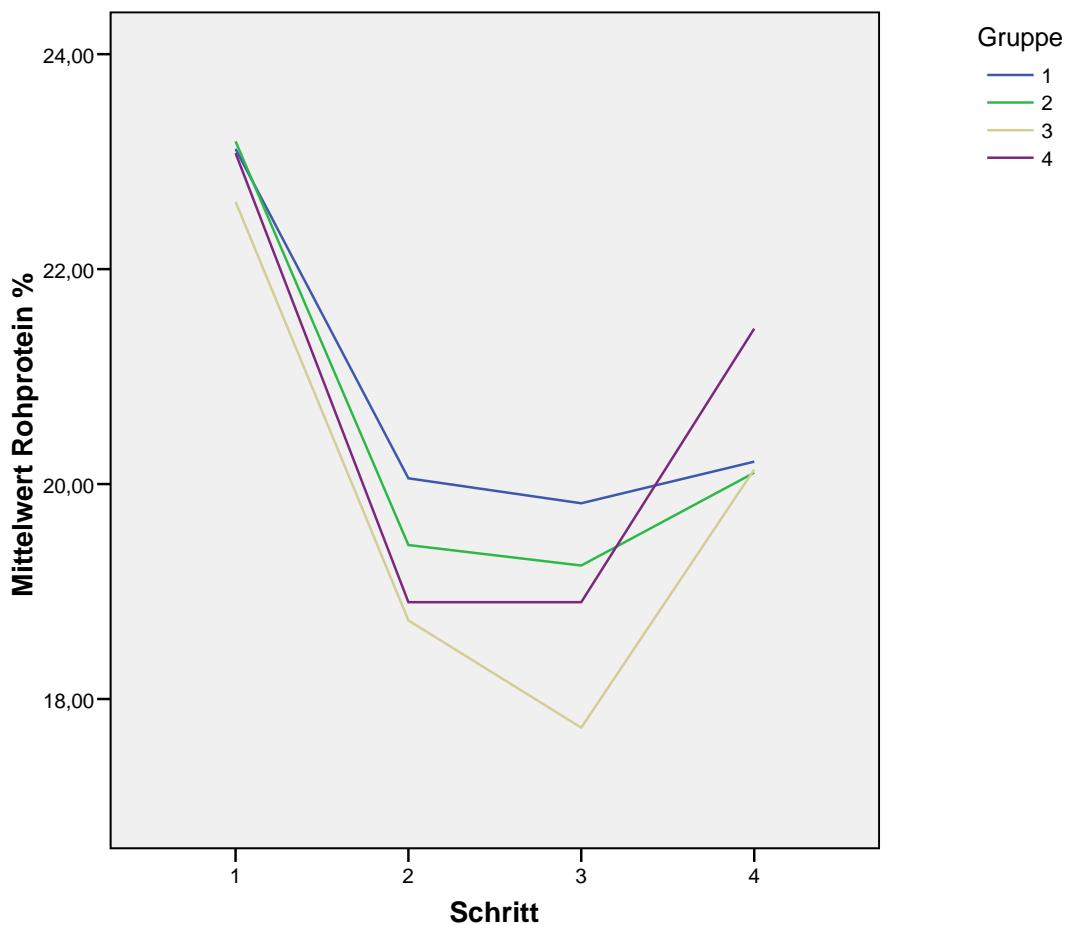


Abbildung 13: Rohprotein (Mittelwert-) Verlaufskurven bei der Kochschinkenproduktion

Gruppe = Variante

Variante: s. Tab. 10; Schritte: s. Tab. 15

Die **Phosphat Verlaufskurven** sind in der Abbildung 14 dargestellt. Der Wert im Ausgangsmaterial lag bei allen 4 Varianten in einem engen Bereich um 0,50 %. Von Schritt 1 auf 2 wurde der Phosphatgehalt bei allen Varianten stark verringert. Bei Übergang Schritt 2 zu Schritt 3 verhielten sich die Kurven unterschiedlich. Der Phosphatwert der Variante 4 fiel kontinuierlich auf den niedrigsten Endwert aller Varianten (0,41 %). Der Wert von Variante 3 stieg im letzten Schritt am offensichtlichsten von 0,41 % auf 0,46 %. In diesem Bereich lagen ebenfalls die Endwerte der Varianten 1 und 2.

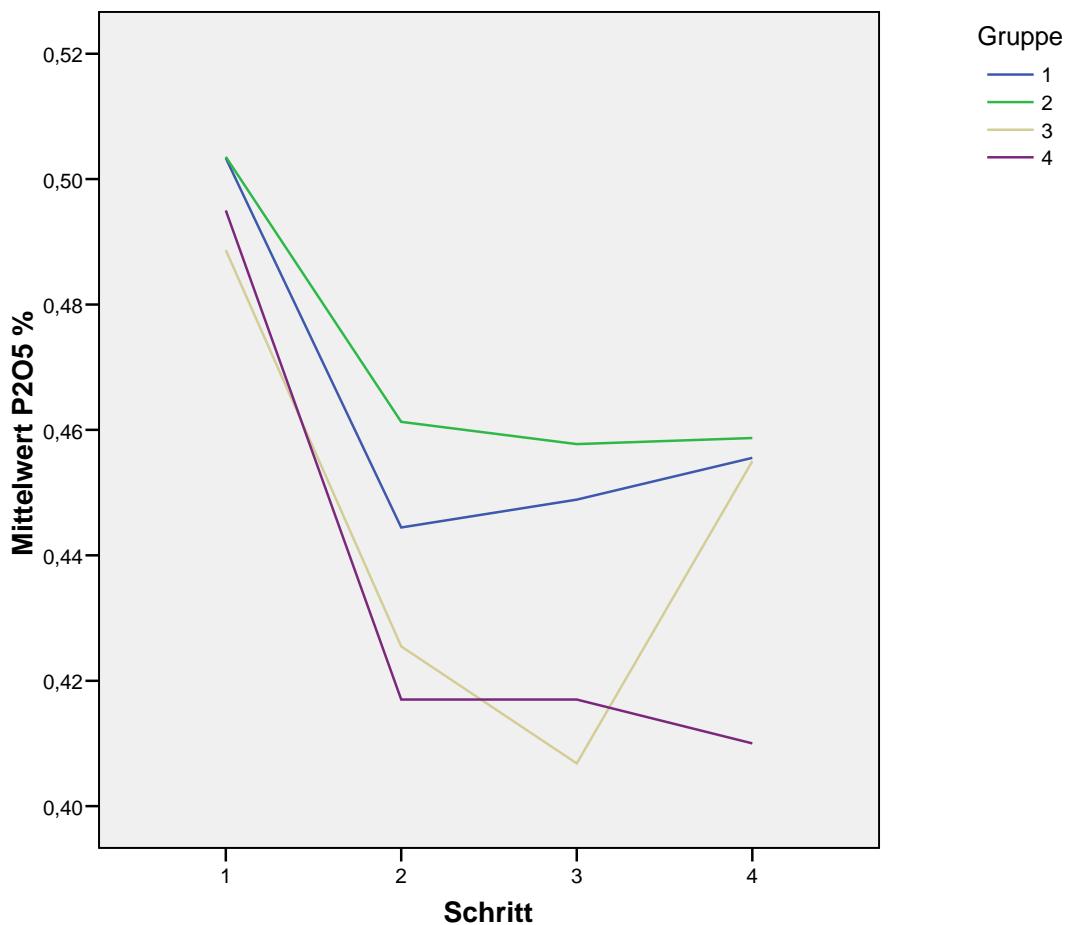


Abbildung 14: P₂O₅ (Mittelwert-) Verlaufskurven bei der Kochschinkenproduktion

Gruppe = Variante

Variante: s. Tab. 10; Schritte: s. Tab. 15

In der **Abbildung 15** werden die **Wasser Verlaufskurven** präsentiert. Die Ausgangswerte der 4 Varianten waren fast gleich und lagen bei ca. 74,60 %. Bis zum Schritt 3 erhöhte sich der Wassergehalt bei Variante 3 (76,49 %) und 4 (76,14 %) deutlich und bei der Gruppe 2 (75,03 %) geringfügig. Der Wassergehalt der Variante 1 sank hingegen zum Schritt 3 (74,31 %) und weiter bis zum Schritt 4 (74,01 %) ab. Von Schritt 3 zum Schritt 4 erniedrigte sich bei den anderen drei Gruppen ebenfalls der Wassergehalt, bei Variante 3 und 4 offensichtlich und bei Variante 2 geringfügig. Den niedrigsten Wassergehalt wies im Endprodukt die Gruppe 4 mit einem Durchschnittswert von 73,84 % auf.

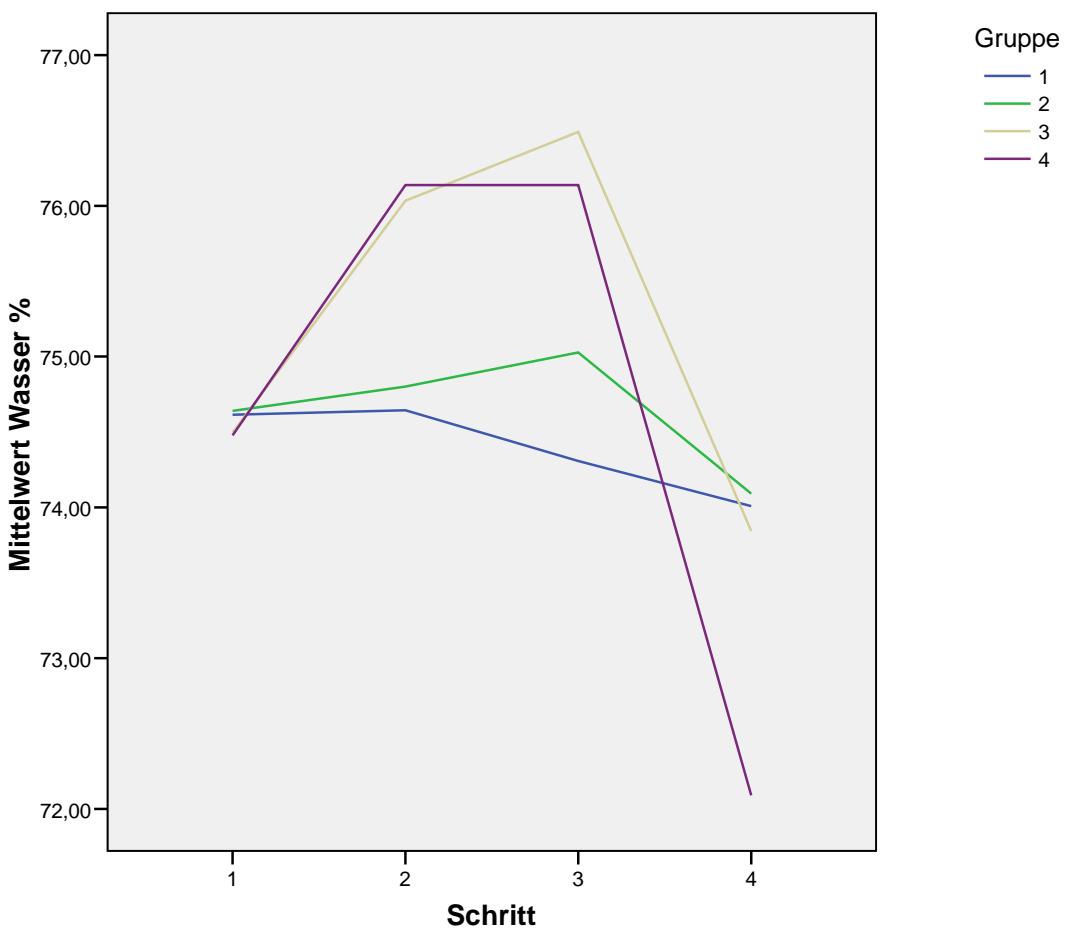


Abbildung 15: Wasser (Mittelwert-) Verlaufskurven bei der Kochschinkenproduktion

Gruppe = Variante

Variante: s. Tab. 10; Schritte: s. Tab. 15

In Abbildung 16 werden die **P-Zahl Verlaufskurven** der unterschiedlichen Kochschinkenvarianten miteinander illustriert. Bei den dargestellten Mittelwerten fällt auf, dass die Werte für das Ausgangsmaterial eng zusammen lagen. Die P-Zahl stieg vom Ausgangsmaterial bis zum Schritt 3 bei Variante 4 am geringsten von 2,15 auf 2,20 und bei Variante 2 am deutlichsten von 2,18 auf 2,39 an. Die P-Zahl veränderte sich mit Ausnahme der Variante 1 von Schritt 2 zu 3 nur geringfügig. Zum Schritt 4 hin wurde bei 3 Verlaufskurven die P-Zahl erniedrigt mit Ausnahme der Variante 1, die konstant blieb. Am deutlichsten fiel die P-Zahl der Variante 4 von 2,20 auf 1,92. Den höchsten Durchschnittswert mit 2,29 hatte die Variante 2 bei der P-Zahl im Endprodukt.

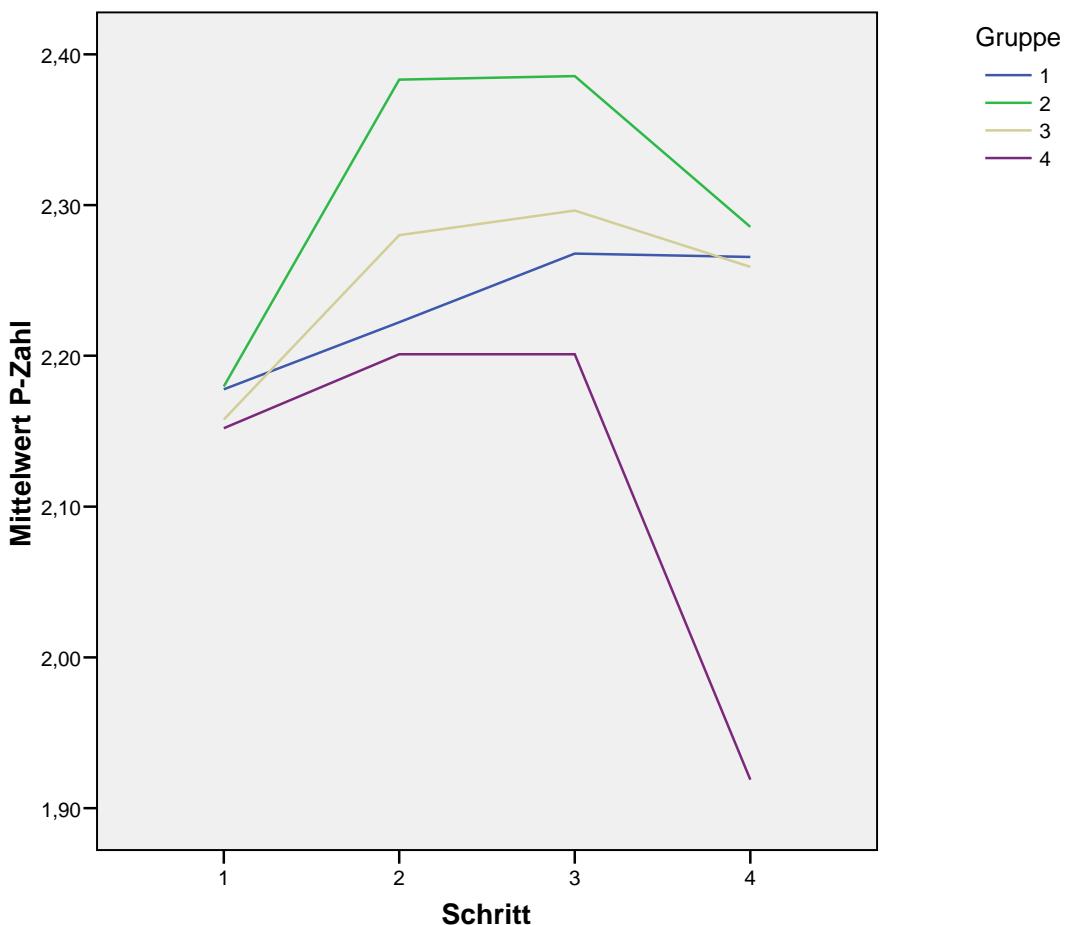


Abbildung 16: P-Zahl (Mittelwert-) Verlaufskurven bei der Kochschinkenherstellung

Gruppe = Variante

Variante: s. Tab. 10; Schritte: s. Tab. 15

Die Streuung der P-Zahl bei den einzelnen Kochschinkenvarianten werden in Abbildung 17 im Verlauf der Produktion verglichen. Diese Abbildung besteht aus vier einzelnen Boxplots. In diesen Darstellungen sind die Verteilung der einzelnen Werte und die Extremwerte gut zu erkennen. Zur besseren Orientierung wurde eine Linie bei 2,4 eingefügt. Bei der Variante (= Gruppe) 1 weicht die Skala von der üblichen Darstellungsweise ab. Es fällt bei dieser Abbildung auf, dass die Werte bei den Varianten 2 und 3 am weitesten während der Produktion deutlich überschnitten. Die geringste Streuung wies die Variante 4 mit Ausnahme des letzten Produktionsschritts auf. Bei Variante 4 fällt ferner auf, dass der Boxplot des Schritts 4 unterhalb der anderen Boxplots dieser Gruppe lag und keine Überschneidung mit den vorangegangenen Produktionsschritten bestand. Variante 1 hatte während der Produktion bis auf Schritt 3 ebenfalls eine geringe Streuung.

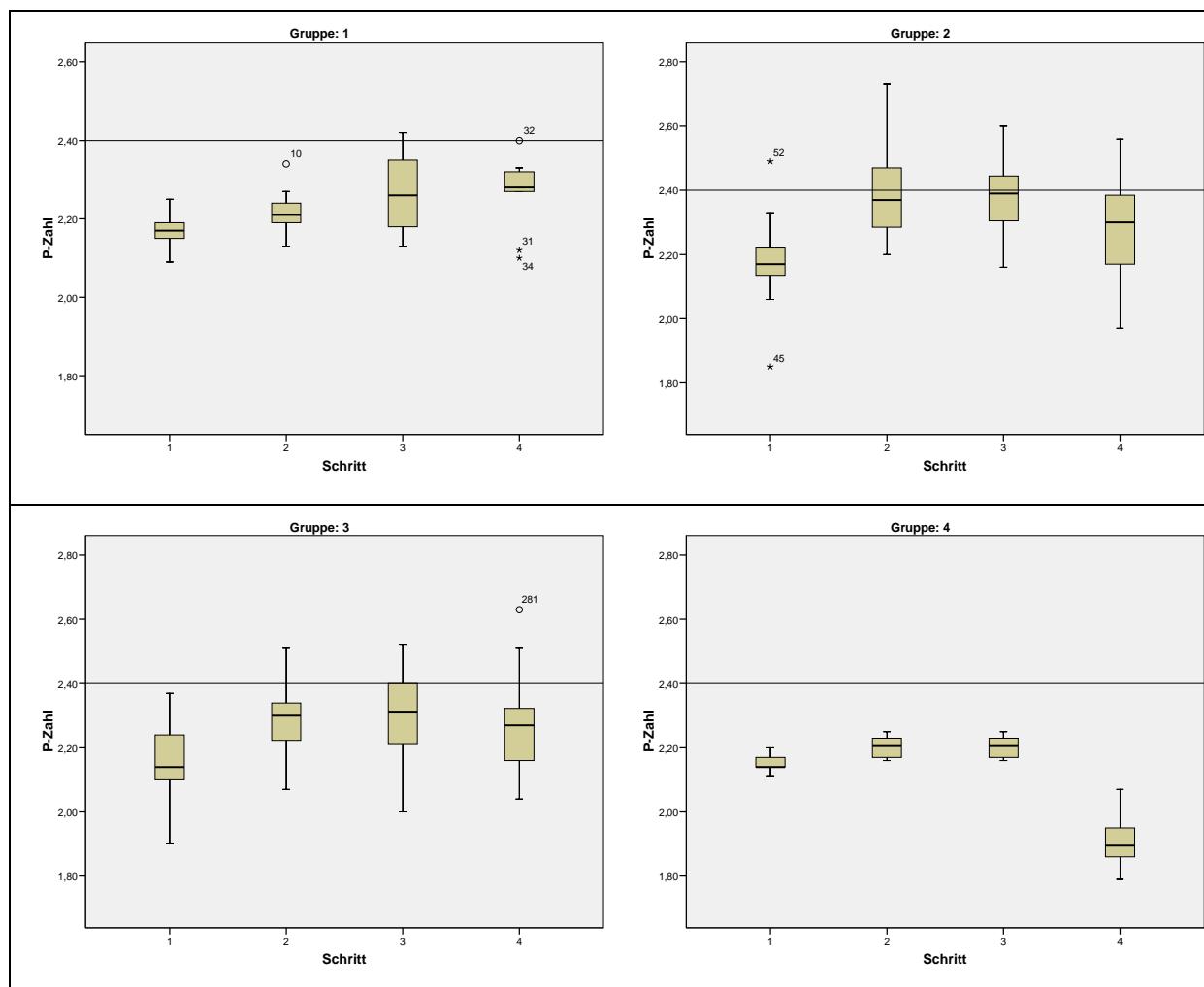


Abbildung 17: Streuung der P-Zahl bei den verschiedenen Kochschinkenvarianten

Gruppe = Variante

Variante: s. Tab. 10; Schritte: s. Tab. 15

In der Abbildung 18 wird die **Streuung der P-Zahl bei den einzelnen Produktionsschritten** im Vergleich der verschiedenen Kochschinkenvarianten dargestellt. Zur Orientierung dient eine Hilfslinie bei 2,4. Es zeigte sich, dass sich die Streuungsbereiche aller Varianten während der vier Schritte mit einer Ausnahme überschnitten. Diese Ausnahme bildete der Schritt 4 der Variante 4, der nicht mit den anderen Varianten zusammenfiel. Bei Schritt 1 lag der Median bei allen Varianten ungefähr auf gleicher Höhe. Beim Schritt 2 hatten die Kochschinken der Gruppe 2 die größte Streuung und die höchste P-Zahl mit 2,73. Im Schritt 3 ergab sich für Variante 3 die größte und für Variante 4 die geringste Streuung. Den Maximalwert zeigte mit 2,60 die Variante 2. Am Ende der Produktion (Schritt 4) wies die Variante 2 die größte Streuung auf. Der Höchstwert lag mit 2,63 bei der Variante 3 und der Minimalwert mit 1,79 bei der Variante 4.

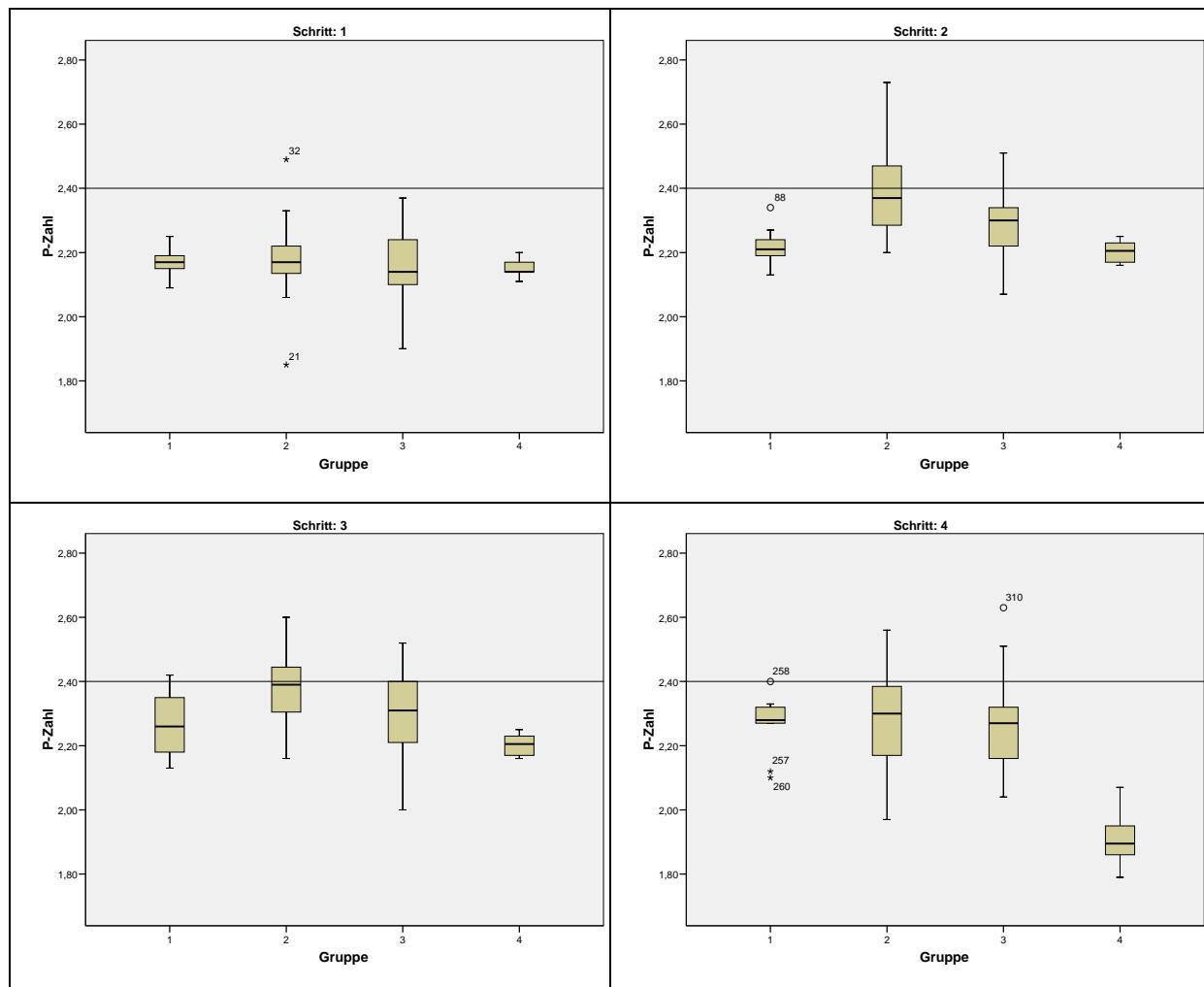


Abbildung 18: Streuung der P-Zahl bei verschiedenen Schritten der Kochschinkenproduktion

Gruppe = Variante;

Variante: s. Tab. 10; Schritte: s. Tab. 15

4.4.6 Sonstige Daten bei der Kochschinkenherstellung

Um auf die Fragestellung dieser Studie ausführlich eingehen zu können, wurden bei der Herstellung noch weitere Proben untersucht. Hierbei handelt es sich um Fleischsaft, der bei der Schinkenproduktion zugeführt wurde und den Saft des Geleeabsatzes der Kochschinken (Gruppe 1 und 2), welcher bei der Herstellung verloren ging. Die Messergebnisse dieser Proben sind in der Tabelle 16 aufgeführt. Der Fleischsaft wies im Mittel einen Wassergehalt von 86,13 %, einen Rohproteingehalt von 13,21 %, einen Phosphatgehalt von 0,44 % und einen Aschegehalt von 1,17 % auf. Der Geleesaft bestand aus 91,74 % Wasser, 3,96 % Eiweiß, 0,51 % Phosphat und 3,73 % Asche. Aus diesen Ergebnissen ließ sich die P-Zahl mit 3,37 beim Fleischsaft und mit 12,80 beim Geleeabsatz bestimmen.

Tabelle 16: Analysenwerte der sonstigen Proben

| Sonstige Proben | | pH-Wert | H ₂ O % | RP % | P ₂ O ₅ % | Asche % | P-Zahl | H ₂ O/FE |
|-------------------------|-----------|---------|--------------------|-------|---------------------------------|---------|--------|---------------------|
| Fleischsaft (n = 17) | \bar{x} | 6,55 | 86,13 | 13,21 | 0,44 | 1,17 | 3,37 | 6,71 |
| | s | 0,121 | 0,774 | 0,747 | 0,019 | 0,056 | 0,155 | 0,464 |
| | M | 5,45 | 85,93 | 13,44 | 0,45 | 1,18 | 3,38 | 6,39 |
| | Min | 6,01 | 85,31 | 11,14 | 0,38 | 0,99 | 3,05 | 6,26 |
| | Max | 7,94 | 88,46 | 14,20 | 0,46 | 1,24 | 3,59, | 7,94 |
| Geleesaft (n = 7) | \bar{x} | 6,01 | 91,74 | 3,96 | 0,51 | 3,73 | 12,80 | 6,01 |
| | s | 0,066 | 0,408 | 0,143 | 0,018 | 0,247 | 0,404 | 0,066 |
| | M | 6,03 | 91,67 | 4,07 | 0,51 | 3,86 | 12,79 | 6,03 |
| | Min | 5,91 | 91,34 | 3,70 | 0,48 | 3,33 | 12,09 | 5,91 |
| | Max | 6,08 | 92,36 | 4,08 | 0,53 | 3,96 | 13,28 | 6,08 |

4.5 Referenzmaterial

Für die Überprüfung der Untersuchungsmethodik wurde während der Studie dreimal Referenzmaterial analysiert, zu Beginn, in der Mitte und am Ende dieser Untersuchungsreihe. Es wurde der Wassergehalt, der Rohproteingehalt, der Aschegehalt und der Phosphatgehalt des Referenzmaterials untersucht. Die Ergebnisse lagen alle nahe am vorgegebenen Wert. Beim Wassergehalt ergab sich mit 86,7 % ein Ergebnis leicht unterhalb des vorgegebenen Werts mit 86,8 %. Der Aschegehalt stimmte mit 2,6 % mit dem Referenzmaterial überein. Der Rohproteingehalt entsprach ebenfalls dem vorgegebenen Wert von 10,3 %. Der Phosphorgehalt lag mit 1090 mg/kg leicht über dem Referenzmaterial (1075 mg/kg), aber noch deutlich innerhalb der Standardabweichung.

4.6 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Für die im Kapitel 5 sich anschließende Diskussion ist es von Bedeutung, die wichtigsten Ergebnisse nochmals zusammenzufassen und aufzulisten.

Fleischproben:

- pH-Wert: $\varnothing 5,6$ (Verarbeitungsfleisch des Betriebs 4)
- P-Zahl: $\varnothing 2,19$ (gesamtes frisches Probenkollektiv)
- Wasser-Eiweißverhältnis: $\varnothing 3,25$ (gesamtes frisches Probenkollektiv)
- Rohproteingehalt: $\varnothing 23,12 \%$ (gesamtes frisches Probenkollektiv)
- Phosphatgehalt: $\varnothing 0,51 \%$ (gesamtes frisches Probenkollektiv)
- Wassergehalt: $\varnothing 75,03 \%$ (gesamtes frisches Probenkollektiv)

Bei den Verlaufsproben bei der Schinkenherstellung ist hervorzuheben,

- dass die Mittelwerte der einzelnen bestimmten Parameter bei den drei verschiedenen Schinkenvarianten des Betriebs 4 in einem engen Bereich bezüglich des fertigen Schinkens zusammenliegen.
- dass sich die Ergebnisse der Variante 4 deutlich von den anderen drei unterscheiden.
- dass auf die Verlaufskurven die Herstellungsweise Einfluss nimmt.
 - Variante 1 und 2 ähneln sich (geschlossenes System bei der Kochung).
 - Variante 3 und 4 ähneln sich (offenes System bei der Kochung).
- beide Variantenblöcke unterscheiden sich.
- dass sich die P-Zahl im fertigen Kochschinken bei durchschnittlich 2,3 bei den industriell (Variante 1 – 3) und 1,9 bei den handwerklich (Variante 4) hergestellten Kochschinken befindet.

5 Diskussion

Für das bessere Verständnis werden die einzelnen in der Diskussion behandelten Themenbereiche nach einem festen Schema aufgebaut besprochen mit Ausnahme des Kapitels 5.1, bei dem die Problemstellung dieser Untersuchung dargestellt wird. Es werden zu Beginn der folgenden Diskussionspunkte jeweils kurz die wichtigsten Literaturstellen nochmals aufgeführt und anschließend die eigenen Ergebnisse präsentiert. Beide werden darauffolgend gegenübergestellt und erläutert, um schließlich eine endgültige Schlussfolgerung treffen zu können.

5.1 Problemstellung

In dieser Studie sollte der natürliche Gehalt an Phosphor (Phosphat) und an weiteren wertbestimmenden Inhaltsstoffen in frischem Fleisch und im fertigen Kochschinken chemisch untersucht werden. In diesem Zusammenhang wurden die Veränderungen bezüglich der gemessenen Parameter während der gesamten Kochschinkenproduktion nach den wichtigsten Herstellungsschritten analysiert. Die Grundlage dieser Arbeit basierte auf einer Untersuchung von Frischfleischproben unterschiedlicher Schweinerassen. Das besondere Interesse galt bei dieser Arbeit der aus den gemessenen Ergebnissen errechneten P-Zahl, die zur lebensmittelrechtlichen Beurteilung von Fleischerzeugnissen herangezogen wird. Es wurde darauf geachtet, inwiefern sich das Fleisch der verschiedenen Rassen und die untersuchten, mit verschiedenen Technologien hergestellten Schinken während der Produktion bezüglich der P-Zahl unterscheiden und welche Faktoren die P-Zahl beeinflussen können. Die P-Zahl dient als errechnete Größe dem Nachweis des zugesetzten Fremdphosphates. In diesem Zusammenhang muss beachtet werden, dass die P-Zahl keinen im deutschen Lebensmittelrecht verankerten Grenzwert darstellt, sondern ein Richtwert ist, der zum Fremdphosphatnachweis von der Gesellschaft deutscher Chemiker (GDCh) eingeführt wurde (NIGMANN, 1953). Ein direktes Nachweisverfahren für das zugegebene Phosphat während der Kochschinkenherstellung ist in der Amtlichen Sammlung für Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB nicht enthalten, weshalb auf die indirekte Methode der errechneten P-Zahl zurückgegriffen wird. Die Zugabe von Phosphaten ist im Allgemeinen bei Kochschinken laut ZZuLV (1998) erlaubt. Der Phosphatzusatz muss jedoch in entsprechender Form deklariert werden. Wird ein P-Zahl-Wert zur indirekten Phosphatbestimmung von 2,4 überschritten, bedeutet dies für die Beurteilung, dass Fremdphosphat zugesetzt worden ist (KALTWASSER, 1993). Wurde der Gebrauch von Phosphat auf entsprechende Art gekennzeichnet, ist eine höhere P-Zahl ohne Bedeutung.

Wurde der Gebrauch von Fremdphosphat nicht deklariert, muss das Produkt beanstandet werden. Ebenfalls soll der Phosphorgehalt in diesem Zusammenhang nicht außer Acht gelassen werden. Der Phosphorgehalt darf in einem fertigen Kochschinken die Höchstmenge von 5 g/kg im Endprodukt (berechnet als P_2O_5) nicht überschreiten (ZZulV, 1998).

In einer Voruntersuchung zu dieser Studie wurde bei 26 industriell gefertigten Kochschinken, die beliebig im Handel ausgewählt worden waren, die P-Zahl untersucht. Bei den unterschiedlichen Schinken war die Menge der Phosphatzugabe nicht bekannt. Es stellte sich dabei heraus, dass bei 38,5 % der untersuchten Proben die P-Zahl über dem Richtwert von 2,4 lag. Unter diesen Schinken mit erhöhter P-Zahl befanden sich vier Schinken, bei denen der Phosphatzusatz nicht deklariert war. Diese Voruntersuchung wurde von einer Marktanalyse unterstrichen. Bei letzterer von ÖKO-Test durchgeföhrter Studie waren fünf von 15 untersuchten industriell hergestellten Schinken mit einer zu hohen P-Zahl aufgefallen, bei denen ebenfalls kein Phosphat im Zutatenverzeichnis aufgelistet war (DILLINGER, 2007).

Bei beiden Studien fiel ferner die relativ stark variierende Spannweite der P-Zahl auf, weshalb sich die Frage stellte, inwiefern das Ausgangsmaterial, die Phosphatzugabe und die Technologie der Schinkenherstellung die P-Zahl beeinflussen. Um diese Fragestellung zu klären, wurde in der vorliegenden Studie das Fleisch von verschiedenen Schweinerassen analysiert. Zusätzlich kamen unterschiedliche Kochschinkenvarianten, bei denen der jeweils verschiedene Phosphatzusatz bekannt war, an mehreren Prozessschritten entlang der Herstellung zur Untersuchung.

5.2 Der pH-Wert im Verarbeitungsfleisch

Die Qualität des fertigen Kochschinkens wird maßgeblich durch die Auswahl eines geeigneten Ausgangsmaterials beeinflusst. Den Faktor mit dem größten Einfluss auf die Qualität des Endproduktes stellt der Ausgangs-pH-Wert des Verarbeitungsfleisches dar. Eine rechtliche Vorgabe bezüglich des pH-Wertes im Fleisch gibt es ansatzweise in der AVV LmH (2007), die jedoch lediglich Richtwerte für die abnorme Fleischsäuerung enthält, wobei bei 45 min nach der Schlachtung gemessenen pH-Werten unter 5,6 (gemessen im *M. longissimus dorsi*) oder 5,8 (gemessen im *M. semimembranosus*) von einer zu starken Säuerung und dem Vorliegen von PSE-Fleisch ausgegangen wird. Bei den in der Studie untersuchten Fleischproben, die zu Schinken weiter verarbeitet worden sind, lag der durchschnittliche pH-Wert bei den 70 Sammelproben im Betrieb 4 bei 5,62 und bei 10 Einzelproben im Betrieb 5 bei 5,58. Das Vor-

liegen von Ausgangsmaterial mit derart niedrigem durchschnittlichen pH-Wert von ungefähr 5,6 bei der Kochschinkenherstellung wird durch entsprechende Angaben in der Literatur bestätigt (MÜLLER, 2003). Dieses Fleisch ist jedoch nicht für die Kochschinkenproduktion geeignet. Endogene (Rasse, Geschlecht usw.) und exogene Faktoren (Transport, Wartezeit usw.) begünstigen die Entstehung eines solch tiefen pH-Wertes im Schweinefleisch (s. 2.1.4.2). Für die Kochschinkenproduktion ist dagegen ein pH-Wert zwischen 5,8 und 6,2 optimal (REICHERT et al., 1984 a). In diesem Bereich muss kein Fremdphosphat zugegeben werden, da aufgrund des höheren pH-Werts das Fleisch eine gute Wasserbindefähigkeit aufweist, was für eine gute Ausbeute bezogen auf das Gewicht des Endproduktes entscheidend ist. Gleichfalls begünstigt dieser pH-Bereich Haltbarkeit, Pökelbereitschaft und Geschmack (STIEBING, 2006).

Der in den Proben dieser Studie ermittelte durchschnittliche pH-Wert von 5,6 ist schließlich für einen hochwertigen Kochschinken zu niedrig. Produkte aus solchem Ausgangsmaterial weisen ohne den Zusatz von Phosphat eine geringe Ausbeute auf und verzeichnen technologische Fehler wie Hohlstellen, Löcher, Poren und Saftaustritt (MÜLLER, 1991). Die Selektion des Ausgangsmaterials auf den pH-Wert wird aus Zeit- und Kostengründen in den Betrieben 4 und 5 nicht durchgeführt. Um aus solchem „ungeeigneten Material“ einen qualitativ hochwertigen Schinken erzeugen zu können, wählt die Industrie den einfachsten Weg, nämlich die Fremdphosphatzugabe. Der starke Preiskampf auf dem Markt nötigt die Hersteller dazu, kostengünstige und eigentlich nicht für die Schinkenproduktion geeignete Schweineschlegel dennoch zu verarbeiten. Bei einem derartigen Ausgangsmaterial ist die Zugabe von Phosphaten unabdingbar, um einen „guten“ Schinken herzustellen. In diesem Zusammenhang erscheint es so, als wäre eine Kochschinkenherstellung ohne Phosphatzugabe nicht möglich. Die Substitution bewirkt vor allem eine Erhöhung der Wasserbindefähigkeit und somit auch der Ausbeute sowie eine Verringerung der technologischen Produktionsfehler (s. 2.2.4.2), so dass sogar die Verarbeitung von PSE-Fleisch oder von „acid meat“ (Fleisch von Tieren mit dem Hampshire Faktor) zu Schinken kein Problem mehr darstellt (EBER und MÜLLER, 1998; GATZEMEIER, 1993). Einige Schinkenproduzenten schrecken in diesem Zusammenhang nicht davor zurück, mit einem sogenannten „Blindwert“ bei der Schinkenproduktion zu arbeiten. Als Blindwert wird eine Phosphatzugabe bezeichnet, die im Zutatenverzeichnis nicht aufgeführt wird, jedoch mittels der derzeit durchgeführten, auf der Ermittlung der P-Zahl basierenden, lebensmittelchemischen Untersuchungen nicht beanstandet werden kann. Dies beruht darauf, dass die ermittelte P-Zahl der entsprechenden Kochschinken aufgrund der ausrei-

chend geringen Menge des zugegebenen Phosphates unterhalb des von der GDCh festgelegten Richtwertes von 2,4 liegt (KALTWASSER, 1993).

Für einen qualitativ hochwertigen Schinken ist eine Selektion des Ausgangsmaterials in einem pH-Bereich zwischen 5,8 und 6,2 zu empfehlen und diesbezüglich auch ein Umdenken in der Schweinezucht anzuraten. Gleichfalls müsste sich das Verbraucherverhalten mit der „Geiz-ist-geil-Mentalität“ ändern und die Bereitschaft erhöht werden, für ein einwandfreies Produkt aus hochwertigem Ausgangsmaterial einen adäquaten Preis zu bezahlen. Dieses Fehlverhalten des deutschen Verbrauchers basiert darauf, dass er nicht in der Lage ist, Qualität zu beurteilen oder sogar zu schätzen (KÜHLCKE, 2006). Dem Verbraucher fehlt das nötige Wissen, um Lebensmittel beurteilen zu können. Der Europäische Gerichtshof legte zwar dar, dass ein „verständiger Verbraucher“ der Informationsbeschaffungslast unterliegt (MEYER, 1998), jedoch kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Verbraucher tatsächlich dieser Informationspflicht in allen Fällen nachkommt bzw. nachkommen kann. Ein anderer Weg, als qualitativ hochwertiges und zuvor selektiertes Ausgangsmaterial zu benutzen, wäre, gerade im Hinblick darauf, dem Verbraucher die Information zu erleichtern, die „schlichte“ Deklaration des zugegebenen Phosphates vorzunehmen, solange der Phosphat-Höchstwert (0,5 %) im Endprodukt nicht überschritten wird (KÜHLCKE, 2005).

5.3 Die P-Zahl im Ausgangsmaterial

Da die P-Zahl einen rechnerischen Wert darstellt, der aus zwei Messwerten (Rohprotein- und Phosphatgehalt) ermittelt wird, unterliegt sie Schwankungen. Diese beruhen auf den leicht variierenden Rohprotein- und Phosphatgehalten im Fleisch (s. Tab. 1). Die in der neueren Literatur geschilderten Studien zur P-Zahl basieren auf Untersuchungen mit einer geringen Probenzahl. Bei DUSEK et al. (2003) lag die Anzahl bei 6, bei ERDMANN et al. (2006) bei 30 und bei BRUNINK (1993) bei 16. Hierbei wurde festgestellt, dass sich die P-Zahl des Ausgangsmaterials für Kochschinken im Durchschnitt bei einem Wert um 2,4 befand. Auf der Grundlage ähnlich geringer Untersuchungszahlen gaben WILLEKE und NIGMANN (1954), BECHTOLD (1957) und KALTWASSER (1981) einen breiteren Rahmen für die P-Zahl im Ausgangsmaterial an, der bei durchschnittlich 2,2 und insgesamt zwischen 1,8 und 2,5 lag. Bei dieser großen Spannbreite für die P-Zahl stellt sich die Frage, inwieweit insbesondere die Schweinerassen des in den verschiedenen Studien untersuchten Materials auf die P-Zahl Einfluss nahmen.

In der im vorigen Absatz zitierten Literatur gibt es jedoch bezüglich des Einflusses verschiedener Rassen auf die P-Zahl keine Angaben. Die Untersuchungen über die P-Zahl basieren auf Fleischproben, welche von Masthybriden stammten. Zur Klärung der oben genannten Fragestellung wurden deshalb in der vorliegenden Studie unterschiedliche Schweinerassen auf die P-Zahl des Fleisches untersucht. Diese Studie stellt die erste Untersuchung in diese Richtung dar, da die anderen Autoren auf einen solchen Ansatz verzichtet haben. Die verschiedenen Schweinerassen bzw. Kreuzungen zeichneten sich dabei durch unterschiedlich hohe P-Zahlen aus. Die Rasse Schwäbisch-Hällisch wies eine durchschnittliche P-Zahl von 2,14 ($\pm 0,037$) auf, die Rasse Pietrain im Mittel 2,21 ($\pm 0,089$), die Rasse Duroc 2,20 ($\pm 0,000$) und die Kreuzung Mangalitza-Pietrain 2,18 ($\pm 0,025$). Ferner wurde bei Schweinemasthybriden der Einfluss der Wartezeit vor der Schlachtung untersucht. Mastschweine, die unmittelbar nach der Ankunft am Schlachthof geschlachtet wurden, hatten eine P-Zahl von durchschnittlich 2,31 ($\pm 0,065$), Tiere, die vor der Schlachtung 24 Stunden gewartet hatten, eine P-Zahl von 2,18 ($\pm 0,044$).

Bei der durchgeführten Studie stellte sich heraus, dass es keinen deutlichen Unterschied zwischen den einzelnen Schweinerassen und auch den Wartezeiten vor der Schlachtung bezüglich der P-Zahl gab. Die Ergebnisse konnten ebenfalls nicht mit anderer Literatur verglichen werden, da diesbezüglich keine vorlag. Es wurde jedoch festgestellt, dass die Masthybriden, die gleich nach dem Transport geschlachtet wurden, die durchschnittlich höchsten P-Zahl-Werte aufwiesen. Ebenfalls fiel bei dieser Gruppe eine hohe Standardabweichung auf, die auf die unterschiedliche Belastbarkeit der Einzeltiere durch Transport und Schlachtung zurückzuführen ist. Diese Gruppe hatte im Vergleich zu den Masthybriden, die nach 24 Stunden geschlachtet wurden, einen niedrigeren Wassergehalt, dadurch einen höheren Phosphatgehalt, und einen niedrigeren Rohproteingehalt im Fleisch (s. Tab. 8). Die Rasse Pietrain hatte eine P-Zahl von 2,21, jedoch zeigten die Tiere mit 0,089 die höchste Standardabweichung. Dies lässt auf die unterschiedliche Fleischqualität, die vor allem von den schwankenden pH-Werten abhängt, dieser Rasse schließen, die noch immer sehr anfällig für die Entstehung von PSE ist. Bei der alten Haustierrasse der Schwäbisch-Hällischen Schweine fiel der stabile und niedrige P-Zahl-Wert von durchschnittlich 2,14 auf. Außerdem hatte diese Rasse die niedrigste Standardabweichung für die meisten weiteren untersuchten Parameter, was für die lange und konstante Zucht und für eine gleichartige und verlässliche Fleischqualität spricht.

Zusätzlich wurde für eine umfassende Auswertung ein Sammelpool für das gesamte Probenkollektiv ($n = 230$) erstellt. Dieses bestand aus den gesamten Nativfleischproben der verschiedenen Schweinerassen ($n = 150$) und den Ausgangsmaterialien (Schritt 1) bei der Kochschinkenherstellung (Betrieb 4: $n = 70$; Betrieb 5: $n = 10$). Dieses Probenkollektiv hatte eine mittlere P-Zahl von 2,19 ($\pm 0,086$). Bei der Berechnung der P-Zahl fiel ferner auf, dass der Quotient, welcher als P-Zahl bezeichnet wird, stärker durch die Schwankungen des Divisors (Rohproteingehalt), der sich zwischen 22,55 % und 23,47 % befand, als durch den Dividenen (Phosphatgehalt) beeinflusst wurde, welcher zwischen 0,49 % und 0,53 % lag.

Abschließend können grundsätzlich zur P-Zahl im Ausgangsmaterial folgende Feststellungen gemacht werden:

- Die durchschnittliche P-Zahl betrug 2,19 mit einer Standardabweichung von 0,086.
- Diese Untersuchung stützt somit nicht die in der neueren Literatur angegebenen hohen P-Zahl-Werte in Schweinefleisch.
- Die P-Zahl scheint von der Rasse und vor allem von der Behandlung vor der Schlachtung (Transport) abhängig zu sein.
- Aus dem gesamten Probenpool ($n = 230$) lag lediglich bei 2,6 % der Proben die P-Zahl über dem Richtwert von 2,4.

Diese Aussagen sind durch weitere Untersuchungen mit einer höheren Probenzahl zu überprüfen und zu konsolidieren.

5.4 Abhängigkeit der P-Zahl von der Herstellungstechnologie

In der Literatur wird von verschiedenen Gesichtspunkten auf die P-Zahl eingegangen. Es ergab sich dabei, dass die P-Zahl durch einige Faktoren während der Kochschinkenherstellung beeinflusst wird. CSELKO und KÖRMENDY (1961) stellten fest, dass bei der Produktion die P-Zahl durch das offene Garen und die Lakeinjektion bei Schinken, die ohne Phosphat hergestellt wurden, erniedrigt wird. Diese Feststellung über das Absinken der P-Zahl beim Garen wurde durch BRUNINK (1992) bestätigt. BRUNINK (1992) kam ferner mit KALTWASSER (1981), WEHMING und WEBER (1997) sowie REICHERT et al. (1984 c) zum selben Ergebnis, dass die P-Zahl bei Schinken ohne Phosphatzusatz um 2,0 liegt (s. 2.2.5.4), wobei auffiel, dass die P-Zahl bei Schinken in einem offenen Kochsystem niedriger war. MÜLLER et al. (2000) fanden zusätzlich heraus, dass bei einer Phosphatzugabe über 0,4 % sich keine weitere Steigerung bezüglich der Ausbeute im fertigen Kochschinken erzielen lässt. Bei einer anderen Studie stellte MÜLLER (1991) fest, dass die P-Zahl positiv durch einen steigenden

pH-Wert im Endprodukt beeinflusst wird, was bedeutet, dass die P-Zahl umso höher ist, je höher der pH-Wert im Endprodukt liegt.

Die bei der vorliegenden Hauptstudie verwendeten Kochschinken wurden ausschließlich mit Zusatz von Phosphat hergestellt. Diese Übereinstimmung äußert sich durch die ähnlichen Verlaufskurven bei der Herstellung (s. 4.4.5). Die P-Zahl stieg vom Ausgangswert (= Schritt 1) bis zum Schritt 3 (= nach Tumbeln) durch die Phosphatzugabe an und fiel schließlich zum Endprodukt (= Schritt 4) ab. Zwischen Schritt 2 (= nach Lakeinjektion) und Schritt 3 veränderte sich die P-Zahl nur geringfügig, da maximal noch etwas Lake zugeführt wird, die zuvor verloren gegangen ist, um der Rezeptur zu entsprechen. Zusätzlich schwankten die P-Zahl-Werte während der Produktionsschritte 2 und 3 über einen relativ großen Bereich zwischen 2,00 (Variante 3) und 2,73 (Variante 2) bei Betrieb 4, was mit der Probennahme zu begründen ist. Die Gewinnung des Probenmaterials (Sammelprobe) wurde nach dem Zufallsprinzip durchgeführt. Es konnte dabei nicht auf Abtrocknung, vorhandenen Eiweißfilm, Muskelstück, pH-Wert oder ähnliches geachtet werden. Bei den Schritten 2 und 3 befanden sich deshalb einige Messwerte deutlich oberhalb des Richtwertes 2,4. Bei der Variante 1 (9 % Lakezugabe; 0,05 % Phosphat) lagen nach dem Schritt 3 22,2 %, bei der Variante 2 (13 % Lakezugabe; 0,25 % Phosphat) 48,4 %, bei der Variante 3 (25 % Lakezugabe; 0,25 % Phosphat) 22,6 % und bei der Variante 4 (14 % Lakezugabe; 0,14 % Phosphat) 0,0 % über dem Richtwert von 2,4. Im Gegensatz zu den getumbelten Schinken des Betriebes 4 (Variante 1 - 3) lag die P-Zahl nach der Lakeinjektion (Schritt 2) bei der Variante 4 des Betriebes 5 (kein Tumbeln) in einem engen Bereich zwischen 2,16 und 2,25, was für die Homogenität des Ausgangsmaterials spricht. Zum fertigen Kochschinken sank die P-Zahl im Zuge des Garens bei der Variante 1 auf durchschnittlich 2,27, bei Variante 2 auf 2,29, bei Variante 3 auf 2,26 und bei Variante 4 auf 1,92 ab (s. Tab. 15). Bei diesen Werten im fertigen Kochschinken fällt auf, dass die P-Zahl der Varianten 1 bis 3 oberhalb und die der Variante 4 unterhalb des Ausgangswertes im Nativfleisch lag. Für dieses ungleiche Verhalten der P-Zahl wird die unterschiedliche Herstellungsweise, insbesondere der Verzicht auf das Tumbeln der Variante 4, und der deutlich unterschiedliche End-pH-Wert verantwortlich gemacht. Wenn alle untersuchten Schinken gemäß dem Richtwert 2,4 beurteilt werden sollten, lägen im Endprodukt 11,1 % der Variante 1, 25,8 % der Variante 2, 12,9 % der Variante 3 und 0,0 % der Variante 4 über dem Richtwert der GDCh.

Bei den Schinken, die mittels geschlossener Kochung (Variante 1 und 2) hergestellt wurden, sank erwartungsgemäß die P-Zahl während der Hitzebehandlung nur geringfügig zum Endprodukt ab. Dies lag am verwendeten Kunstdarm, der weder Wasser- noch Gasaustausch mit der Umgebung zuließ. Trotzdem kam es innerhalb des Kunstdarms bei der Kochung zu einem Phosphatverlust, weil sich geringe Mengen Gelee (bis 0,05 %) zwischen Schinken und Darm absetzten. In diesem Geleeabsatz war der Phosphatgehalt (0,51 %) höher als im Schinken (0,45 %) selbst, weshalb die P-Zahl sank, da der Rohproteingehalt im Verhältnis zum Phosphat im fertigen Schinken anstieg. Dies liegt an der Tatsache, dass es sich bei der P-Zahl um einen rechnerischen Wert handelt. Wenn der Dividend (hier: Phosphat) im Verhältnis zum Divisor sinkt (hier: Rohprotein), dann wird der Quotient (hier: P-Zahl) kleiner. Die P-Zahl der Schinken, die im offenen System gekocht und zusätzlich noch geräuchert wurden, verhielt sich hingegen unterschiedlich. Bei den Kochschinken der Variante 3, die im Zuge der Herstellung getumbelt wurden, sank die P-Zahl nur geringfügig. Hingegen fiel die P-Zahl bei der ungetumbelten Variante 4 sehr deutlich ab. Dies hängt damit zusammen, dass bei getumbeltem Fleisch die Zellstruktur durch die mechanische Behandlung zerstört wird, weshalb das Phosphat besser seine Wirkung ausüben kann und letztlich in der Mikrostruktur des Fleisches fest eingelagert wird. Durch das in der Mikrostruktur gebundene Phosphat kann mehr Wasser gebunden werden als bei Schinken, die nicht getumbelt wurden. Bei den ungetumbelten Kochschinken wird dagegen vermehrt Phosphat mit dem Wasser ausgespült im Vergleich zu getumbelten Schinken. So sank bei dem nicht getumbelten Schinken (Variante 4) der Phosphatgehalt zum Endprodukt auf 0,41 % ab, wogegen der Phosphatgehalt der getumbelten Variante 3 auf 0,46 % während des Garens anstieg. Ebenfalls fiel beim Vergleich der Schinken auf, dass die Variante 4 einen höheren Rohproteingehalt und einen niedrigeren Wassergehalt hatte als die Schinken des Betriebs 4, was ebenfalls am Effekt des Tumbelns lag und zum Vorliegen einer niedrigen P-Zahl zum Teil beitrug.

Zusammenfassend kann über die Veränderung der P-Zahl während der Herstellung festgestellt werden,

1. dass die P-Zahl von der Höhe der Phosphatsubstitution und der Lakemenge abhängt.
2. dass die P-Zahl bei der Phosphatzugabe (= Lakeinjektion) steigt und beim Kochen sinkt.
3. dass die P-Zahl bei nicht getumbelten Schinken stärker beim Kochen absinkt als bei getumbelten Schinken.

5.5 Abhängigkeit des Phosphatgehalts von der Herstellungs-technologie

Laut ZZuLV (1998) darf in einem fertigen Kochschinken die Höchstmenge von 5 g/kg Phosphor (gemessen als P₂O₅) im Endprodukt nicht überschritten werden. Im Gegensatz zur P-Zahl handelt es sich hierbei um einen rechtlich abgesicherten Grenzwert. Nach REICHERT et al. (1984 c) und ERDMANN et al. (2006) lag der Phosphatgehalt in rohem Fleisch in einem Bereich zwischen 0,45 % und 0,51 %. BRUNINK (1992) stellte Zusätzlich fest, dass der Phosphatgehalt während der Herstellung abfiel. Dies bedeutet, dass der Phosphatgehalt des Ausgangsmaterials schon im Bereich des Grenzwertes liegt. Da aufgrund lebensmittelchemischer Untersuchungen keine Differenzierung zwischen zugegebenem und natürlich vorhandenem Phosphat vorgenommen werden kann, muss berücksichtigt werden, dass das im Muskelfleisch natürlicherweise vorkommende Phosphat zum zugegebenen Phosphat addiert wird. Sämtliches Phosphat wird gemäß Amtlicher Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB (2006) als Phosphorpentoxid (P₂O₅) bestimmt (s. 3.2.1.6). Dies spielt für die Beurteilung auf Verkehrsfähigkeit des Produktes bezüglich der Phosphatzugabe eine entscheidende Rolle. Bei der Schinkenherstellung bedeutet es, dass neben dem Phosphatgehalt im Ausgangsmaterial auf den Phosphatgehalt in der Lake und auf die Lakemenge geachtet werden muss, damit die rechtlichen Vorgaben in Bezug auf die zugelassene Höchstmenge beim fertigen Kochschinken erfutzt werden.

Um zu prüfen, ob die Phosphat-Höchstmenge eventuell zu hoch angesetzt ist unter Berücksichtigung aktueller technologischer Voraussetzungen wurde in der Studie über die P-Zahl im Kochschinken der Phosphatgehalt im Ausgangsmaterial und während der Kochschinkenherstellung gemessen. Bei der Untersuchung der 230 frischen Fleischproben aus dem Schweineschlegel stellte sich in diesem Zusammenhang heraus, dass sie einen mittleren Phosphatgehalt von 0,51 % ($\pm 0,051$) hatten, was die oben genannten Daten aus der Literatur bestätigt. Dieser Wert liegt bereits über der rechtlichen Vorgabe bei Kochschinkenerzeugnissen. Daneben ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich der Phosphatgehalt während der Herstellung verändert. Hierbei sank der Phosphatgehalt bei der Variante 1 (9 % Lakezugabe; 0,05 % Phosphat) auf 0,45 %, bei der Variante 2 % (13 % Lakezugabe; 0,25 % Phosphat) auf 0,46 %, bei der Variante 3 (25 % Lakezugabe; 0,25 % Phosphat) auf 0,41 % und bei der Variante 4 (14 % Lakezugabe; 0,14 % Phosphat) auf 0,42 % bis zum dritten Produktionsschritt ab. Zwischen Schritt 2 und 3 veränderte sich der Phosphatgehalt minimal mit Ausnahme der Schinken der Variante 3, da bei diesem Produkt beim Tumbeln noch Zusätzlich Lake zugegeben wurde, die zu einem

weiteren Absinken des Phosphatgehaltes führte. Dieser sinkende Phosphatgehalt während der Herstellung beruht auf dem Verdünnungseffekt durch die Lakeinjektion, da die Phosphatkonzentration der Lake niedriger war als die Phosphatkonzentration im Schinken. Beim Kochen stieg der Phosphatgehalt bei den industriellen Schinken der Varianten 1 - 3 auf jeweils 0,46 % wieder an, da eine geringe Menge Wasser als Gelee oder bei der offenen Kochung mit dem Kochwasser verloren ging und sich somit die Konzentration des im Fleisch eingelagerten Phosphates erhöhte. Bei der Variante 3 (Erhitzen im offenen System) erhöhte sich der Phosphatgehalt beim Kochen am deutlichsten, da viel Wasser im Vergleich zum Phosphat verloren ging, welches in der Mikrostruktur des Fleisches gebunden vorlag. Hingegen fiel der Phosphatgehalt bei der handwerklich hergestellten Variante 4 auf 0,41 % weiter ab. Dies lag, wie unter 5.4 beschrieben, am hier nicht vorhandenen Effekt des Tumbelns.

Im Hinblick auf den Phosphatgehalt von unter Phosphatzusatz hergestellten Kochschinken können mehrere Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Der Phosphatgehalt sinkt bei der Herstellung deutlich ab.
2. Die Herstellungstechnologie (vor allem das Tumbeln) nimmt Einfluss auf den Phosphatgehalt während der Produktion und im Endprodukt.
3. Phosphat kann während der Herstellung in geringen Mengen zugeführt werden, ohne den zugelassenen Höchstwert (0,50 %) im Endprodukt zu überschreiten.

5.6 Beibehaltung der P-Zahl

Der jetzige P-Zahl-Richtwert liegt für Kochschinken bei 2,4. Dieser Wert stellt, da er nicht gesetzlich verankert ist, lediglich einen Richtwert dar und wird derzeit kontrovers diskutiert. ERDMANN et al. (2006) kamen aufgrund einer Untersuchung über die P-Zahl im Nativmaterial der Kochschinkenherstellung zu dem Schluss, dass die Beurteilungsgrenze für die P-Zahl im fertigen Kochschinken wegen des in der Studie bereits im Nativmaterial vorhandenen hohen Ausgangswertes auf 2,6 angehoben werden sollte. Bei dieser Untersuchung lag nämlich die P-Zahl bei der frischen Schweineschlegelmuskulatur im Mittel bereits bei 2,39 (n = 30). Unterstützt wurde dieses Ergebnis beim Ausgangsmaterial durch die Untersuchungen von DUSEK et al. (2003), bei welchen die durchschnittliche P-Zahl sich bei 2,44 (n = 6) befand, und von BRUNINK (1992), die in einem Betrieb eine mittlere P-Zahl von 2,45 und in einem weiteren Betrieb eine P-Zahl von durchschnittlich 2,36 (n = 16) festgestellt hatte.

Alle diese Ergebnisse aus der Literatur deuten darauf hin, dass sich die P-Zahl im Ausgangsmaterial der Schinkenherstellung im Bereich des Richtwertes von 2,4 befindet. Anhand der hier durchgeführten Studie können diese Ergebnisse nicht bestätigt werden, da sich die durchschnittliche P-Zahl des Ausgangsmaterials laut dieser Studie unterhalb der Werte der anderen Untersuchungen befand. Bei den hier durchgeführten Analysen an frischen Fleischproben ($n = 230$) lag die durchschnittliche P-Zahl bei 2,19 und somit unterhalb des Richtwertes von 2,4. Die Schlussfolgerung von ERDMANN et al. (2006), die P-Zahl auf 2,6 zu erhöhen, kann nach dieser Studie des weiteren deshalb nicht geteilt werden, da die Untersuchung deutlich zeigt, dass die P-Zahl im Endprodukt trotz Phosphatzugabe bei allen vier untersuchten technologischen Varianten aus der Industrie und dem Handwerk zum Teil deutlich unterhalb des Richtwertes von 2,4 lag (s. 5.4). Dies wurde vor allem durch das deutliche Absinken der P-Zahl während des Kochens erreicht, was durch die Studie von BRUNINK (1992) bestätigt wird. Die oben genannten Autoren (ERDMANN et al., 2006) beziehen jedoch nicht die Veränderungen der P-Zahl bei der Herstellung und besonders das Absinken beim Garen in ihre Überlegungen mit ein, sondern legen ausschließlich den „hohen“ Ausgangswert (P-Zahl im frischen Schweinefleisch) für die Schlussfolgerung zugrunde. Eine Erhöhung des P-Zahl-Richtwertes bei der Kochschinkenherstellung würde weiteren technologischen Manipulationen auf Kosten des Verbrauchers freien Raum gegeben und ist deshalb abzulehnen.

Auch wenn theoretisch das Ausgangsmaterial eine durchschnittliche P-Zahl von 2,4 hätte, wie es ERDMANN et al. (2006) festgestellt hatten, würde sie bei der Kochschinkenherstellung (ohne Phosphatzugabe) durch die technologischen Vorgänge beim Endprodukt unter diesen Wert sinken. Bei der Herstellung müsste die P-Zahl bei den ersten Produktionsschritten (Lakeinjektion und Tumbeln) konstant bleiben, da sich am Verhältnis zwischen Phosphat und Rohprotein keine bedeutenden Veränderungen ergeben, da lediglich „Wasser“ (Lake) zugegeben wird. Beim Kochen verliert der Kochschinken im Verhältnis mehr Phosphat (P_2O_5) als Rohprotein, was bedeutet, dass der Dividend im Verhältnis kleiner wird und folglich auch der Quotient, was heißt, dass die P-Zahl sinkt. Dies gilt sowohl für Schinken in einem offenen als auch im geschlossenen Kochsystem, da bei der Schinkenherstellung im geschlossenen System ohne Selektion auf den Ausgangs-pH-Wert des verwendeten Fleisches ein Geleeabsatz nicht zu vermeiden ist, der eine höhere Phosphatkonzentration und eine deutlich niedrigere Rohproteinkonzentration als der Schinken aufweist. Folglich verringert sich im Schinken das Verhältnis vom Phosphat- zum Rohproteingehalt, also die P-Zahl.

Eine Erhöhung des P-Zahl-Richtwertes macht aus weiteren Gründen keinen Sinn, da die P-Zahl im Ausgangsmaterial über einen weiten Bereich zwischen 1,9 und 2,5 streut. Dieser große Streubereich beeinflusst den Wert im Endprodukt, wie es BRUNINK (1992) festgestellt hatte. Es kann theoretisch bei einer P-Zahl von 2,4 in der Industrie mit einem „Blindwert“ gearbeitet werden, wobei dieser Streubereich der P-Zahl berücksichtigt werden muss. Bei Produkten, die in einem geschlossenen System hergestellt werden, ist es unter bestimmten Umständen möglich, den Richtwert zu überschreiten, ohne Phosphat zugegeben zu haben. Dies wäre aber sehr unwahrscheinlich und müsste gegebenenfalls bei fehlender Deklaration mittels Nachprobe überprüft werden, bevor das Produkt beanstandet wird.

Letzten Endes stellt sich die Frage, ob der Fremdphosphatnachweis in Kochschinken mittels der empirisch bestimmten P-Zahl, die in den 60er Jahren entwickelt wurde, in der heutigen Zeit noch aktuell ist, oder ob es nicht andere Methoden gibt, die Phosphatzugabe direkt nachzuweisen, um langwierigen rechtlichen Streitigkeiten aus dem Weg zu gehen. Diese rechtliche Problematik bezüglich eines Phosphatnachweises mittels P-Zahl röhrt davon her, dass es sich lediglich um einen Richtwert handelt, der eingeführt wurde, um zugegebenes Phosphat nachzuweisen, welches nicht deklariert wurde. Eine rechtliche Konsolidierung der P-Zahl wäre in diesem Zusammenhang erstrebenswert. Diese Problematik bezüglich des Phosphatnachweises mittels P-Zahl beim Kochschinken ist der DLG bekannt, weshalb die P-Zahl derzeit in diesem Gremium ausführlich diskutiert wird (STOLLE, 2007).

6 Schlussfolgerungen

Aufgrund der chemischen Untersuchungen und der zugrundeliegenden Angaben aus der Literatur können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden.

1. Die durchschnittliche P-Zahl im Ausgangsmaterial für Kochschinken lag mit 2,19 unterhalb des Richtwertes von 2,4.
2. Der Streubereich der P-Zahl im Ausgangsmaterial erstreckte sich zwischen 1,9 und 2,5.
3. Die P-Zahl im Endprodukt befand sich trotz Phosphatzusatz während der Herstellung von Kochschinken unterhalb des Richtwertes.
4. Die P-Zahl im Produkt verändert sich deutlich während der Herstellung von Kochschinken.
5. Die Entwicklung der P-Zahl während der Herstellung von Kochschinken wird von der eingesetzten Technologie beeinflusst.
6. Eine erneute Anpassung des Richtwertes für die P-Zahl ist nach dieser Studie nicht erforderlich.
7. Ein verbindlicher Grenzwert soll für die P-Zahl festgelegt werden.

7 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, welchen Einfluss das Ausgangsmaterial und die Herstellungstechnologie auf den Phosphatgehalt im Kochschinken haben. Der Schwerpunkt lag bei der Bestimmung der P-Zahl, die von der Gesellschaft deutscher Chemiker (GDCh) als Mittel zum Fremdphosphatnachweis in Kochpökelwaren mit dem Richtwert 2,4 eingeführt wurde.

Im ersten Teil der Arbeit kam Fleisch verschiedener Schweinerassen oder Kreuzungen mit unterschiedlich langer Wartezeit vor der Schlachtung zur Untersuchung, um festzustellen, inwieweit die P-Zahl von der Rasse und dem Umgang mit den Tieren vor der Schlachtung abhängt. Es wurden sechs verschiedene Tiergruppen mit insgesamt 150 Tieren untersucht. Ein deutlicher Unterschied zwischen den einzelnen Rassen und der Wartezeit vor der Schlachtung konnte nicht erfasst werden. In einem weiteren Schritt wurden alle untersuchten Frischfleischproben aus dem ersten und zweiten Teil der Studie ($n = 230$) in einem Kollektiv zusammengekommen, um den Ausgangswert der P-Zahl für die Kochschinkenproduktion zu ermitteln. In diesem Kollektiv befanden sich Fleischproben aus unterschiedlichen Muskelgruppen des Schweineschlegels. Der durchschnittliche Wert der P-Zahl lag bei diesen Proben bei 2,19 ($\pm 0,086$). Im zweiten Teil der Arbeit wurden die P-Zahl und deren Veränderungen entlang der Kochschinkenherstellung an den wichtigsten vier Produktionsstufen erfasst. Es kamen dabei vier verschiedene Kochschinkenvarianten mit insgesamt 81 analysierten Schinken, die auf unterschiedliche Weise in industrieller oder handwerklicher Produktion hergestellt wurden, zur Untersuchung. Entlang der Herstellung, bei der jeweils mit Phosphatzugabe gearbeitet wurde, fiel bei allen vier Schinkenvarianten auf, dass die P-Zahl vom ersten (Frischfleisch) zum zweiten Produktionsschritt (nach Lakeinjektion) anstieg. Dieser Wert blieb bis zum nächsten Produktionsschritt (nach Tumbeln) relativ konstant und fiel je nach Herstellungstechnologie beim Garen zum fertigen Kochschinken ab. Kochschinken, die nicht getumbelt wurden, zeichneten sich durch ein stärkeres Absinken der P-Zahl beim Kochen aus.

Anhand der Ergebnisse, die vor allem zeigen, dass die P-Zahl während des Garens absinkt, kann der von der GDCh bestimmte P-Zahl-Richtwert mit 2,4 nur bestätigt werden. Eine Veränderung dieses Richtwertes im Sinne einer Anhebung erscheint nicht nötig zu sein, da in diesem Falle weiteren technologischen Manipulationen bei der Kochschinkenherstellung freier Raum gegeben würde.

8 Summary

Study on the phosphate content of cooked ham - influence of raw material and technology

In the present study, the influence of raw material and production technology on the phosphate content of cooked ham was examined. Main emphasis was placed on the determination of the P value, a means of detecting the addition of phosphates to cooked ham. According to a guideline of the German Chemical Society (GDCh) the P value should not exceed 2.4 in the finished product.

In the first part of the study, meat of different pig breeds and crossbreeds was examined as well as meat of pigs with different lairage periods prior to slaughter in order to determine if the P value depends on breed and preslaughter animal handling. A total of 150 animals was examined, which were divided into six groups. No clear difference between the various breeds or the different lairage periods was observed. In a further evaluation, the results of all of the raw material samples originated from the first and second parts of the study ($n=230$) were combined in order to determine the initial P value level of the raw material in the production of cooked ham. The average P value of these samples was 2.19 (± 0.086). In the second part of the study, the P value as well as the changes thereof during the production process of cooked ham were assessed at the four most important processing steps. For this, four different cooked ham variants with a total of 81 hams from industrial or manual production, differing in processing technology, were examined. In all four variants it was noted that along the processing chain, which in all variants included the addition of phosphates, the P value increased from the first (raw material) to the second processing step (after brine injection). This value remained relatively constant up to the next processing step (after tumbling) and then decreased to a varying extent depending on processing technology during heat treatment. The most prominent decrease at the fourth processing step (finished product) was shown in hams which were not subjected to tumbling.

The results of this study, which above all showed that the P value decreases during heat treatment, corroborate the guideline of the GDCh setting the maximum P value in cooked ham at 2.4. An alteration of this guideline implying raising the recommended maximum level does not appear to be necessary as this would open the way to further technological manipulations in cooked ham production.

9 Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

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.

Freie Universität Berlin, Dissertation

Arbeitsgruppe "Fleischwaren" der GDCh (1984):

Bericht über die Tätigkeit der Arbeitsgruppe.

Lebensmittelchemische Gerichtliche Chemie 38, 125

Arbeitsgruppe „Fleischwaren“ der GDCh (1989):

Sitzungsbericht der Arbeitsgruppe „Fleischwaren“.

Lebensmittelchemische Gerichtliche Chemie 43, 94

Arneth W., Herold B., Hammer G. (2002):

Abbau von Di- und Triphosphat im Brühwurstbrät.

Fleischwirtschaft 82 (1), 78-80

Arneth W., Münch S. (2007):

Chemisch-physikalische Analysen von Makroinhaltsstoffen.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 2, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 785-801

Augustini Ch. (1982):

Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheiten.

Kulmbacher Reihe, Band 3

Babbel I. (2001):

Die Spezifikation im Deutschen Lebensmittelrecht – Sensorische, Mikrobiologische und Physikalisch-Chemische Untersuchungen zur Beurteilung der Qualität von Fleischerzeugnissen in Herstellung und Handel.

Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

Bechtold E. (1957):

Der praktische Fleischer, 6. Auflage.

Hugo Matthaeus Verlag, Stuttgart

Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P. (2001):

Lehrbuch der Lebensmittelchemie, fünfte vollständig überarbeitete Auflage.

Springer-Verlag, Berlin

Berg J. M., Tymoczko J. L., Streyer L. (2003):

Biochemie, 5. Auflage.

Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Binke R. (2003):

Vom Muskel zum Fleisch.

Mitteilungsblatt BAFF 42, Nr. 162, 347-354

Branscheid W. (2007):

Produktion, Verbrauch und Vermarktung von Fleisch.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 1-48

Branscheid W., Troeger K., Moje M., v. Lengerken G. (2007):

Schlachttiertransporte und Bereitstellung vor der Schlachtung.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 373-403

Brauer H. (2003 a):

Technologie: Ausgleich von Schwankungen; Mit standardisiertem pH-Wert lässt sich ein optimaler Kochschinken erreichen.

Fleischwirtschaft 83 (10), 54-59

Brauer H. (2003 b):

Kochschinken-Technologie: Ein Technologischer Leitfaden, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main

Brunink E. (1992):

Gesamtphosphorgehalt des Rohstoffes Fleisch und dessen Beeinflussung in den technologischen Bearbeitungsschritten zur Herstellung von Kochpökelwaren.

Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation

Budras J., Weber H. (2002):

Elektronenmikroskopische Untersuchungen bei Fleischzubereitungen, 2. Transmissionslektronenmikroskopische Methode (TEM).

Fleischwirtschaft 82 (12), 85-88

Cantoni A., Kantantzis G., Bianchi E. (1975):

Verteilung von Polyphosphaten in Kochschinken.

Fleischwirtschaft 55 (4), 554

Classen H.-G., Elias S., Hammes W., Schmidt E. (1987):

Toxikologisch-hygienische Beurteilung von Lebensmittelinhalts- und Zusatzstoffen sowie bedenklicher Verunreinigungen.

Paul Parey Verlag, Berlin

Cselko M., Körmenty L. (1961):

Nachweis von Phosphaten in Fleisch und Fleischerzeugnissen.

Fleischwirtschaft 41 (5), 409-412

Deiss-Hemmeter U. (2005):

Prüfung der Effektivität der Elektrostimulation auf die Fleischqualität bei Schlacht-schweinen.

Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

Dillinger R. (2007):

Schinken, gekochter Schweinekram.

ÖKO-Test Verlag, Frankfurt

www.oekotest.de/cgi/ot/otgp.cgi?doc=36213

Dusek M., Kvasnicka F., Lukaskova L., Kratka J. (2003):

Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products.

Meat Science 65, 765-768

Eber M., Müller W.-D. (1998):

Untersuchungen zur Eignung des Meat of Hampshire-Type zur Kochschinkenherstel-lung.

Fleischwirtschaft 78 (6), 652-656

Effenberger G. (1999):

Kochpökelwaren in Hüllen: Teil 2: Herstellung von gegarten, gepökelten Formfleisch-produkten.

Fleischwirtschaft 79 (9), 64-67

Ender K., Nürnberger K., Wegner J., Seregi J. (2002):

Fleisch und Fett von Mangalitza-Schweinen im Labor.

Fleischwirtschaft 82 (6), 125-127

Erdmann R., Binke R., von Jakobs M., Wilke T. (2006)

Die P-Zahl – eine Status-quo-Analyse.

Fleischwirtschaft 86 (2), 29-30

Fähnle H., Watsos E., Stauß H., Ozari R., Schmidt H., Kotter L. (1985):

Zur Verwendung von Oligophosphaten bei der Herstellung von gegarten Pökelfleisch-Erzeugnissen.

Fleischwirtschaft 65 (4), 485-488

Fehlhaber K. (2004):

Mikrobielle Assoziationen und Sukzessionen in Lebensmitteln und ihre Wirkung.

In: Sinell H.-J. (2004):

Einführung in die Lebensmittelhygiene, 4. neu bearbeitete Auflage.

Paul Parey Verlag, Stuttgart

Fischer A. (1988):

Produktbezogene Technologie – Herstellung von Fleischerzeugnissen.

In: Prändl O., Fischer A., Schmidhofer T., Sinell H.-J. (1988):

Handbuch der Lebensmitteltechnologie.

Ulmer Verlag, Stuttgart

Fischer Ch. (1981):

Veränderungen im Muskel nach dem Schlachten.

Kulmbacher Reihe, Band 2

Fischer K. (1999):

Sinnvolle Erfassung der Fleischqualitätsparameter.

Kulmbacher Reihe, Band 16

Fischer K., Dobrowolski A. (2002):

Topographische Variationen des Glykolytischen Potenzials in der Muskulatur von Schlachtschweinen.

Fleischwirtschaft 82 (2), 78-82

Fischer K., Lindner J., Dobrowolski A. (2002):

Variationen der Qualität von Schweinefleisch bei unauffälligen End-pH-Werten.

Fleischwirtschaft 82 (11), 118-121

Fuchs H., Gemmer H. (1995):

Fachlexikon für Fleischer.
Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main

Gatzemeier, C. (1993):
Einfluss von Temperatur und unterschiedlichen Phosphatzusätzen auf die Qualität von Kochpökelwaren.
Technische Fachhochschule Berlin, Diplomarbeit

Gemmer H. (1980):
Phosphatnachweis im Kochschinken.
Fleischwirtschaft 60 (5), 848

Gerhardt U. (1998):
Sind Kutterhilfsmittel notwendige Zusatzstoffe?
Die Fleischerei 69 (9), 1026-1030

Gißke W. (1958):
Beeinflussung der Qualität von Kochschinken durch Phosphate.
Fleischwirtschaft 38 (1), 21-22

Goettlich W., Klepacka M., Wasilewski St. (1967):
Die Anwendung von Polyphosphaten zur Herstellung pasteurisierter Schinken.
Fleischwirtschaft 47 (3), 264

Grau R. (1957):
Phosphate als Hilfsmittel beim Spritzpökeln.
Fleischwirtschaft 37 (10), 646

Guardia M., Estany J., Balasch S., Oliver M., Gispert M., Diestre A. (2005):
Risk assessment of DFD meat due to preslaughter conditions in pigs.
Meat Science 70, 709-716

Hamm R. (1963):

Die Mikrostruktur des Muskels und ihre Beziehung zum Wasserbindungsvermögen des Fleisches.

Fleischwirtschaft 43 (4), 298-301

Hamm R. (1979 a):

Die Biochemie des Muskel-Calciums und ihre Bedeutung für die Fleischqualität.

Fleischwirtschaft 59 (3), 393-398

Hamm R. (1979 b):

Zur Wirkungsweise kondensierter Phosphate bei der Brühwurstherstellung.

Fleischwirtschaft 59 (11), 1727-1729

Hamm R. (1980 a):

Veränderungen des Rindfleisches nach dem Schlachten und ihre Auswirkungen auf das Wasserbindungsvermögen.

Fleischwirtschaft 60 (9), 1567-1576

Hamm R. (1980 b):

Phosphate in Fleischerzeugnissen.

Deutsche Lebensmittel-Rundschau 76 (8), 263-269

Hamm R. (1981):

Struktur und Funktion des Muskels.

Kulmbacher Reihe, Band 2

Hamm R. (1996):

Einfluss des pH-Wertes auf die Protein-Nettoladung im myofibrillären System.

Fleischwirtschaft 76 (12), 1330-1335

Hammer G. (1987):

Wirkung von Zusatzstoffen in Fleischerzeugnissen.

2. Fleischertagung in Zürich, 24-27

Hammer G. (1988):

Wirkung von Zusatzstoffen.

Kulmbacher Reihe, Band 8

Hammer G. (2001):

Technologische Wirkung von Di- und Triphosphaten in Brühwurstbrät.

Fleischwirtschaft 81 (10), 116-119

Häußermann E. (1985):

Prüfung von Schnellmethoden zur Erkennung abweichender Fleischqualität beim Schwein bei der amtlichen tierärztlichen Fleischuntersuchung.

Freie Universität Berlin, Dissertation

Hecht H. (1986):

Reifung und Zartheit von Fleisch.

Kulmbacher Reihe, Band 6

Hildebrandt G., Heitmann M. (2006):

Gemengen fehlt die letzte Klarheit: Ist eine Überarbeitung der Definition „Formfleisch“ notwendig?

Fleischwirtschaft 86 (6), 44-46

Hofmann K. (1973):

Was ist Fleischqualität.

Fleischwirtschaft 53 (4), 485

Hofmann K. (1987):

Der pH-Wert – Ein Qualitätskriterium für Fleisch.

Fleischwirtschaft 67 (5), 557-562

Hofmann K., Honikel K.-O. (2007):

Der Qualitätsbegriff bei Fleisch.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken, G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 79-84

Honikel K.-O., Schwägele F. (2007):

Biochemische Prozesse der Fleischbildung.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 2, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 727-753

Honikel K.-O. (2003 a):

Chemische und strukturelle Veränderungen nach dem Schlachten.

In: Stiebing A., Barciaga J., Krell U. (2003):

Handbuch Fleisch und Fleischwaren.

Behr's Verlag, Hamburg, Kapitel A.3

Honikel K.-O. (2003 b):

Vom Fleisch zum Produkt.

Kulmbacher Reihe, Band 18

Honikel K.-O. (2007):

Physikalische Messmethoden zur Erfassung der Fleischqualität.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 2, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 855-881

Hullberg A., Johansson L., Lundström K. (2005):

Sensory perception of cured-smoked pork loin from carriers and noncarriers of the RN-allele and its relationship with technological meat quality.

Journal of Muscle Foods 16, 54-76

Jira W. (2003):

Chemische Vorgänge beim Pökeln und Salzen.

Kulmbacher Reihe, Band 18

- Kalbe C., Schoppenmeyer A., Fiedler I., Hartung M., Ender K. (2005):
Schlachtkörperzusammensetzung, Fleischqualität und Muskelstruktur verschiedener Schweinerassen.
Fleischwirtschaft 85 (5), 100-102
- Kallweit E. (2003):
Tierproduktion – Fleischerzeugnisse.
In: Stiebing A., Barciaga J., Krell U. (2003):
Handbuch Fleisch und Fleischwaren.
Behr's Verlag, Hamburg, Kapitel A.1
- Kaltwasser E. (1981):
Untersuchung an Kassler und Kochschinken.
Fleischwirtschaft 61 (1), 39-46
- Kaltwasser E. (1993):
Ein Beitrag zur Beurteilung des Phosphatgehalts in Kochpökelwaren.
Lebensmittelchemie 47, 106
- Karthaus E. (1991):
Innovative Kochpökelwaren-Technologie.
Die Fleischerei (7), 486-490
- Keim H. (1999):
Fachwissen Technologie, 12. völlig überarbeitete und erweiterte Auflage.
Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main
- Kirchheim U., Kinast C., Schöne F. (2001):
(Früh)postmortale physikalische Messkriterien zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit.
Fleischwirtschaft 81 (1), 89-90
- Klettner P.-G. (1996):

Praxis Kühlen und Gefrieren – Kühlen und Gefrieren von Schlachttierkörpern.
Fleischwirtschaft 76 (7), 679

Klettner P.-G. (2000 a):

Wirkung unterschiedlicher Phosphate in Brühwürsten, Teil 1.
Fleischwirtschaft 80 (4), 143-145

Klettner P.-G. (2000 b):

Technologische Wirkung von Trinatriumdiphosphat und Natriumtriphosphat in Brühwürsten, Teil 2.
Fleischwirtschaft 80 (5), 72-73

Klettner P.-G. (2001):

Einsatz von Phosphaten bei Rohwurst: Einfluss auf die technologischen Parameter.
Fleischwirtschaft 81 (10), 95-98

Klinke R. und Silbernagel S. (2001):

Lehrbuch der Physiologie, 3. Auflage.
Thieme Verlag, Stuttgart

Koch W. (1998):

Technologie der Zusatzstoffe, Phosphate, Anwendung und Wirkung in Lebensmitteln.
Band 3: Lebensmittelchemie, Lebensmittelqualität.
Behr's Verlag, Hamburg

Kretzschmann F. (1996):

Nichtoriginäre Stoffe in Fleisch und Fleischerzeugnissen.
In: Sielaff H. (1996):
Fleischtechnologie.
Behr's Verlag, Hamburg, 167-180

Kreutzig T. (2000):

Kurzlehrbuch Biochemie, 10. Auflage.
Urban & Fischer-Verlag, München

Kühlcke R. (2005):

Raus aus der P-Falle.

Allgemeine Fleischer Zeitung, 50/2005

Kühlcke R. (2006):

Über Geschmack lässt sich nicht streiten.

Allgemeine Fleischer Zeitung, 9/2006

Kühne M., Feldhusen F., Drommer W., Wenzel S. (1992):

Zartheit und morphologische Veränderungen vom Schweinefleisch.

Fleischwirtschaft 72 (12), 1689-1692

Kühnlein Ch. (1993):

Zur Beurteilung der Fleischqualität von Schalenwild unter Berücksichtigung von Wildbrethygiene und jagdlichen Gegebenheiten im Hinblick auf die Erstellung von Richtwerten für die amtliche Fleischuntersuchung.

Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

Küster F., Thiel A., Fischbeck K. (1972):

Logarithmische Rechentafeln, 101 Auflage.

Walter de Gruyter, Berlin

Kugler D., Littmann-Nienstedt S. (2006):

Schinkenbegriff droht zu Verwässern: Koch- und Vorderschinken-Imitate erfordern alternative Bezeichnung.

Fleischwirtschaft 86 (10), 51-56

Lang K. (1961):

Phosphorsäure und Phosphate in physiologischer Sicht.

Fleischwirtschaft 41 (3), 191-192

Lang B.-A., Effenberger G. (2006):

Wursthüllen Kunstdarm: Herstellung, Eigenschaften, Anwendung, 3. völlig überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main

Latscha H., Klein H. (1993):

Organische Chemie: Chemie - Basiswissen 2, 3. Auflage.

Springer-Verlag, Heidelberg

Laube S. (2000):

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

Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation

La-Ville E., Sayd T., Sante-Lhoutellier V., Morzel M., Labas R., Franck M., Chambon C., Monin G. (2005):

Characterisation of PSE zones in semimembranosus pig muscle.

Meat Science 70, 167-172

v. Lengerken G., Wicke M., Fischer K. (2007):

Schlachttierwert des Schweines.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1; 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 207-245

Littmann E., Götz K.-U., Dodenhoff J. (2006):

Schweinezucht und Schweineproduktion, 1. Auflage März 2006.

Landesanstalt für Landwirtschaft Bayern

Littmann-Nienstedt S. (2006):

Kochpökelwaren: Verfälschungen durch stickstoffhaltige Zutaten; Regelungen der Fleisch-VO sichern Qualitätsproduktion.

Fleischwirtschaft 86 (2), 24-25

Lundström K., Andersson A., Hansson I. (1996):

Effekt of the RN gene on technological and sensory meat quality in crossbred pigs with Hampshire as terminal sire.

Meat Science 42, 145

Matissek R., Steiner G. (2006):

Lebensmittelanalytik: Grundzüge Methoden Anwendungen, dritte vollständig überarbeitete Auflage.

Springer Verlag, Berlin

Mesle L., Bernhard C., Barraud C., Nowosielecka K. (1962):

Phosphatzusatz zu Kochschinken – technologische Konsequenzen und Bestimmung.

Fleischwirtschaft 42 (1), 32

Meyer A. (1998):

Lebensmittelrecht: Leitfaden für Studium und Praxis.

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart

Michels W. (1968):

Verbindungen der Phosphorsäure in Lebensmitteln.

Palka Verlag, Weeze

Möller S., Rahn M., Schneider F. (2001):

Wirkung verschiedener Phosphatpräparate auf Konsistenz und Sensorik von Brühwürsten.

Fleischwirtschaft 81 (8), 101-103

Möller S., Rahn M., Schneider F. (2004):

Kochpökelwaren: zwischen Ausbeute und Konsistenz; Synergistische Effekte von Phosphatpräparaten in Kombination mit Transglutaminasen.

Fleischwirtschaft 84 (4), 103-105

Monin G., Sellier P. (1985):

Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate postmortem period: The case of Hampshire breed.

Meat Science 13, 49-63

Müller W.-D. (1988):

Technologie der Kochpökelwaren.

Kulmbacher Reihe, Band 8

Müller W.-D. (1991):

Kochpökelwaren: Einfluss der Herstellungstechnologie.

Fleischwirtschaft 71 (1), 8-18

Müller W.-D., Eder M., Przytulla J. (2000):

Einfluss verschiedener Phosphatdosierungen auf technologische Parameter und sensorische Eigenschaften von Kochschinken.

Fleischwirtschaft 80 (1), 99-102

Müller W.-D. (2003):

Verwendung von Phosphat und Transglutamase.

Fleischwirtschaft 83 (10), 114-117

Müller W.-D. (2007):

Kochpökelwaren.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 2, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 1031-1055

Münch S. (2003):

Chemie der Fette und Fettbegleitstoffe.

Kulmbacher Reihe, Band 18

Nelson D. und Cox M. (2001):

Lehninger Biochemie, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage.

Springer Verlag, Berlin

Nigmann G. (1953):

Nachweis von Phosphatzusätzen in Würsten.

Mitteilungsblatt der GDCh (10), 173-174

N.N. (2005 a):

Kochschinken sicher produzieren.

www.raps.de/fachinformation.php?id=10

N.N. (2005 b):

Gutachten des Wissenschaftlichen Gremiums NDA über den zulässigen oberen Aufnahmewert für Phosphor.

EFSA: Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit

www.efsa.eu.int/science/nda/nda_options/1098_de.html

N.N. (2005 c):

Verzehr von Fleischerzeugnissen, 41-44.

www.fleischerhandwerk.de/upload/pdf/8_Fleischerzeugnisse_GB2005.pdf

N.N. (2006 a):

Phosphate.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Phosphate>

N.N. (2006 b):

Diphosphate.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Dihosphate>

N.N. (2007 a):

Emulsion, Suspension, Dispersion

www.chemgapedia.de/vsengine/topics/de/vlu/index.html

N.N. (2007 b):

Schwäbisch-Hällisches Qualitäts-Schweinefleisch.

www.besh.de/html/produkte/schweinga.htm

N.N. (2007 c):

Verbraucher.

<http://lexikon.meyers.de/meyers/Verbraucher>

N.N. (2007 d):

Boxplot.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Boxplot>

v. Oeckel M., Warnants N., Boucque C., Delputte P., Dpuydt J. (2001):

The preference of consumer for pork from homozygous or halothane negative animals.

Meat Science 58, 247-251

Oelker P. (1996):

Pökelwarenherstellung und Räuchern.

In: Sielaff H. (1996):

Fleischtechnologie.

Behr's Verlag, Hamburg, 361-382

Owen B., Montgomery J., Ramsey C., Miller M. (2000):

Preslaughter resting time and hot-fat trimming effects on the incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork and ham processing characteristics.

Meat Science 54, 221-229

Pearson, A., Young R. (1989):

Muscle and meat biochemistry.

Academic Press Inc., San Diego

Perez M., Palacio J., Santolaria M., Acena M., Chacon G., Gascon M., Calvo J., Zaragoza P., Beltran J., Garcia-Belenguer S. (2002):

Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs.

Meat Science 61, 425-433

Person R., McKenna D., Ellebracht J., Griffin D., McKeith F., Scanga J., Belk K., Smith G., Savell J. (2005):

Benchmarking value in the pork supply chain; Processing and consumer characteristics of hams manufactured from different quality raw materials.

Meat Science 70, 91-97

Peters H., Sielaff H. (1996):

Chemisch-physikalische, sensorische und funktionelle Eigenschaften.

In: Sielaff H. (1996):

Fleischtechnologie.

Behr's Verlag, Hamburg, 133-166

Prändl O. (1988 a):

Zusammensetzung und technologische Eigenschaften des Fleisches.

In: Prändl O., Fischer A., Schmidhofer T., Sinell H.-J. (1988):

Handbuch der Lebensmitteltechnologie.

Ulmer Verlag, Stuttgart, 120-147

Prändl O. (1988 b):

Grundlagen der Haltbarmachung.

In: Prändl O., Fischer A., Schmidhofer T., Sinell H.-J. (1988):

Handbuch der Lebensmitteltechnologie.

Ulmer Verlag, Stuttgart, 234-372

Przytulla J., Müller W.-D. (1998):

Auswirkungen unterschiedlicher Phosphatmengen auf Kochschinken.

www.bmvel-forschung.de

Reichert J., Färber D., Flachmann A. (1984 a):

Scheibenzusammenhalt bei Kochschinken. Teil 1.

Die Fleischerei (10), 705-707

Reichert J., Färber D., Flachmann A. (1984 b):

Scheibenzusammenhalt bei Kochschinken. Teil 2.

Die Fleischerei (11), 795-798

Reichert J., Färber D., Flachmann A. (1984 c):

Scheibenzusammenhalt bei Kochschinken. Teil 3.

Die Fleischerei (12), 859-862

Ristic M. (1982):

Methoden zur objektiven Beurteilung der Fleischbeschaffenheit.

Kulmbacher Reihe, Band 3

Rogowski B. (1981):

Die ernährungsphysiologische Bedeutung von Fleisch und Fett.

Kulmbacher Reihe, Band 2

Sack E. (1988):

Zur Messung der Fleischbeschaffenheit von Schweinehälften am Schlachtband.

Mitteilungsblatt BAFF Nr. 101, 8037-8044

Sackmann G. (1988):

Einfluss der Ausruhzeit sowie von Umgebungs- und technologischen Faktoren auf klinische und fleischhygienische Parameter bei Schlachtschweinen.

Freie Universität Berlin, Dissertation

Schelle H. (1996):

Natriumascorbat- ein neues Antioxidationsmittel in Europa: Eigenschaften und Anwendung im Lebensmittelbereich.

Fleischwirtschaft 76 (11), 1100-1104

Schmidt-Nielsen K. (1999):

Physiologie der Tiere.

Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Schneider F., Möller S., Rahn M. (2004):

Kochpökelwaren: Zwischen Ausbeute und Konsistenz: Synergistische Effekt von Phosphatpräparaten in Kombination mit Transglutamasen.
Fleischwirtschaft 84 (4), 103-105

Schneider F., Möller S., Rahn M. (2005):

Technologie: Konsistenz und Mundgefühl gewinnen: Entwicklung rekonstruierter Fleischerzeugnisse mit Transglutamasen und Phosphaten.
Fleischwirtschaft 85 (4), 55-59

Schwab C., Baas T., Stadler K., Mabry J. (2006):

Effect of long-term selection for increased leanness on meat and eating quality traits in Duroc swine.

Journal of Animal Science 94, 1577-1583

Schwägele F. (1998):

Kühlung, Kühllagerung und Fleischreifung – chemische und physikalische Grundlagen.

Kulmbacher Reihe, Band 15

Schwägele F. (1999):

Kühlung, Kühllagerung und Fleischreifung.

Fleischwirtschaft 79 (6), 103-106

Schwägele F. (2003):

Struktur und Funktion des Muskels.

Kulmbacher Reihe, Band 18

Seuß-Baum I. (2007):

Ernährungsphysiologische Bedeutung von Fleisch und Fleischerzeugnissen.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 2, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 755-778

Seidler D., Nowak B., Bartnick E., Huesmann M. (1984):

PSE-Diagnostik am Schlachtband.

Fleischwirtschaft 64 (12), 1499-1505

Sielaff H. (1996):

Zusammensetzung von Tierkörperteilen.

In: Sielaff H. (1996):

Fleischtechnologie.

Behr's Verlag, Hamburg, 49-85

Silbernagel S., Despopoulos A. (2001):

Dtv-Atlas, Physiologie, 5. Auflage.

Thieme-Verlag, Stuttgart

Sobina I., Kondratowicz J. (1999):

Ultrastruktureller Bau der Schweinemuskulatur – Morphologische Unterschiede zwischen normalem und Fleisch mit PSE- und DFD- Merkmalen.

Fleischwirtschaft 79 (11), 98-100

Souci S., Fachmann W., Kraut H. (2000):

Die Zusammensetzung der Lebensmittel, 6. revidierte und ergänzte Auflage.

Medfarm GmbH Scientific Publishers, Stuttgart

Stiebing A. (2006):

Kochpökelwaren: Qualität nicht aus den Augen verlieren; Einfluss von Zutaten und Technologie auf Muskelabrieb und Ausbeute.

Fleischwirtschaft 86 (1), 41-42

Stolle A., Maaßen C., Mahler C., Schmidt A., Kaufmann S. (2005):

Managementsysteme für die Lebensmittelsicherheit im Tätigkeitsbereich des amtlichen Tierarztes.

Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 12 (2), 79-81

Stolle A. (2007):

Persönliche Mitteilung.

Stolpe S., Budras K.-D., Weber H. (2004):

Elektronenmikroskopische Untersuchung an getumbeltem Schweine- und Putenfleisch: 1. Rasterelektronenmikroskopische Methode.

Fleischwirtschaft 84 (1), 116-120

Suri R. (1961):

Antioxidative Wirkung von Phosphaten in Pökelfleischwaren.

Fleischwirtschaft 41 (5), 403-404

Szentkuti L., Ehrlein H. J. (2000):

Muskelphysiologie.

In: von Engelhardt W., Breves G. (2000):

Physiologie der Haustiere.

Enke Verlag, Stuttgart

Thalacker R. (1965):

Beitrag zum Nachweis eines Phosphatzusatzes in Fleischwurst.

Mitteilungsblatt der GDCh (8), 170-177

Thieming F., Buhr H., Oelker P. (1997):

Praxis PSE Bestimmung; Zur Problematik der PSE-Bestimmung bei Schweinefleisch.

Fleischwirtschaft 77 (3), 229

Troeger K. (1988):

Auswahl der Rohstoffe.

Kulmbacher Reihe, Band 8

Troeger K. (2007):

Fleischgewinnung und Behandlung.

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 405-441

Vösgen W. (1999):

Kochschinkenherstellung: Möglichkeiten und Grenzen der Ausbeutesteigerung; Charakter und Wasserbindung von gegarten Pökelerzeugnissen.

Fleischwirtschaft 79 (2), 38-40

Watsos E. (1981):

Über die Verminderung der Hitzeresistenz von Mikroorganismen in Fleisch- Erzeugnissen durch Polyphosphate.

Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

Weber H. (1995):

Aspekte der Verarbeitung von Phosphaten bei Kochpökelwaren.

Fleischwirtschaft 75 (11), 1305-1306

Weber H. (1997):

Übersicht über das neue Zusatzstoffrecht für den Bereich Fleisch und Fleischerzeugnisse.

Fleischwirtschaft 77 (12), 1073-1077

Weber H. (2003):

Zutaten bei der Verarbeitung – Wirkung und Wirkungsweise.

Kulmbacher Reihe, Band 18

Weber H. (2004 a):

Zutaten und Zusatzstoffe: Wirkung und Wirkungsweisen: Pflanzliches und tierisches Eiweiß , Stärke und Hydrokolloide (1. Teil).

Fleischwirtschaft 84 (7), 31-34

Weber H. (2004 b):

Zutaten und Zusatzstoffe: Wirkung und Wirkungsweisen: Stoffe, die Konsistenz, Geschmack und Farbe verändern und die Haltbarkeit erhöhen (2. Teil).

Fleischwirtschaft 84 (8), 22-25

Weber H. (2006):

Zutaten und Zusatzstoffe: Nützliche Helfer für Geschmack und mehr: Möglichkeiten der technologischen Anwendung.

Fleischwirtschaft 86 (4), 23-28

Wehming W., Weber H. (1997):

Einfluss von Phosphatzusätzen auf den Gehalt an Mineralstoffen in Kochpökelwaren.

Fleischwirtschaft 77 (9), 775-780

Wicke M., Maak S., Rehfeldt C., von Lengerken G. (2007):

Anatomisch-physiologische Grundlagen der Fleischqualität

In: Branscheid W., Honikel K.-O., von Lengerken G., Troeger K. (2007):

Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 2, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 689-726

Wiegner J. (2006):

Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie.

Phosphat bei Kochpökelwaren (Entwurf).

Rundschreiben Nr. 038/2006

Wiesner E., Ribbeck R. (1999):

Lexikon der Veterinärmedizin, 4. völlig neu bearbeitete Auflage.

Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart

Willeke H., Niegmann G. (1954):

Über den Nachweis des Phosphat-Zusatzes in Fleischwaren.

Mitteilungsblatt der GDCh (4), 73-74

Wirrer B. (1993):

Die Photometrische Methode zur Analytik von Skatol in Fettgewebsproben von Schweinen: Untersuchung im Hinblick auf Einsetzbarkeit als “On-Line-Method“ im Schlachtbetrieb entsprechend der EG-Richtlinie 91/497/EWG.

Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation

Wirth F. (1988):

Salzen und Pökeln.

Kulmbacher Reihe, Band 8

Wismer-Pedersen J. (1966):

Wässriges Fleisch in der Theorie und Praxis.

Fleischwirtschaft 46 (7), 787-789

Zeeck A., Eick S., Krone B., Schröder K. (1997):

Chemie für Mediziner, 3. Auflage.

Urban & Schwarzenberg Verlag, München

Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und amtliche Methoden:

LFGB (2006):

Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch):

i.d.F. vom 26. April 2006 (BGBI. I S. 945)

Verordnung (EG) Nr. **853/2004** – Spezifische Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs:

i.d.F. vom 29. April 2004 (ABl. Nr. L 139 S. 55, gesamte Vorschrift ber. ABl. Nr. L 226 S. 22)

zuletzt geändert durch Art. 20 ÄndVO (EG) 2076/2005 (ABl. Nr. L 338 S. 83)

ZVerkV (1984):

Verordnung über das Inverkehrbringen von Zusatzstoffen und einzelnen wie Zusatzstoffe verwendeten Stoffen (Zusatzstoff-Verkehrsverordnung):

i.d.F. vom 10. Juli 1984 (BGBI. I S. 897)

zuletzt geändert durch Art. 2 Zweite VO zur Änderung der Vorschriften über jodiertes Speisesalz vom 14.12.1993 (BGBl. I S. 2092)

ZZuIV (1981):

Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln (Zusatzstoff-Zulassungsverordnung):

i.d.F. vom 22. Dezember 1981 (BGBl. I S. 1625)

aufgehoben durch VO vom 29. 01.1998 (BGBl. I S. 230)

ZZuIV (1998):

Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken (Zusatzstoff-Zulassungsverordnung):

i.d.F. vom 29. Januar 1998 (BGBl. I S. 230)

zuletzt geändert durch Art. 2 VO zur Änderung lebensmittelrechtlicher und tabakrechtlicher Bestimmungen vom 22.2.2006 (BGBl. I S. 444)

LMKV (1999):

Verordnung über die Kennzeichnung von Lebensmitteln (Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung):

i.d.F. 15. Dezember 1999 (BGBl. I S. 2464)

zuletzt geändert durch Art. 3 VO zur Änd. der FruchtsaftVO und anderer lebensmittelrechtlicher Vorschriften vom 9.10.2006 (BGBl. I S. 2260)

FleischV:

Verordnung über Fleisch und Fleischerzeugnisse (Fleisch-Verordnung):

i.d.F. vom 21. Januar 1982 (BGBl. I S. 89)

zuletzt geändert durch Art. 74 G zur Umbenennung des Bundesgrenzschutzes in Bundespolizei vom 21.6.2005 (BGBl. I S.1818)

- **FleischV (1982):**

Bekanntmachung der Neufassung der Fleischverordnung vom 21. Januar 1982 (BGBl. I S. 89-101)

- **FleischV (1995):**

Vierte Verordnung zur Änderung der Fleisch-Verordnung vom 15. Dezember 1995
(BGBl. I S. 1777-1778)

- FleischV (1998):

Verordnung zur Neuordnung lebensmittelrechtlicher Vorschriften über Zusatzstoffe vom 29. Januar 1998
(BGBl. I S. 230-309)

Verordnung (EG) Nr. 882/2004 – Über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel-Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz:

i.d.F. vom 29. April 2004 (ABl. Nr. L 165 S. 1, gesamte Vorschrift ber. ABl. Nr. L 191 S. 1)
zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EG) 1791/2006 vom 20.11.2006 (ABl. Nr. L 363 S. 1)

Richtlinie (RL) 2000/13/EG – Zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Etikettierung und Aufmachung von Lebensmitteln sowie die Werbung hierfür:

i.d.F. vom 20. März 2000 (ABl. Nr. L 109 S. 29)
zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndRL 2006/142/EG vom 22.12.2006 (ABl. Nr. L 368 S. 110)

Richtlinie (RL) 95/2/EG – Über andere Lebensmittelzusatzstoffe als Farbstoffe und Süßungsmittel:

i.d.F. vom 20. Februar 1995 (ABl. Nr. L 61 S. 1)
zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndRL 2006/52/EG vom 5.7.2006 (ABl. Nr. L 204 S. 10)

Richtlinie (RL) 93/99/EWG – über zusätzliche Maßnahmen im Bereich der amtlichen Lebensmittelüberwachung:

i.d.F. vom 29. Oktober 1993 (ABl. L 290 S. 14-17)
aufgehoben durch VO (EG) 882/2004 am 31.12.2005

Richtlinie (RL) **89/397/EWG** – über die amtliche Lebensmittelüberwachung:

i.d.F. vom 14. Juni 1989 (ABl. L 186 S. 23-26)

aufgehoben durch VO (EG) 882/2004 am 31.12.2005

AVV LmH (2007):

Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis:

Vom 12. September 2007, Bundesanzeiger Nummer 180 a

(N.N., 2003 a):

Leitsätze des deutschen Lebensmittelbuchs.

Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse:

i.d.F. vom 27./28. November 1974 (Bek. v. 20.6.1975 GMBl. S. 489)

zuletzt geändert durch Änderungsbekanntgabe vom 18.10.2001 (GMBl. S. 489)

Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB (2006):

Beuth Verlag, Berlin

Untersuchung von Lebensmitteln:

L 06.00 - 1 (1980) Vorbereitung von Fleisch und Fleischerzeugnissen zur chemischen Untersuchung.

L 06.00 - 2 (1980) Messung des pH-Wertes in Fleisch und Fleischerzeugnissen

L 06.00 - 3 (2004) Bestimmung der Trockenmasse in Fleisch und Fleischerzeugnissen

L 06.00 - 4 (2007) Bestimmung der Asche in Fleisch und Fleischerzeugnissen

L 06.00 - 7 (2007) Bestimmung des Rohproteinanteils in Fleisch und Fleischerzeugnissen

L 06.00 - 9 (1992) Bestimmung des Gesamtphosphorgehalts in Fleisch und Fleischerzeugnissen

9.2 Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Anordnung der Filamente im quergestreiften Muskel (SIELAFF, 1996)..... | 5 |
| Abbildung 2: Verlauf des pH-Wertes in Fleisch während der gesamten Lagerung (bis zum Verderb) (HOFMANN, 1987)..... | 17 |
| Abbildung 3: Verlaufstypen im pH-Wert-Abfall (v. LENGERKEN et al., 2007)..... | 19 |
| Abbildung 4: Allgemeines Produktionsschema Kochschinken | 28 |
| Abbildung 5: Produktionsschema des Kochschinkens im Betrieb 4..... | 51 |
| Abbildung 6: Produktionsschema des Kochschinkens im Betrieb 5..... | 56 |
| Abbildung 7: Schema eines Boxplots (N.N., 2007 d)..... | 62 |
| Abbildung 8: P-Zahl der Nativfleischproben verschiedener Schweinerassen | 65 |
| Abbildung 9: Verteilung der P-Zahl der Nativfleischproben (n = 230) | 67 |
| Abbildung 10: Verteilung des Rohproteingehalts der Nativfleischproben (n = 230) | 68 |
| Abbildung 11: Verteilung des P ₂ O ₅ -Werts der Nativfleischproben (n =230) | 69 |
| Abbildung 12: Verteilung des Wassergehalts der Nativfleischproben (n = 230) | 70 |
| Abbildung 13: Rohprotein (Mittelwert-) Verlaufskurven bei der Kochschinkenproduktion .. | 78 |
| Abbildung 14: P ₂ O ₅ (Mittelwert-) Verlaufskurven bei der Kochschinkenproduktion..... | 79 |
| Abbildung 15: Wasser (Mittelwert-) Verlaufskurven bei der Kochschinkenproduktion..... | 80 |
| Abbildung 16: P-Zahl (Mittelwert-) Verlaufskurven bei der Kochschinkenherstellung | 81 |
| Abbildung 17: Streuung der P-Zahl bei den verschiedenen Kochschinkenvarianten..... | 82 |
| Abbildung 18: Streuung der P-Zahl bei verschiedenen Schritten der Kochschinkenproduktion | 83 |

9.3 Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Verteilung ausgewählter Makroinhaltsstoffe im Muskel | 7 |
| Tabelle 2: Durchschnittliche Zusammensetzung des Skelettmuskels von Säugetieren (% der Frischmasse) (SIELAFF, 1996) | 8 |
| Tabelle 3: Durchschnittlicher Mineralstoffgehalt des Fleisches von Säugetieren und Geflügel (SIELAFF, 1996) | 9 |
| Tabelle 4: Postmortale Konzentrationsänderung bei einigen Phosphatverbindungen (modifiziert: BELITZ et al., 2001)..... | 13 |
| Tabelle 5: Übersicht P-Zahl im Nativmaterial (verschiedene Quellen)..... | 42 |
| Tabelle 6: Übersicht Nativfleischproben verschiedener Schweinerassen..... | 45 |
| Tabelle 7: Übersicht Kochschinkenvarianten | 48 |
| Tabelle 8: Analysenwerte der Nativfleischproben (Oberschale) verschiedener Schweinerassen (n = 150)..... | 64 |
| Tabelle 9: Analysenwerte der gesamten Nativfleischproben (n = 230)..... | 66 |
| Tabelle 10: Übersicht Kochschinkenvarianten | 71 |
| Tabelle 11: Analysenwerte der Variante 1 im Verlauf der Kochschinkenproduktion..... | 72 |
| Tabelle 12: Analysenwerte der Variante 2 im Verlauf der Kochschinkenproduktion..... | 74 |
| Tabelle 13: Analysenwerte der Variante 3 im Verlauf der Kochschinkenproduktion..... | 75 |
| Tabelle 14: Analysenwerte der Variante 4 im Verlauf der Kochschinkenproduktion..... | 76 |
| Tabelle 15: Vergleich der einzelnen Schritte und Varianten bei der Kochschinkenproduktion ($\bar{x} \pm s$) | 77 |
| Tabelle 16: Analysenwerte der sonstigen Proben | 84 |

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Andreas Stolle, Vorstand des Instituts für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, für die freundliche Überlassung des Themas, seine stetige Unterstützung in allen Belangen und die rasche Korrektur des Manuskriptes.

Frau Dr. Brigitte Sperner für ihr unermüdliches Engagement, ihre immerwährende Hilfsbereitschaft, die schnelle Korrektur und ihre äußerst kompetente Hilfe rund um die Dissertation.

Fr. Dr. Hohenester und Fr. Dr. Forster für die Unterstützung bei themenbezogenen Fragen.

Hr. Ziemann, Hr. Rattenhuber und Hr. Beckmann für die Einarbeitung und Hilfestellung bei der chemischen Untersuchung.

Hr. Prof. Dr. Küchenhoff und Fr. Mahling für die statistische Beratung.

Allen, die mir die Probennahme ermöglicht und die mich bei der Probennahme in den Betrieben mit Rat und Tat unterstützt haben.

Meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, ohne die die Dissertation nicht möglich gewesen wäre.