



48. Kulmbacher Woche

24.-26. April 2013

Kurzfassungen der Fachvorträge

Veranstaltet vom

Max Rubner-Institut
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel

Standort Kulmbach

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	5
Götschmann, D.	7
75 Jahre staatliche Fleischforschung in Deutschland. Vom Instrument nationalsozialistischer Autarkiepolitik zur wissenschaftlich unabhängigen Forschung	
Abeln, G.	9
Fleischforschung in Kulmbach im Spiegel der Fachpresse	
Sönnichsen, M.	11
Entwicklung der Klassifizierung und Auswirkung auf die Fleischerzeugung	
Lautenschläger, R.	13
Vom Mangel zum Überfluss – wechselnde Anforderungen an Fleischerzeugnisse	
Lick, S. Kröckel, L.	16
Von der bunten Reihe zum molekularen Fingerabdruck	
Scheuer, R.	18
Von der Probierkunst zur globalen Standardisierung. Die Entwicklung der <i>analytischen</i> Chemie in der Fleischforschung	
Delgado, A.	20
Überblick über das Cluster-Vorhaben	
Franke, K., Nagel, M., Delgado, A., Heinz, V., Groß, F., Hupfer, S., Procelewska, J., Xie, Q.	22
Automatisiertes Minimal Processing in der Feinerlegung von Schweinefleisch	
Geier, D., Hussein, W. B., Hussein, M. A., Becker, T.,	24
Physikalisches Imaging zur Struktur- und Texturerkennung bei der Fleischverarbeitung	
Bolling, J., Fröhling, A., Durek, J., Schlüter, O., Paquet-Durand, O., Hitzman, B.	25
Fluoreszenz-basierte Methoden zum Kontaminationsmonitoring bei frischem Fleisch	
Schmidt, H., Scheier, R., Agarkov, N., Nache, M., Hitzmann, B.	27
Nicht-invasive pH- und Laktat-Messung an Schweinefleisch mittels Ramanspektroskopie zur Qualitätsbestimmung	

Petzet, A., Scheier, R. Octoviani, A., Bauer, A., Hammon, A., Diepolder, H. Schmidt, H. Schwägele, F.,	Analytische Untersuchung für eine online-fähige Beurteilung der Qualität von Schinken	29
Lange, S., Majscha, J.-P., Mauermann, M., Boye, A., Martin A.	Reinigungs- und hygieneorientiertes Maschinenkonzept zur ganzheitlichen Umsetzung von Minimal Processing bei der Fleischverarbeitung	31
Machtolf, M., Moje, M., Troeger, K., Bülte, M.	Die Betäubung von Schlachtschweinen mit Helium	32
Dörfler, K., Troeger, K., Lautenschläger, R., Lücker, E.	Bewertung verschiedener Bolzenschuss-Betäubungsverfahren beim Rind	34
Dederer, I., Troeger, K., Münch, S.	Qualität von SB-Frischfleisch	36
Kabisch, J., Krementowski, A., Müller-Herbst, S., Pichner, R.	Mikrobiologische Sicherheit von Rohwurstprodukten – Wirkung von Nitrit bzw. Nitrat auf Lebensmittelpathogene	38
Jira, W., Hitzel, A., Pöhlmann, M., Speer, K., Schwägele, F.	Minimierung der PAK-Gehalte in Fleischerzeugnissen durch Optimie- rung der Prozessführung bei konventioneller Räucherung	40
Schwind, K.-H.	Untersuchungen zur Entwicklung eines Geschosstyps mit geringerer Bleisplitterabgabe ans Wildbret	42
Wagner, H.	Belastung von Wildfleisch durch Splitter von bleihaltiger Munition	43
Anschrift der Erstautoren		45

Vorwort

Im Jahr 2013 findet die Kulmbacher Woche nunmehr zum 48. Mal statt. Gleichzeitig begehen wir in diesem Jahr das 75. Jubiläum der „staatlichen Fleischforschung in Deutschland“.

Aus diesem Anlass soll nach Begrüßung und Eröffnung durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz am Mittwochmorgen ein Blick auf die Entwicklung der Fleischforschung seit der Gründung im Jahre 1938 bis zum heutigen Tage unternommen werden. Herr Prof. Götschmann, Inhaber der Professur für Neuere und Neueste Geschichte unter besonderer Berücksichtigung der Landesgeschichte an der Universität Würzburg, wird zum Thema „75 Jahre staatliche Fleischforschung in Deutschland – vom Instrument nationalsozialistischer Autarkiepolitik zur wissenschaftlich unabhängigen Forschung“ vortragen, anschließend wird Herr Gerd Abeln vom Deutschen Fachverlag einen Abriss zur Fleischforschung in Kulmbach im Spiegel der Fachpresse geben wird.

Weitere Beiträge mit Blick auf die Entwicklung der Klassifizierung von Schlachtkörpern und deren Auswirkung auf die Fleischerzeugung, sich verändernde Anforderungen an die Technologie bei der Herstellung von Fleischerzeugnissen, Fortschritte bei mikrobiologischen Untersuchungsverfahren sowie den Wandel in der chemischen und molekularbiologischen Analytik werden das Programm des ersten Vormittags der 48. Kulmbacher Woche abschließen.

Am Nachmittag wird Frau Renate Kühlcke vom Deutschen Fachverlag eine Podiumsdiskussion zum Thema „Fleischforschung der Zukunft“ moderieren, an der Herr Dr. Grugel vom BMELV sowie Vertreter der Landwirtschaft, der Lebensmittelwirtschaft, der Forschung und Entwicklung, des Handels sowie der Behörden im Podium teilnehmen werden. Es ist zu erwarten, dass dabei wichtige Aspekte und Fragestellungen hinsichtlich zukünftiger Themen in der Fleischforschung angesprochen und eingehend diskutiert werden.

Der Vormittag des zweiten Tages der Kulmbacher Woche im Jahre 2013 hat einen Workshop zum DFG/AiF-Clusterprojekt mit dem Titel „Minimal Processing in automatisierten Prozessketten der Fleischverarbeitung am Beispiel der Feinerlegung von Schweinefleisch“ zum Inhalt. Dabei werden die unterschiedlichsten Facetten dieser Thematik beleuchtet, wie Automatisierung, physikalisches Imaging bei Struktur- und Texturerkennung, Kontaminationsmonitoring bei Frischfleisch, nicht-invasive onlinefähige Methoden zur Qualitätsbestimmung bei Schweinefleisch sowie ein reinigungs- und hygieneorientiertes Maschinenkonzept zur ganzheitlichen Umsetzung von Minimal Processing bei der Fleischverarbeitung.

Im letzten Teil der diesjährigen Kulmbacher Woche werden unterschiedliche ausgewählte Themen der aktuellen Forschung am MRI Kulmbach vorgestellt.

Ein Bereich befasst sich mit der Betäubung von Schlachtschweinen unter Einsatz von Helium, der Bewertung verschiedener Bolzenschuss-Betäubungsverfahren beim Rind sowie der Qualität von SB-Frischfleisch.

Hinsichtlich der mikrobiologischen Sicherheit von Rohwurstzeugnissen werden die Ergebnisse zur Wirkung von Nitrit bzw. Nitrat auf Lebensmittelpathogene Auskunft geben.

In einem Vortrag zur „Minimierung der PAK-Gehalte in Fleischerzeugnissen durch Optimierung der Prozessführung bei konventioneller Räucherung“ werden die Resultate eines abgeschlossenen FEI/AiF-Forschungsvorhabens zusammengefasst.

Da die „Belastung von Wildfleisch durch Splitter bleihaltiger Munition“ wieder in die Diskussion gekommen ist, werden zwei Beiträge diese Thematik behandeln und unter anderem die Entwicklung eines Geschosstyps mit geringer Bleisplitterabgabe ans Wildbret zum Inhalt haben.

Zum Abschluss der Kulmbacher Woche 2013 werden am Freitag, den 26. April 2013 für interessierte Tagungsteilnehmer die einzelnen Forschungsbereiche zu Fachgesprächen geöffnet haben.

Wir freuen uns auf zahlreichen Besuch.



Prof. Dr. Gerhard Rechkemmer
Präsident



Dr. Fredi Schwägele
Direktor und Professor
Beauftragter des Präsidenten am
Standort Kulmbach

75 Jahre staatliche Fleischforschung in Deutschland. Vom Instrument national-sozialistischer Autarkiepolitik zur wissenschaftlich unabhängigen Forschung

GÖTSCHMANN, D., Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Am 11. Dezember 1937 beantragte der Reichsminister für Ernährung und Landwirtschaft Finanzmittel für die Errichtung einer „Reichsanstalt für Fleischwirtschaft“, deren erster Direktor sein Amt am 1. August 1938 antrat. Aufgabe dieser Anstalt sollte die Erforschung aller Bereiche sein, die mit der Erzeugung, Verarbeitung, Konservierung und Lagerung von Fleisch in Verbindung standen. Die Errichtung dieser Anstalt ist vor dem Hintergrund der mit dem Vierjahresplan von 1936 verstärkten Autarkiepolitik zu sehen. Deren Ziel war es, das Reich von Einfuhren möglichst unabhängig zu machen, damit im Kriegsfall kein Mangel an kriegswichtigen Rohstoffen und Nahrungsmitteln eintrat. Auch die Importe von Agrarprodukten wurden seither erheblich reduziert, obwohl diese Ausfälle nur teilweise ausgeglichen werden konnten. Eine weitere Verschlechterung der Versorgung aber sollte unbedingt verhindert werden, und der Fleischversorgung räumte man eine geradezu kriegsentscheidende Bedeutung ein. Hauptaufgabe der neuen Reichsanstalt war es daher, eine möglichst vollständige Verwertung des Fleisches einschließlich der Schlachtnebenprodukte und Schlachtabfälle zu ermöglichen.

Die Initiative zur Gründung dieser Anstalt ging von Herbert Backe aus, der entscheidenden Figur innerhalb der Agrarpolitik des Dritten Reiches. Dieser hohe SS-Offizier war Staatssekretär im Ernährungsministerium und ab 1937 auch Senator, seit 1941 dann Vizepräsident der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, der heutigen Max-Planck-Gesellschaft. Auch hier hat er sehr stark die agrarwissenschaftliche Forschung gefördert. Wegen der kriegswichtigen Bedeutung der Reichsanstalt wurde deren Aufbau auch nach Beginn des Krieges mit großem Aufwand fortgesetzt. Im Januar 1944 wurden jedoch ihre Diensträume durch Bombardierung zerstört, die größtenteils erhalten gebliebenen Laboreinrichtungen wurden nach Kulmbach gebracht, wo man den Betrieb in Räumlichkeiten der Fleischfabrik Sauer mann in reduziertem Umfang bis zum Kriegsende fortsetzte.

Nach dem Untergang des Reiches im Mai 1945 fehlte der Reichsanstalt zunächst die Existenzgrundlage. Da jedoch die extrem schwierige Versorgungslage erneut eine möglichst vollständige Nutzung des Nahrungsmittels Fleisch erzwang, hatte die Politik ein großes Interesse daran, diese Anstalt rasch zu revitalisieren. Zunächst sicherte der bayerische Staat deren Existenz, aber sobald der westdeutsche Staat entstand, übernahm dieser die Aufgabe. Am 1. April 1949 nahm die „Zentralforschungsanstalt für

Fleischwirtschaft“ als eine Einrichtung des Vereinigten Wirtschaftsgebietes, des Vorläufers der Bundesrepublik, offiziell ihren Betrieb wieder auf.

Diese enge Abhängigkeit der 1950 in „Bundesforschungsanstalt für Fleischwirtschaft“ umbenannten Einrichtung von der Politik blieb auch in den folgenden Jahrzehnten erhalten und hat deren weitere Entwicklung nachhaltig beeinflusst. Einen wichtigen Rückhalt bot der Anstalt dabei die 1957 gegründete „Fördergesellschaft für Fleischforschung Kulmbach e. V.“, ein Zusammenschluss aller Unternehmen, Institutionen und Personen, die in der Fleischwirtschaft Rang und Namen hatten. Diese Unterstützung war immer wieder notwendig und wirkungsvoll. So konnte der in den ersten Jahren besonders rasante Ausbau auch nach 1960, wenn auch in geringerem Tempo, fortgesetzt werden. Von 1950 bis 1961 stieg die Zahl aller Beschäftigten von 25 auf 57 an, 1975 waren es dann 95, und 1980 schließlich wurde mit 108 der Höchststand erreicht. Dieser Zuwachs steht in einem engen Zusammenhang mit dem stetig wachsenden Aufgabenfeld der „*Bundesanstalt für Fleischforschung*“, wie sie seit 1960 hieß, und das umfasste nunmehr vor allem die Bereiche Qualitätsverbesserung und Verbraucherschutz. Den Status einer Forschungseinrichtung unterstrich auch die Errichtung eines neuen, repräsentativen Institutsgebäudes, das 1976 bezogen werden konnte; der damit verbundene Auszug aus der alten Fleischfabrik hatte so durchaus symbolische Bedeutung. In Turbulenzen geriet die Bundesforschungsanstalt dann durch Umorganisationen auf der Ebene zentraler Staatseinrichtungen nach der Wiedervereinigung. 2004 schließlich verlor sie ihre Selbstständigkeit und wurde in die Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel integriert, deren zentraler Standort Karlsruhe ist. Nach dem „Konzept für eine zukunftsfähige Ressortforschung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz“ wurde zum 1. Januar 2008 das Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, errichtet. In Kulmbach formierte man aus Teilen der bisherigen vier Institute das Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch und rief als eine gemeinschaftliche Einrichtung des Max Rubner-Instituts mit Aufgaben im Bereich spezieller analytischer Fragestellungen bei Lebensmitteln die eigenständige Arbeitsgruppe Analytik ins Leben, die direkt dem Präsidenten zugeordnet ist. 2010 schließlich gab Frau Bundesministerin Ilse Aigner die Gründung des Internationalen Kompetenzzentrums für Fleischqualität am MRI, Standort Kulmbach, bekannt, dessen Aufgabenbereich die Verbesserung der Fleischqualität, die Erschließung internationaler Märkte sowie die Klassifizierung des Schlachtkörperwertes bilden. Obwohl ein Teil des noch in Kulmbach ansässigen Instituts für Mikrobiologie und Biotechnologie bis Ende 2015 an den Standort Kiel verlagert wird, so ist der Forschungsstandort Kulmbach des MRI auch zukünftig für Fragestellungen im Bereich des Lebensmittels Fleisch und darüber hinaus im Verbund mit anderen Lebensmitteln rundum gut aufgestellt und kann optimistisch in die Zukunft blicken.

Fleischforschung in Kulmbach im Spiegel der Fachpresse

ABELN, G., Dt. Fachverlag, Redaktion Fleischwirtschaft, Frankfurt/M.

„Bund stärkt Forschung und Praxis bei den Handelsklassen. Lehrgänge zur Bewertung von Schlachtkörpern künftig gebührenfinanziert.“ So titelte die afz – allgemeine fleischer zeitung – im vergangenen Jahr ihre Berichterstattung über die 47. Kulmbacher Woche. Die Fachzeitung afz griff mit der objektiven Bewertung der Qualität und des Wertes von Schlachtkörpern die Absicht des BMELV auf, sowohl einen möglichst hohen Grad an Markttransparenz herzustellen als auch den Wissenstransfer, das schnelle Zur-Verfügung-Stellen wissenschaftlicher Ergebnisse und den Austausch mit der Praxis zu fördern. Auch viele Redner beim Empfang der Stadt Kulmbach am Vorabend der Tagung 2012 betonten die Bedeutung von Forschungsergebnissen, die konkrete Antworten auf Fragen aus der Praxis im Fleischbereich geben müssen.

Der gute Ruf der Kulmbacher Woche reiche weit über die Grenzen Deutschlands hinaus, betonte vor einem Jahr der BMELV-Vertreter. Wissenschaft, Wirtschaft und Politik in Deutschland hätten die Aufgabe daran mitzuarbeiten, dass die weltweite Versorgung mit Nahrungsmitteln tierischer Herkunft, vor allem Fleisch, auf möglichst tiergerechtem und sicherem Qualitätsniveau stattfindet. Daher sei es eine besonders wichtige Aufgabe – auch von Forschungseinrichtungen des Bundes – an der Schaffung von Transparenz mitzuarbeiten.

Dem Austausch zwischen Forschung und Praxis verpflichtet fühlt sich die Fachzeitschrift FLEISCHWIRTSCHAFT mit ihrem peer-reviewten ständigen Teil Fleischforschung und Entwicklung. Die Monatszeitschrift repräsentiert heute im 93. Jahrgang mit der Wochenzeitung afz (130. Jahrgang), beide seit 1978 im Deutschen Fachverlag beheimatet, das Gros der deutschsprachigen Fachpresse. Der deutsche Monatstitel wird darüber hinaus weltweit verbreitet und ist mit weiteren Ausgaben in jeweiliger Landessprache im englischen, russischen und chinesischen Sprachraum präsent. Die Verpflichtung zum Austausch ist auch darauf begründet, dass schon die wissenschaftlichen Forschungsergebnisse und die praktischen Erfahrungen der Reichsanstalt für Fleischwirtschaft mit ihrer Gründung 1938 vorrangig in eben dieser Fachzeitschrift „Die Fleischwirtschaft“ veröffentlicht werden sollten. Seinerzeit noch amtliches Organ der Reichsanstalt und im Verlag Hans Holzmann unter staatlicher Kontrolle, sind sowohl die beiden genannten Objekte als auch die meisten weiteren deutschen Fleisch-Fachzeitschriften redaktionell und wirtschaftlich unabhängig, auch wenn sie teilweise die Organschaft eines Verbandes ausüben.

Die Stimmen der Forscher haben aber trotz der Unabhängigkeit Gewicht bei der Fachpresse, wenn Sie zum Beispiel in Autoren-Zeitschriften die redaktionelle Ausrichtung in wissenschaftlichen Beiräten begleiten. Die Ergebnisse der Forschung in Kulmbach werden also über rein wissenschaftliche Veröffentlichungen hinaus seit Anbeginn vor 75 Jahren sowohl über wöchentliche Zeitungen aktuell beschrieben und interpretiert als auch über monatliche Fachmagazine vertiefend oder exklusiv dargestellt. Die Veränderungen von der ehemaligen Reichsanstalt zum heutigen MRI lassen sich dabei ebenso nachlesen wie die zeitweiligen Sorgen um den Verbleib der Fleischforschung in Kulmbach oder um die Neu-Organisation der Ressortforschung bzw. von Instituten und Einrichtungen.

Entscheidend war dabei immer wieder die politische Grundfinanzierung des MRI-Standorts Kulmbach als Ressortforschungseinrichtung, ergänzt um gezielte Projektförderung, zusätzlich unterstützt von der branchen-gestützten Förderergesellschaft für Fleischforschung in Kulmbach. Welchen Stellenwert die Fleischforscher in diesem Dreiklang hatten, erschloss sich der Fleischbranche und damit der Fachpresse nicht immer klar – und war deshalb immer wieder ein sensibles Thema. Die Reduzierung von Standorten und der Abbau von Personal könnte die Ressortforschung ausbluten lassen. Es brauchte stets Politiker, die nicht nur in Worte für eine stärkere Förderung von Forschung und Entwicklung investieren, sondern ihre Forderung auch umsetzen und den Instituten und ihren Wissenschaftlern die Mittel zur Verfügung stellen, das sensible Feld Fleisch und Wurst aktiv zu beackern. Denn nur eine wissenschaftlich exzellente, gut vernetzte, international wettbewerbsfähige und mit hervorragender Reputation ausgestattete Ressortforschung kann hoch qualifizierte Politikberatung leisten.

Zugleich müssen sowohl Forschung als auch Fachpresse Vorwürfe aus der Branche heraus aushalten, wenn „Fehlbetäubungen im Akkord“ oder „negative Einflüsse der Sauerstoffbehandlung von Fleisch“ thematisiert werden. Die Fleischforschung in Kulmbach spiegelt sich daher nicht nur in der Fachpresse wider, der Forschung wurde auch immer wieder ein Spiegel vorgehalten.

Entwicklung der Klassifizierung und Auswirkung auf die Fleischerzeugung

SÖNNICHSEN, M.

Die Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln gehört seit jeher zu den grundsätzlichen Aufgaben der staatlichen Organe und Verwaltungen. So reichen auch rechtliche Regelungen, die den Handel mit Vieh und Fleisch betreffen, bis in das 19. Jahrhundert zurück. Dabei erfolgte die Bewertung von Schlachttieren zunächst auf der Basis von Schlachtvieh-Handelsklassen; ab den 1950er Jahren wurde die Entwicklung von Fleischhandelsklassen durch den fortschreitenden Strukturwandel in der Fleischwirtschaft und die veränderte Verbrauchernachfrage gestützt.

Erste Vorschläge für Fleischhandelsklassen wurden 1962 in der AID-Broschüre „Handelsklassen für Fleisch“ veröffentlicht. Sie bildeten eine wichtige fachliche Grundlage für die Einführung von gesetzlichen Handelsklassen auf nationaler Ebene bzw. für die Entwicklung der Handelsklassenschemata der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft wenige Jahre später.

Die Handelsklassen für die Schweineschlachtkörper basierten von Beginn an auf dem Fleisch-/Fettverhältnis der Schlachtkörper, wobei als primäre Einstufungskriterien bereits objektiv messbare Größen (Schlachtgewicht und Rückenspeckdicke) heran gezogen wurden. Da die Versandschlachtereien das Abrechnungssystem für Schlachtschweine zügig auf die Fleischhandelsklassen umstellten, stieg der Anteil der fleischreicheren Schlachtschweine an der Gesamtschlachtung in den Folgejahren stark an. Mit der Einführung der apparativen Klassifizierung von Schweinehälften und der damit verbundenen Umstellung der Handelsklassen auf eine Einteilung nach dem Muskelfleischanteil (EUROP-System) erhielt diese Entwicklung noch einmal einen deutlichen Schub. Mittlerweile werden über 85 % aller Mastschweine in die Handelsklassen S und E eingestuft.

Der Muskelfleischanteil und damit die Handelsklassen griffen den wichtigsten Teil des quantitativen Handelswertes der Schweinehälften bereits recht gut auf. In der Weitervermarktung reichte dies jedoch offensichtlich nicht aus, denn in den Schlachtbetrieben wurde häufig noch eine Nachsortierung vorgenommen, z. B. auf der Basis des Schlachtgewichtes oder des Typs. Letztlich reichten aber auch diese Hilfsgrößen nicht aus, um den Handelswert von Schlachtkörpern hinreichend genau zu beschreiben. Abhilfe schaffte hier erst die Entwicklung des Klassifizierungsgerätes Autofom. Das Autofom hatte den Vorteil, dass es die Handelsklasse erstmalig vollautomatisch – also ohne den stark umstrittenen Bedienerinfluss – ermitteln konnte, und darüber hinaus lieferte es bereits zum Zeitpunkt der Schlachtung verlässliche Informationen über die Teilstückzusammen-

setzung der Schlachtkörper. Diese technische Innovation veränderte die Abrechnungspraxis für Schlachtschweine ein weiteres Mal grundlegend, da viele Schlachtunternehmen Preismasken entwickelten, die das Gewicht und die unterschiedliche Wertigkeit der Teilstücke in der Weitervermarktung mit berücksichtigen. Während sich die Forschungsarbeiten in der Vergangenheit in erster Linie auf die Entwicklung geeigneter Methoden und Geräte konzentrierten, liegen die aktuellen Schwerpunkte in der Anpassung der Systeme an veränderte gesellschaftliche Anforderungen. So wird beispielsweise das Verbot der betäubungslosen Kastration voraussichtlich zu einer Ausweitung der Ebermast in Deutschland führen und damit die Neuberechnung der Schätzformeln erforderlich machen.

Im Gegensatz zu den Handelsklassen für Schweineschlachtkörper beruht das Klassifizierungssystem für Rinderschlachtkörper bis heute auf zwei Ordnungsgrößen: der Kategorie als Ausdruck von Alter, Geschlecht und Reifegrad und den Fleischigkeits- und Fettgewebeklassen zur Differenzierung nach den quantitativen Schlachtwertmerkmalen. Obwohl die Einführung von Fleischhandelsklassen die Bezahlung nach Lebendviehhandelsklassen im Rindfleischsektor ebenfalls rasch verdrängt hat, ist ihr Einfluss auf die Tierproduktion bis heute viel geringer als bei Schweinen. Die Gründe hierfür liegen in der größeren Varianz in der Schlachtkörperzusammensetzung verschiedener Rassen und Kategorien. Da die Gewebeanteile am Schlachttierkörper auch innerhalb einer Handelsklasse noch erheblich schwanken können, sind die EUROP-Handelsklassen zur Marktdifferenzierung nur bedingt geeignet. Erschwerend kam hinzu, dass über lange Zeit keine objektiven Messverfahren zur Erfassung der Schlachtkörperzusammensetzung sowie zur Bestimmung der Handelsklassen zur Verfügung standen. Mit der Entwicklung der Video-Image-Analyse wurden mittlerweile die Voraussetzungen für die Einführung einer wertgerechten Bezahlung auf der Basis der Teilstückzusammensetzung geschaffen. Im Umfeld einer insgesamt sinkenden Rindfleischproduktion in Europa ist es jedoch fraglich, ob die Marktteilnehmer aktuell bereit sind, die notwendigen finanziellen und strukturellen Investitionen zu tätigen.

Getreu dem Grundsatz, dass Klassifizierungssysteme nichts Unabänderliches darstellen, sind die Handelsklassen auch nach 75 Jahren keinesfalls „ausgeforscht“. Die Fleischwirtschaft sieht sich großen Herausforderungen in der Rohstoffbeschaffung einerseits und ständig wachsenden Anforderungen der Verbraucher andererseits gegenüber, welche sich zwangsläufig auch auf die Bewertung und Vermarktung von Schlachtkörpern auswirken werden. In welche Richtung diese Veränderungen gehen und welche Konsequenzen sich daraus für die Fleischforschung ergeben werden, wird letztendlich der Markt entscheiden.

Vom Mangel zum Überfluss – wechselnde Anforderungen an Fleischerzeugnisse

LAUTENSCHLÄGER, R.

Im Verlauf der 75 Jahre währenden staatlichen Fleischforschung in Deutschland haben sich selbstverständlich auch die Anforderungen an Fleischwaren verändert – aus Sicht der Verbraucher, der Wirtschaft, der Behörden und folglich auch aus der Perspektive der sich mit diesem Produktsegment befassenden Wissenschaft. Die Ursachen hierfür sind vielfältig: Zum einen hat sich die *“Wertschätzung“* von Lebensmitteln deutlich verändert. Das hängt vor allem mit deren Verfügbarkeit zusammen – es hat sich ein Wandel vom Mangel zum Überfluss vollzogen. Dieser Sachverhalt spiegelt sich beispielsweise im Anteil der Ausgaben für Nahrungsmittel am Haushaltseinkommen einer Familie wider, der seit Jahrzehnten abnimmt – von etwa 43 % im Jahr 1950 auf aktuell 10-12 %.

Das Verbraucherverhalten hat sich ebenfalls geändert. Die Verlagerung der Tätigkeitsschwerpunkte von schwerer körperlicher Arbeit und kontinuierlicher Bewegung hin zu sitzender und geistiger Tätigkeit mit eher eingeschränkten Bewegungsmustern führt einerseits zu einer wachsenden Anzahl übergewichtiger Personen, andererseits ist das Bewusstsein hinsichtlich gesunder Ernährung geschärft. Letzteres äußert sich beispielsweise in dem Wunsch nach Fleischwaren mit reduziertem Fett- und Kochsalzgehalt, aber auch in der Ablehnung von zu vielen chemisch basierten Zusatzstoffen. Ein ähnlicher Widerspruch zeigt sich zwischen dem Bedürfnis nach nachhaltiger Lebensmittelproduktion bei gleichzeitiger Vernichtung exorbitanter Mengen verzehrfähiger Lebensmittel – allein in Deutschland mehr als 11 Mio. Tonnen pro Jahr.

Eine wichtige Rolle spielen darüber hinaus der Wandel von der handwerklich strukturierten Produktion zur industriellen Linienfertigung sowie von der regionalen zur bundesweiten und internationalen Distribution der Lebensmittel. Hieraus ergeben sich Anforderungen wie verlängerte Haltbarkeit der Produkte verbunden mit höherer Produktsicherheit, bessere Standardisierung der Verarbeitungsprozesse und Rezepturen und der Bedarf nach adäquaten Verpackungs-, Lagerungs- und Logistikkonzepten.

Wie stellen sich nun die aus den neuen Anforderungen resultierenden technologischen Lösungen bei der Herstellung von Fleischerzeugnissen dar? In Zeiten des Mangels wurden Wurstwaren oft mit pflanzlichen Zutaten gestreckt: Saumagen mit Kartoffeln und Kraut, Grütz- oder Semmelwurst. Lebensmittel, also auch Fleischerzeugnisse, mit hoher Energiedichte wurden präferiert – stark marmoriertes Fleisch, hohe Fettauflagen bei Fleisch und Schinkenprodukten, Wurstwaren mit großen Speckstücken. Heutzutage stel-

len sogenannte Wellness- und Light-Produkte einen großen Marktanteil. Fett, zum Teil sogar Fleisch, wird durch kalorienarme Zutaten und/oder pflanzliche Ballaststoffe wie Weizenfasern ersetzt mit dem Ziel, die Energiedichte dieser Erzeugnisse zu senken. Trotzdem erwartet die überwiegende Zahl der Verbraucher, dass diese Fleisch- und Wurstwaren die gelernten sensorischen Erwartungen an die traditionellen Produkte erfüllen. Das bedeutet beispielsweise, dass die fehlenden Aromakomponenten, die üblicherweise mit dem Fett in ein Produkt eingebracht werden, durch andere Zutaten wie Gemüse, durch Gewürze, Aromen und ggf. Geschmacksverstärker zu ersetzen sind. Bei Wurstwaren, vor allem bei Brüh-, Koch- und streichfähigen Rohwürsten, erfüllt die Fettfraktion auch technologische, meist Struktur gebende Funktionen, wie Gewährleistung der Streichfähigkeit oder Stabilisierung des Protein-Gel-Netzwerks. Um diese funktionellen Eigenschaften bei geänderter Rohstoffzusammensetzung der Erzeugnisse zu erzielen und dabei möglichst geringe Abweichungen der sensorischen Qualität der Produkte zu generieren, wurde eine Reihe von Forschungsprojekten zur Entwicklung funktionaler Fleischerzeugnisse am MRI in Kulmbach durchgeführt. Ähnliches trifft zu, wenn Kochsalz und Pökelfstoffe reduziert werden sollen. Dies führt direkt zu Einbußen bei der Produktsicherheit und der sensorischen Qualität der Erzeugnisse. Ein anderes Beispiel ergibt sich aus den Folgen der BSE-Krise. Vor dem Hintergrund des Verbraucherschutzes wurden zahlreiche Wurstrezepturen dahingehend umgestellt, dass der Rindfleischanteil reduziert bzw. vollständig substituiert wurde. Das Ergebnis war und ist, dass der Einsatz von Farbstoffen bei Wurstwaren sehr stark zugenommen hat, insbesondere auch aufgrund der Tatsache, dass der Zusatz nach EU-Recht – im Gegensatz zur vormals in Deutschland geltenden Fleisch-Verordnung – erlaubt wurde.

Die Art und Weise der Produktionsabläufe – handwerklich bzw. industriell – hat Einfluss auf die Nutzung der Rohstoffeigenschaften des Fleisches – Stichwort Warmfleisch-/Kaltfleischverarbeitung – und damit auf den Einsatz bestimmter Zusatzstoffe wie Phosphat. Weitere technisch-technologische Unterschiede ergeben sich hinsichtlich der 100 %igen, d. h. nachhaltigen Verwertung des verfügbaren Rohstoffes. Im Handwerk werden beispielsweise Röhrenknochen sauber durch Lösen der Knochenhaut vom Knochen herausgeschält; Fleischknochen werden manuell geputzt. Beim industriellen Entbeinen verbleibt relativ viel Fleisch an den Knochen, woraus schließlich die Problematik des mechanisch entbeinten Fleisches resultiert. Des Weiteren fallen beim industriellen, standardisierten Zuschnitt von Fleischteilstücken erhebliche Mengen an Fleisch- und Fettabschnitten an. Diese können selbstverständlich zur Wurstherstellung eingesetzt werden. Es haben sich aber mit dem Ziel einer besseren Wertschöpfung auch neue Sortimente herausgebildet wie Formfleischerzeugnisse oder aus Fleischstücken zusammengefügte Rohpökelfwaren. Der Wechsel von der diskontinuierlichen zur kontinuierlichen Prozessführung stellt auch neue Anforderungen an die Maschinengängigkeit und damit

an den Standardisierungsgrad der Rohstoffe, Zwischen- und Endprodukte. So muss Brühwurstbrät, das mittels Förderband vom Vorratsbehälter zur Füllmaschine transportiert wird, eine ganz spezifische Konsistenz aufweisen, damit es weder zurück noch seitlich vom Band fließt.

Die mit der zunehmenden Zentralisierung der Produktion einhergehende Expansion der Vertriebswege sowie die durch den hohen Anteil von SB-Ware geprägte Vielfalt der Angebotsformen von Fleisch und Fleischwaren hatten und haben großen Einfluss auf die Anforderungen an die Produktsicherheit und -hygiene. Das wiederum erfordert ein hohes technisch-technologisches Niveau der gesamten Prozess- und Verpackungstechnik und führt zum Einsatz innovativer Haltbarmachungsverfahren, z. B. eines hohen hydrostatischen Drucks, wodurch die Verwendung von Konservierungsstoffen dem Verbraucherwunsch folgend eingeschränkt werden soll. Dazu zählt ebenfalls die Verpackung von Frischfleisch und verarbeiteten Fleischwaren unter Schutzatmosphäre, wodurch mittels bestimmter Gase sowohl die Produkteigenschaften stabilisiert als auch das Wachstum Verderbnis erregender und pathogener Keime gehemmt werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Fleischwarenhersteller heutzutage einer sehr starken Diversifizierung der Verbraucherwünsche gegenüber stehen. In jedem der beschriebenen Bereiche gibt es neben dem Standardniveau verschiedene aktuelle Trends und Entwicklungen – meist in einer Nische –, die wieder die traditionellen Verfahren und Produkteigenschaften präferieren.

Von der bunten Reihe zum molekularen Fingerabdruck

LICK, S., KRÖCKEL, L.

Fleisch und Fleischerzeugnisse sind typischerweise mit verschiedenen Mikroorganismen aus der Primärproduktion und Verarbeitung belastet. Das Ausmaß der Keimbesiedlung hängt von den hygienischen Bedingungen der Fleischgewinnung, -lagerung und -verarbeitung ab. Unterschiedliche Lagerungs- und Verarbeitungsbedingungen führen aufgrund spezifischer Eigenschaften der Mikroorganismen zur Selektion einer dominanten Fermentations- oder Verderbsflora bis hin zur Vermehrung pathogener und toxinogener Kontaminanten. Für die Bewertung der mikrobiologischen Sicherheit und Qualität von Fleisch und Fleischerzeugnissen können Gesamtkeimzahlen lediglich Anhaltspunkte liefern. Erst die genaue Identifizierung aber gibt Auskunft darüber, ob ein „Fleischsystem“ unbedenkliche bzw. sogar erwünschte oder potentiell gesundheitsschädliche Keime enthält.

Die „Bunte Reihe“ war für Generationen von Mikrobiologen eines der wichtigsten Hilfsmittel für die Identifizierung und Charakterisierung von Mikroorganismen. Sie basiert auf einer mehr oder weniger umfangreichen Reihe unterschiedlich zusammengesetzter Nährmedien und Wachstumsbedingungen und reflektiert den biochemischen Phänotyp einer Spezies, der durch einfache Farbreaktionen angezeigt wird. Für den Bereich der klinischen Mikrobiologie wurden schon seit Anfang der 70er Jahre fertige, miniaturisierte „Bunte Reihen“ angeboten. Diese wurden auch zur Identifizierung bzw. für den Ausschluss klinisch relevanter Bakterien bei Fleisch eingesetzt. Für die Identifizierung fleischassoziiierter Bakterien blieben diese Systeme aber unzufriedenstellend.

Die atemberaubenden Fortschritte der DNA-Technologien seit den 1980iger Jahren haben die Identifizierung der Fleischmikrobiota zunehmend sicherer und einfacher gemacht. Mittels PCR (Polymerase-Ketten-Reaktion) und Sequenzierung etwa können heute bekannte Bakterien durch den Nachweis artspezifischer Gene in kurzer Zeit „dingfest“ gemacht werden. Neuerdings kann die Identifizierung von Mikroorganismen innerhalb von Minuten mittels moderner Massenspektrometrie (MALDI-TOF-MS) direkt von der Agarplatte durchgeführt werden. Hier werden vor allem ribosomale Proteinmuster abgebildet.

Das „molekulare Fingerprinting“ oder „Profiling“ geht noch einen Schritt weiter. Solche DNA-Typisierungs-Methoden ermöglichen die Rückverfolgung von Bakterien individuell auf Stamm-Ebene und eröffnen so eine detaillierte Bearbeitung epidemiologischer und

systembiologischer Fragestellungen. Eine ganze Reihe verschiedener Fingerprint-Methoden wurde entwickelt, die jeweils unterschiedliche Ansätze haben und damit auch ein etwas anderes Auflösungsvermögen und unterschiedliche Aussagekraft auf Stammebene besitzen. Sie lassen sich grundsätzlich einteilen in solche, die (i) eher eine historische Bedeutung haben bzw. nur eingeschränkt einsetzbar sind, wie Serotypisierung, Phagentypisierung, Plasmidprofiling, und (ii) allgemein anwendbare molekulare Methoden, die entweder ohne PCR auskommen (Ribotyping, RFLP, PFGE) oder mit PCR und/oder Sequenzierung kombiniert werden (rep-PCR, RAPD-PCR, MLVA, PCR-RFLP, MLST).

Eine generelle Tendenz zur Miniaturisierung von Testsystemen (z. B. Microarrays), Automatisierung (Ribotyping), die unglaublichen Fortschritte in der Nukleinsäuresequenzierung (NGS - next generation sequencing) und gleichzeitig in der Computertechnologie ermöglichten die Analyse, Verarbeitung und den Transfer immer größerer Datenmengen und erschufen eine neue Disziplin, die Bioinformatik. Automatisierung und Hochdurchsatztechniken eröffneten völlig neue Möglichkeiten. Viele nationale und internationale Datenbanken sind entstanden, die Zugriff auf Protein- und Nukleinsäuresequenzen und ganze Genome vieler bekannter Mikroorganismen erlauben, die aber auch Typisierungsmethoden und die zugehörigen Muster für ausgewählte Bakterien speichern (wie pubmlst, PulseNet Europe). Damit wird eine örtlich und zeitlich übergreifende Stammzuordnung möglich.

Begleiten Sie uns auf eine Zeitreise zur Mikrobiologie des Fleisches von den Anfängen der Reichsanstalt für Fleischwirtschaft bis in die Gegenwart des MRI.

Von der Probierkunst zur globalen Standardisierung.
Die Entwicklung der *analytischen* Chemie in der Fleischforschung

SCHEUER, R.

Durch die rasante Entwicklung der analytischen Chemie in den letzten Jahren ist es - im Wesentlichen auf Basis physikalischer Messprinzipien – gelungen, immer kleinere Substanzmengen nachzuweisen. Dadurch hat sich das Aufgabengebiet dieses Forschungsreiches weitgehend verschoben. Während die Arbeiten mit Aufnahme der Tätigkeit des Institutes für Chemie und Physik im Jahre 1940 geprägt waren von Fragestellungen zur Zusammensetzung der Fleischerzeugnisse, also der Erfassung der Eiweiß-, Fett-, Blut- und Fremdwassergehalte in den Produkten, der Aufklärung der physikalisch-chemischen Prozesse beim Pökeln und des Einflusses von Hilfsstoffen auf den Pökelprozess sowie der Erforschung der biochemischen Grundlagen des Wasserbindungsvermögens beim Fleisch, begannen spurenanalytische Untersuchungen von Schadstoffen in Nahrungsmitteln und der Umwelt erst Anfang der 70er Jahre. Die Erkenntnisse zur Biochemie des Fleisches, dem Energiestoffwechsel und der Wechselwirkungsbeziehungen der Enzyme lieferten die wissenschaftlichen Grundlagen für eine moderne Fleischtechnologie. Abweichungen der Fleischqualität konnten auf Basis biochemischer Untersuchungen der postmortalen Vorgänge in der Muskulatur geklärt werden, was eine frühzeitige Vorhersage der Qualitätsparameter beim Lebensmittel Fleisch ermöglichte. Diese Erkenntnisse führten zu Verbesserungsvorschlägen hinsichtlich einer optimalen Produktion von hochwertigem Fleisch.

Mit der Neugründung der Arbeitsgruppe Analytik aus dem ehemaligen Institut für Chemie und Physik hat sich das Aufgabengebiet auf drei Schwerpunkte verlagert. Der erste Focus liegt auf Untersuchungen zur Wanderung unerwünschter Stoffe innerhalb der Lebensmittelkette („carry-over“), der zweite auf dem Nachweis bestimmter Tier- und Pflanzenarten in Produkten auch im Hinblick auf mögliche Allergene („Authentifizierung“) und der dritte auf der systematischen Untersuchung zum Um-/Abbau von Lebensmittelinhaltsstoffen während der Stoffwechselvorgänge im Organismus („Metabolomics“). Auf diesen Forschungsgebieten kann die Arbeitsgruppe Analytik auf ein großes Erfahrungsspektrum zurückblicken. In diesem Zusammenhang sind die Langzeitstudien zum Verhalten von Radio-Cäsium im Ökosystem Wald, die umfangreichen Studien zur Kontamination mit toxischen Schwermetallen und organischen Halogenverbindungen und Untersuchungen zur Authentifizierung von Tier- und Pflanzenarten zu nennen.

Moderne analytische Verfahren beschäftigen sich mit dem Nachweis extrem kleiner Mengen. Für einzelne Substanzklassen wird heute bereits über Nachweisverfahren im ppq-Bereich (Femtogramm/Gramm = 10^{-15} g/g) diskutiert. Aufgrund dieser enormen Qualitätssprünge bei analytischen Nachweisverfahren ist verstärkt ein Augenmerk darauf zu legen, dass die analytischen Informationen nicht nur zuverlässig sind, sondern auch richtig hinsichtlich ihrer toxikologischen Relevanz interpretiert werden.

Überblick über das Cluster-Vorhaben

DELGADO, A., Universität Erlangen-Nürnberg

Schweinefleisch ist eine der wichtigsten Nahrungsquellen v. a. in Europa. Die derzeit übliche Feinzerlegung sowie Qualitätsbestimmung des Schweinefleisches erfolgt aufgrund der physiko-chemischen Komplexität des Fleisches individuell anhand von Erfahrungswerten der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Diese körperlich anstrengende Arbeit wird aus hygienischen Gründen noch durch die dabei vorherrschende sehr niedrige Temperatur erschwert. Darüber hinaus befinden sich Prozessketten in der Lebensmittelproduktion zunehmend im Spannungsfeld zwischen Kundenakzeptanz, Produktqualität, Automatisierungsgrad, Betriebsökonomie und Prozessökologie. Der Markt in Deutschland und in anderen Industrieländern weist deutliche Sättigungseffekte mit einem daraus resultierenden Konkurrenzkampf und mit zuweilen für die Produzenten, insbesondere für KMU, existenzbedrohenden Zügen auf. Ungeachtet dessen fehlen ganzheitliche Ansätze im Sinne eines durchgängigen, d. h. generalisierten, „*Minimal Processing*“ bisher völlig. Das DFG/AiF-Forschungscluster setzt ein solches Konzept für automatisierte Prozessketten am Beispiel der Feinzerlegung von Schweinefleisch, konkret des Hinterschinkens, um.

Zum Erzielen des angestrebten „*Minimal Processing*“ werden verschiedene Messtechniken sowie entsprechende Auswertungsmethoden entwickelt und eingesetzt. Im Einzelnen werden Bilder des Schinkens jeweils unter einer Fluoreszenzlichtquelle und bei monochromatischem Licht (Raman-Spektroskopie) aufgenommen. Ausgehend von diesen Aufnahmen werden qualitätsbestimmende Größen vorhergesagt, darunter bakterielle Kontamination, pH₄₅, pH₂₄, Helligkeit, Tropfsaftverlust sowie Laktatkonzentration. Durch ein Modellsystem „ideales Fleisch“ kann das Fleisch im Prozess und nach der Zerlegung in unterschiedliche Qualitätsklassen eingeteilt und sortiert werden. Der Schinken wird automatisiert mit Hilfe eines Roboters zerlegt; Konturen, Komponenten und Schnittbahnen werden anhand der erfassten Sensordaten ermittelt. Des Weiteren werden die ausgelösten Stücke jeweils entsprechend der Fleischsorte und Komponente sortiert. Eine Modellierung und Simulation der Fleischzerlegung, speziell der Stoff- und Energieeinsätze, mit Hilfe von Referenz-Petrinetzen ermöglicht eine adaptive Anpassung der Prozessketten mit direktem Eingriff in den Prozess zur Optimierung von Parametern wie Energie- und Stoffeinsatz.

Die einzelnen Teilgebiete des Clustervorhabens verteilen sich dabei auf die beteiligten Forschungsstellen wie folgt:

TP	Forschungsthema	Forschungsstelle
1	Minimal Processing in der automatisierten Feinzerlegung von Schweinefleisch	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V.
2	Physikalisches Imaging zur Struktur- und Texturerkennung bei der Fleischverarbeitung	TU München
3	Reinigungs- und hygieneorientiertes Maschinenkonzept zur ganzheitlichen Umsetzung von Minimal Processing in der Fleischverarbeitung	Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik AVV
4	Differenzierung von Autofluoreszenzsignaturen zur online-Erfassung bakterieller Kontaminanten in der automatisierten Fleischzerlegung	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB) Universität Hohenheim
5	Grundlagenuntersuchungen zur Raman-Sensorik von Lactat für eine automatisierbare Beurteilung der Fleischqualität in der Prozesskette	Universität Bayreuth Universität Hohenheim
6	Entwicklung von Analysemethoden zur Etablierung einer online-fähigen Beurteilung von Fleisch	Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel Universität Bayreuth Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit K2

Automatisiertes Minimal Processing in der Feinzerlegung von Schweinefleisch

FRANKE, K., NAGEL, M., DELGADO, A., HEINZ, V., HUPFER, S.,
PROCELEWSKA, J., XIE, Q.

Bei der Automatisierung des Zerlegevorgangs am Beispiel des Hinterschinkens bei Schwein, und damit der situativen Anpassung der Produktionskette zur ganzheitlichen Optimierung der Feinzerlegung im Sinne des Minimal Processing, sind sowohl eine optimale Schnittführung als auch eine Beurteilung der Fleischqualität übergeordnete Zielsetzungen. Dabei müssen im Sinne des holistischen Ansatzes weitere Aspekte wie die Energieeffizienz mit einbezogen werden.

Das automatisierte Minimal Processing strukturiert sich dabei wie folgt: Die von verschiedenen Sensoren erfassten Betriebsdaten aus jedem Prozessschritt werden in einer Datenbank hinterlegt. Dabei kann es sich sowohl um Rohdaten, aufbereitete Daten als auch um Grenz- oder Warnwerte handeln. Für die Regelung des Gesamtprozesses wird der Datenaustausch zwischen einer Automatisierungshardware und der Datenerfassung bzw. -auswertung realisiert. Dies ermöglicht die Umsetzung übergeordneter und vorgegebener Prozessführungsstrategien auf der Basis aktueller Daten, z. B. aus Sensormessungen. Die situative Optimierung – mit Schwerpunkt auf den Stoff- und Energieeinsätzen – dieser übergeordneten Strategien erfolgt durch Modellierung und Simulation der Stoff- und Energieströme mit Hilfe von Referenz-Petri-Netzen in den automatisierten Prozessketten. Dabei kann z. B. als stark vereinfachtes Beispiel der geringere Energie- und Stoffverbrauch bei Schweinefleisch abgebildet werden, das nach der mikrobiologischen Kontrolle nicht akzeptiert und bereits vor der Zerlegung aussortiert wurde.

Die wesentliche Aufgabe für die Umsetzung der automatisierten Zerlegung ist die Berechnung der Schnittbahnen für den Zerlegeroboter. Damit die Erreichbarkeit sämtlicher relevanter Positionen durch einfaches Drehen des Schinkens entlang der Längsachse sichergestellt werden kann, wird der Hinterschinken dabei senkrecht eingespannt. Am oberen Ende wird der Schinken am Spitzbein und im unteren Teil am Schwanzknochen fixiert. Die Zugkraft in der unteren Einspannung wird konstant gehalten. Die Schnittbahnen berechnen sich aus den in der Datenbank erfassten Sensordaten. So werden z. B. Stereokamera- und Ultraschallaufnahmen über den Datenaustausch zwischen der Automatisierungshardware und der Datenerfassung an den Roboter weitergegeben. Kontinuierliche Kraftmessungen während der Zerlegung stellen eine schonende Behandlung des Fleischstückes sicher. Die herausgelösten Stücke werden nach den Vorgaben der situati-

ven Optimierung, d. h. entsprechend den Ergebnissen der Modellierung und Simulation der Stoff- und Energieströme, sortiert.

Mit dieser Herangehensweise im Sinne des „Minimal Processing“ wird die gesamte Prozesskette der Feinzerlegung im Spannungsfeld zwischen Kundenakzeptanz, Produktqualität, Automatisierungsgrad, Betriebsökonomie und Prozessökologie berücksichtigt und ganzheitlich optimiert.

Physikalisches Imaging zur Struktur- und Texturerkennung bei der Fleischverarbeitung

GEIER, D., HUSSEIN, W. B., HUSSEIN, M. A., BECKER, T.
Technische Universität München¹

Mangels Automatisierungsmöglichkeiten erfolgt die Feinzerlegung von Schweinefleisch größtenteils noch manuell. Im Rahmen des Projekts „Automatisiertes Minimal Processing in der Feinzerlegung von Schweinefleisch (Schinken)“ wurden zwei bildgebende Techniken online kombiniert, um die Regelung der Positionierung von Werkzeugen und die Schnitfführung bei der Zerlegung von Schweineschinken zu steuern.

Bei der ersten Technik handelte es sich um ein Stereokamerasystem mit angeschlossener digitaler Bildverarbeitung. Mit dem Stereokamerasystem wurden die Oberflächeninformationen der Fleischpartien aufgenommen und extrahiert, um anschließend daraus Tiefenbilder zu berechnen. Die Oberflächenanalyse lieferte Informationen über den Fettgehalt und über die Größenverteilung der detektierten Fettfragmente. Eine gezielte Positionierung von Werkzeugen wurde durch die Tiefenbilder ermöglicht, da sie den Abstand der Schinken zu den Kameras enthalten. Zusätzlich wurde ein dreidimensionales Modell der Schinken erstellt, indem Tiefenbilder aus unterschiedlichen Richtungen aufgenommen wurden. Die Kategorisierung in rechte und linke Schinken erfolgte durch die Berechnung des Verlaufs der Oberflächenkrümmung der Schinken. Die Lokalisierung der Regions of Interest (ROIs) der Schinken, die per Ultraschall untersucht werden mussten, um innere Strukturen wie z. B. Knochen zu detektieren, wurde durch eine statistische Analyse der Schinkengeometrie erzielt.

Bei der zweiten Technik handelte es sich um ein ultraschallbasiertes Verfahren, welches die Untersuchung des inneren Aufbaus einer Fleischpartie hinsichtlich der Verteilung der unterschiedlichen Gewebe wie Muskeln, Knochen, intramuskulärem Fett etc. ermöglichte. Mit einem konventionellen B-Mode-Ultraschallsystem (Brightness Mode), bei dem der Grauwert eines Bildpunktes ein Maß für die Amplitude des Ultraschallechos an dieser Stelle ist, wurden die durch das Stereokamerasystem lokalisierten ROIs der Schinken untersucht. Die für die Berechnung der Schnitfführung benötigte exakte Detektion ossaler Strukturen erfolgte durch die Segmentierung der digitalisierten Ultraschallbilder hinsichtlich ihrer Echogenität, d. h. der Fähigkeit eines Gewebes Ultraschallwellen zu reflektieren, sowie hinsichtlich spezifischer akustischer Eigenschaften, wie z. B. des Auftretens von Schallschatten an den Grenzflächen zwischen Knochen und anderem Gewebe.

¹ Center of Life and Food Sciences Weihenstephan, Group of (Bio-) Process Technology and Process Analysis

Fluoreszenz-basierte Methoden zum Kontaminationsmonitoring bei frischem Fleisch

BOLLING, J.¹, FRÖHLING, A.¹, DUREK, J.¹, SCHLÜTER, O.¹, PAQUET-DURAND, O.²,
HITZMANN, B.²

Fleisch ist aufgrund seiner chemischen und physikalischen Zusammensetzung ein sehr komplexes und Verderbnis anfälliges Produkt. Die maßgebliche Verunreinigung von frischem Fleisch erfolgt auf dem sekundären Weg, das heißt während des Schlachtvorganges, der Fleischgewinnung und -verarbeitung z. B. durch Verletzung des Darmpaketes oder subkutaner bzw. intramuskulärer Abszesse. Als hauptsächliche Quelle von Lebensmittelinfektionen, beispielsweise durch *Escherichia coli* oder Salmonellen, gilt jedoch die Anwesenheit von Fäkalien und deren Verteilung auf der Fleischoberfläche. Unerkannte fäkale Rückstände können zu bakteriellen Kontaminationen von Fleischpartien und Arbeitswerkzeugen führen, aus der erhebliche Standzeiten und Produktverluste beim Produzenten resultieren können. Da Fleisch mikrobiellen Kontaminanten eine reichhaltige Nährstoffquelle bietet, ist die Einhaltung hygienischer Standards zur Vermeidung von Gesundheitsgefahren für den Verbraucher besonders wichtig. Hohe Qualität und Sicherheit der Produkte zu garantieren, ist jedoch meist mit erheblichem personellem, materiellem und zeitlichem Aufwand verbunden.

Im Schlachthof eingesetzte Kontrollmaßnahmen basieren aufgrund der hohen Durchsatzraten im Wesentlichen auf der Fleischuntersuchung durch veterinärmedizinisches Fachpersonal und werden in begründeten Verdachtsfällen durch mikrobiologische Analysen ergänzt. Durchgehende Untersuchungen aller Einzelproben können derzeit nicht realisiert werden. Eine umgehende, Prozess begleitende und automatisierbare Detektion von pyogenen und humanpathogenen Erregern könnte jedoch kontaminationsbedingte Risiken herabsetzen.

Der Einsatz optischer Methoden eröffnet prinzipiell Möglichkeiten zur Erkennung von bakteriellen Erregern und kann besonders für eine online-fähige Detektion am Einzelstück herangezogen werden, da große Probenzahlen in kurzer Zeit nicht-invasiv gemessen werden können. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden auf Einzelzellebene und im komplexen System mittels mikroskopischer, spektroskopischer und bildgebender Verfahren die Autofluoreszenzsignaturen von Bakterienstämmen in Lösung und vor dem Hintergrund der Fleischmatrix untersucht. Die Messung der Autofluoreszenz von Bakterien auf einer komplexen biologischen Lebensmittelmatrix stellt jedoch besondere An-

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V., Potsdam

² Universität Hohenheim, Fg. Prozessanalytik und Getreidetechnologie, Stuttgart,

forderungen an die analytische Methode. Um die Informationen der Autofluoreszenzsignaturen von denen der nativen Fluorophore der Fleischmatrix trennen zu können, wurden verschiedene Vorverarbeitungsalgorithmen evaluiert und insbesondere Verfahren der multivariaten Statistik und künstlicher neuronaler Netze eingesetzt. Hierdurch war es möglich, bei Messungen an kontaminiertem Fleisch ein Vorhersagemodell für den Kontaminationsgrad (KbE/cm^2) auf der Basis der zerstörungsfrei gemessenen Fluoreszenzemissionsspektren zu berechnen. Das Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,91$ und der geringe Fehler der Vorhersage ($\text{RMSEP} = 0,66 \log \text{KbE}/\text{cm}^2$) deuten auf eine gute Vorhersage hin. Ergänzend war es möglich, mit Hilfe der Datenauswertung auf Basis einer Hauptkomponentenanalyse für beispielsweise *Escherichia coli* und *Pseudomonas fluorescens*, gemessen in Suspension, eine Detektionsgrenze von $10^5 \text{ KbE}/\text{ml}$ zu erzielen. Ein Unterschied in der Höhe der Nachweisgrenze von Bakterienstämmen in Suspension zu direkten Messungen an der Fleischoberfläche kann auf Wechselwirkungen der Mikroorganismen und/oder deren Stoffwechselprodukte mit der Fleischmatrix zurückgeführt werden. Diese können dafür verantwortlich sein, dass bereits bei niedrigeren Kontaminationsgraden Unterschiede in der Fluoreszenzsignatur auf dem Fleisch gemessen und chemometrisch ermittelt werden können.

Die multivariate Datenanalyse der Fluoreszenzsignaturen ermöglichte zudem die Identifizierung wichtiger Wellenlängenbereiche in den direkt am Fleisch gemessenen Spektren, die auf ein bildgebendes System der Fluoreszenzmessung übertragen werden können. Mit Hilfe vereinfachter Datenauswertungsmodelle und kostengünstigeren Komponenten könnte somit der zeitliche Aufwand der Messung im Prozessablauf erheblich reduziert und ein online-fähiges Messsystem ermöglicht werden. Im weiteren Projektverlauf sollen mit Hilfe des bildgebenden Systems bei einer Anregungswellenlänge von 420 nm die Fluoreszenzemissionen in einem Wellenlängenbereich von 570–750 nm, sowohl direkt auf inokulierten Nährmedien als auch auf frischem und gezielt kontaminiertem Fleisch untersucht werden.

Nicht-invasive pH- und Laktat-Messung an Schweinefleisch mittels Ramanspektroskopie zur Qualitätsbestimmung

SCHMIDT, H.¹, SCHEIER, R.¹, AGARKOV, N.¹, MACHE, M.², HITZMANN, B.²

Gegenwärtig werden zur Wertbestimmung von Schlachttierkörpern im Wesentlichen das Gewicht und der Muskelfleischanteil herangezogen. Online-taugliche Messverfahren oder Sensoren, die auch innere Eigenschaften von Fleisch wie den pH-Wert oder das Wasserbindungsvermögen messen oder vorhersagen können, fehlen von wenigen Ausnahmen abgesehen oder befinden sich noch in der Erprobung. Für eine Automatisierung von Schlacht-, Zerlege- und Sortierungsprozessen in der Fleisch verarbeitenden Industrie im Sinne des Minimal Processing werden jedoch solche objektiven, schnellen und bevorzugt nicht-invasiven Messverfahren zur Informationsbeschaffung benötigt. Dabei sollten möglichst viele qualifizierte Informationen durch eine Messung zur Verfügung gestellt werden.

Hier setzt Teilprojekt 5 des DFG/AiF-Clusterprojektes „Minimal Processing in der automatisierten Feinerlegung von Schweinefleisch (Schinken)“ an, indem die Eignung der Raman-Spektroskopie für eine nicht-invasive Messung innerer Qualitätsattribute von Fleisch am Beispiel der Oberschale grundlegend untersucht wird.

Die Raman-Spektroskopie beruht auf der Anregung von Molekülschwingungen in einem Material bei Bestrahlung mit Laserlicht. Dadurch verliert das gestreute Licht Energie und die rotverschobenen Signale werden als Raman-Spektrum gemessen. Dieses ist charakteristisch für jedes Molekül und mit einem „spektroskopischen Fingerabdruck“ vergleichbar, der Auskunft über Zusammensetzung und Struktur der Materie gibt. Auf diese Weise können innere Eigenschaften von Fleisch oder anderen Materialien gemessen werden.

Die wesentlichen Aufgaben bestanden dabei zum einen in der Zuordnung der in den Spektren gemessenen Signale zu den biochemischen Veränderungen und zum anderen in der Auswertung der Raman-Daten, um die gesuchten Informationen für den Sortierprozess schnell und online-fähig zur Verfügung zu stellen.

Im vorliegenden Fall wird dabei ausgenutzt, dass der Energiestoffwechsel im Muskel vor und zum Zeitpunkt der Schlachtung Auswirkungen auf die resultierende Qualität des

¹ Universität Bayreuth, Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität am Standort Kulmbach

² Universität Hohenheim, Fg. Prozessanalytik und Getreidetechnologie, Stuttgart

Fleisches hat. Dies lässt sich am Ausmaß und der Geschwindigkeit der Milchsäurebildung ablesen. Entsprechend korreliert beschleunigter bzw. verminderter Stoffwechsel im Muskel frühpostmortal eng mit dem pH-Wert. Dieser wird klassisch mit Einstichsonden gemessen, was jedoch schlecht automatisierbar ist. Das Wasserbindungsvermögen dagegen kann als Tropfsaftverlust erst 2-3 Tage nach Schlachtung gemessen werden. In der Regel ist das Fleisch dann schon weiter verarbeitet. Für eine qualitätsorientierte Sortierung im Sinne des Minimal Processing ist daher eine frühzeitige Qualitätsbestimmung erforderlich.

Durch Raman-, pH- und Laktat-Messungen im Labor am *M. semimembranosus* wird gezeigt, dass in den Raman-Spektren in einem Zeitraum von 0,5 bis 10 h nach der Schlachtung der Energiestoffwechsel in den Muskelzellen verfolgt werden kann. Anhand typischer Raman-Signale werden der Abbau von Glykogen zu Laktat sowie die damit verbundene fortschreitende Säuerung des Muskels gemessen. Dadurch kann der pH-Wert aus den Raman-Spektren berechnet und nach Kalibrierung nicht-invasiv gemessen werden. Da im Raman-Spektrum auch weitere Metabolite des Energiestoffwechsels mit gemessen werden, kann frühpostmortal über den pH-Wert hinaus der Energiestoffwechselstatus des Muskels abgefragt und die in der Literatur bekannten Zusammenhänge zur Vorhersage von Qualitätsabweichungen (PSE, DFD) genutzt werden.

Für die Messungen wurde ein mobiles Raman-System realisiert, um unter Praxisbedingungen messen zu können. Entsprechend konnte durch Messungen, die im Schlachthof 1-2 h p. m. durchgeführt wurden, gezeigt werden, dass mit diesem Gerät der pH_{45} aus den Raman-Spektren abgeleitet werden kann und damit PSE-Fleisch am Schlachtband erkannt wird. Sehr vielversprechend ist dabei, dass durch diese frühe Raman-Messung eine ganze Reihe von Qualitätsattributen zugänglich wird: So konnten der pH_{24} , der L^* -Wert (nach 24 h), der Tropfsaftverlust nach 72 h und die Zähigkeit des Fleisches (als Scherkraft) nach 72 h vorhergesagt werden. Damit bietet die Raman-Spektroskopie die Möglichkeit, schon kurz nach der Schlachtung wichtige Qualitätsparameter zu messen bzw. vorherzusagen, so dass Schlachtkörper zukünftig entsprechend sortiert werden könnten.

Analytische Untersuchung für eine online-fähige Beurteilung der Qualität von Schinken

PETZET, A.¹, SCHEIER, R.², OCTOVIANI, A.², BAUER, A.¹, HAMMON, A.³, DIEPOLDER, H.³,
SCHMIDT, H.², SCHWÄGELE, F.¹

In der Fleischproduktion besteht ein akuter Mangel an online-fähigen Diagnosesystemen zur Fleischqualität, welche schnell, zerstörungsfrei und möglichst berührungslos zur Prozess begleitenden Qualitätsbeurteilung eingesetzt werden können. Momentan erfolgt die Bestimmung der Fleischqualität u. a. durch die Messung des pH-Wertes nach der Schlachtung. Anhand des pH-Wertes werden Qualitätsabweichungen wie PSE oder DFD bestimmt. PSE steht für extrem helles, wässriges Fleisch mit offener Struktur. Im Gegensatz dazu ist DFD durch dunkles, festes und trockenes Fleisch mit geschlossener Struktur gekennzeichnet.

Ein online-fähiges, nicht invasives Messverfahren steht für die Bestimmung dieser Qualitätsmerkmale noch nicht zur Verfügung. Von daher wäre eine schnelle Messmethode wünschenswert, welche das Produkt Schweinefleisch in keiner Form durch die Messung beeinträchtigt und gleichzeitig in den Produktionsprozess integriert werden kann. Denn für eine weitergehende Automatisierung der Schlacht- und Zerlegeprozesse werden solche Diagnosesysteme dringend benötigt.

Im Rahmen des DFG/AiF-Clusterprojektes "Minimal Processing in der automatisierten Feinerlegung von Schweinefleisch (Schinken)" sollen online-fähige Verfahren zur Bestimmung der Fleischqualität durch die Validierung mittels Referenzanalytik etabliert werden.

Als eine online-fähige Messtechnik stand u. a. die Raman-Spektroskopie zur Verfügung. Diese beruht auf der inelastischen Streuung von Licht an Materie, wobei in der Probe Molekülschwingungen angeregt werden, die zu einer Rotverschiebung des gestreuten Lichtes führen. Das Raman-Spektrum liefert daher als Schwingungsspektrum einen Fingerabdruck der Probe auf Molekülebene, der Auskunft über Zusammensetzung und Struktur der Materie gibt. Dabei ist von Vorteil, dass Informationen über Fundamentalschwingungen im sichtbaren oder nahinfraroten Spektralbereich erhalten werden.

¹ Max Rubner-Institut, Standort Kulmbach

² Universität Bayreuth, Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität, Standort Kulmbach

³ Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Spezialeinheit Lebensmittelsicherheit, Erlangen

Die Messungen mittels Raman-Spektroskopie erfolgten 24 Stunden *post mortem* an der Oberschale der Schinkens (*M. semimembranosus*). Die Referenzanalytik umfasste die Bestimmung des pH₄₅, pH₂₄, L*-Wertes und des Tropfsaftverlustes. Mithilfe dieser Parameter wurden die Schinken in acht Qualitätsgruppen (RFN, PSE, DFD, RSE, PFN, Acid Meat, sowie PSE- und DFD-Tendenz) eingeordnet. Korrelationen zwischen pH₂₄-Werten und den Raman-Spektren zeigen, dass der pH₂₄ mittels der nicht invasiven Raman-Spektroskopie ermittelt werden kann. Auch der Tropfsaftverlust, welcher konventionell erst 72 Stunden *post mortem* gemessen wird, ist bereits nach 24 Stunden in den Raman-Spektren ersichtlich.

Diese Ergebnisse zeigen, dass eine frühzeitige und nicht invasive Bestimmung der Fleischqualität durchaus möglich ist, was künftig bei der Sortierung der Schinken von großer Hilfe sein könnte.

Reinigungs- und hygieneorientiertes Maschinenkonzept zur ganzheitlichen Umsetzung von Minimal Processing bei der Fleischverarbeitung

LANGE, S., MAJSCHAK, J.-P., MAUERMANN, M., BOYE, A., MARTIN, A.

Im Rahmen des DFG-AiF-Clusterprojektes „Minimal Processing in der automatisierten Prozesskette der Fleischverarbeitung am Beispiel der Feinzerlegung von Schweinefleisch“ befasst sich dieses Teilprojekt mit der konzeptionellen Umsetzung der robotergeführten Zerlegung in einem modularen Maschinenkonzept. Neben funktionellen Aspekten liegt ein besonderes Augenmerk auf der hygienegerechten Gestaltung und der Umsetzung der Reinigung.

In diesem Vortrag wird zum einen das Maschinenkonzept vorgestellt. Es besteht aus einer Fixiereinheit „TransFix“, die einen Schweineschinken in seiner Position fixiert und die Zustellung zu den einzelnen Bearbeitungsstationen ermöglicht. Nach dem manuellen Einspannen erfolgt die Erfassung des Hygienezustandes mittels Fluoreszenzanalyse und der Form des Schinkens mittels 3D-Aufnahmen im Sensormodul. Die Ultraschallsonde zur Erfassung der inneren Fleischstruktur und der Messkopf des Ramanspektrometers zur Bestimmung der Fleischqualität werden vom Roboter geführt. Anschließend übernehmen 2 Roboter die Zerlegung, einer führt das Messer, der Zweite übernimmt die Schnittöffnung und das Handling der ausgelösten Fleischstücke.

Weiterhin werden die aus manuellen Zerlegeversuchen abgeleitete Schnittrihenfolge und Funktionsprinzipie zur Sicherstellung einer Schnittöffnung vorgestellt. In den Versuchen hat sich gezeigt, dass die Zerlegung, so wie sie im Fleischerhandwerk durchgeführt wird, nur schwer mit Robotern umgesetzt werden kann. Entscheidend für die Automatisierung ist, dass das Knochengüst bis zum Ende verbunden und intakt bleibt, um die Lage der Fleischpartien so wenig wie möglich zu verändern.

Im abschließenden Teil des Vortrags werden das Vorgehen und Ergebnisse von Reinigungsuntersuchungen vorgestellt, die für ausgewählte Problemstellungen der Maschinen-, Werkzeug- oder Sensorreinigung in der Fleischverarbeitung durchgeführt werden. Dabei werden Fragestellungen zur effizienten und sicheren Gestaltung von Spritzreinigungsprozessen untersucht. Grundlagen für die Untersuchungen sind eine schweinefleischbasierte Testverschmutzung und die Inline-Überwachung des Reinigungsvorgangs und des Reinigungserfolgs. Kombiniert werden diese Tests mit mikrobiellen Untersuchungen.

Die Betäubung von Schlachtschweinen mit Helium

MACHTOLF, M., MOJE, M., TROEGER, K., BÜLTE, M.¹

In der kommerziellen Schlachtung von Mastschweinen war in der Vergangenheit einzig Kohlendioxid (CO₂) als Betäubungsgas zulässig. Die Verwendung von CO₂ steht jedoch aus Sicht des Tierschutzes in der Kritik, da Schweine bei Gaskontakt aversive Reaktionen zeigen. Aufgrund der aversiven Wirkung von CO₂ gab die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) 2004 in einem Gutachten die Empfehlung, langfristig den Einsatz von CO₂ zur Betäubung von Mastschweinen einzustellen. Mit der seit Januar 2013 gültigen Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Schlachtung ist als neue Variante der Gasbetäubung neben CO₂ auch der Einsatz von Edelgasen möglich. Obwohl einige Studien mit alternativen Gasen zu CO₂ durchgeführt wurden, besteht derzeit kein praxisrelevantes Gasbetäubungsverfahren unter Verwendung eines Edelgases. Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Max Rubner-Instituts, Standort Kulmbach, wurde erstmals die Betäubung von Schlachtschweinen mit dem Edelgas Helium untersucht*. Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine Bewertung der Betäubungsmethode mit Helium im Vergleich zur herkömmlichen CO₂-Betäubung durchzuführen. Untersucht wurden Auswirkungen des jeweiligen Betäubungsverfahrens auf das Tierwohl (Tierverhalten und Stresshormone) sowie die nach der Schlachtung resultierende Schlachtkörper- und Fleischqualität.

Insgesamt wurden 80 Mastschweine einheitlicher Genetik und gemeinsamer Aufzucht, eingeteilt in zwei Gruppen, am städtischen Schlachthof Kulmbach betäubt und geschlachtet. Es wurden 40 Schweine als Versuchstiere in einer eigens konstruierten Helium-Anlage betäubt. Für die Baukonstruktion der Anlage wurde die physikalische Eigenschaft des Heliums genutzt, das eine 7,5 mal geringere Dichte als Luft besitzt. Zur Betäubung der Schweine wurde ein nach unten offener, mit Helium gefüllter Acrylglasskasten jeweils über ein Versuchstier abgesenkt. Die Betäubung von 40 Kontrolltieren fand in der kommerziell eingesetzten CO₂-Dip-Lift-Anlage (Firma Butina) des Schlachthofes statt. Aufgrund der höheren Dichte des CO₂ im Vergleich zu Luft werden in CO₂-Anlagen mehrere Schweine in Gondeln abwärts in eine Grube gefahren. Für die Versuchsreihe wurden die Tiere einzeln betäubt. Beobachtet und bewertet wurde jeweils das Tierverhalten während der Betäubung. Der Betäubungszyklus der Versuchstiergruppe betrug 180 Sekunden in 98,5 Vol.-% Helium, bei den Kontrolltieren dauerte dieser 130 Sekunden in 90,0 Vol.-% CO₂. Im Anschluss an die Betäubung wurden die Tiere

¹ Institut für Tierärztliche Nahrungsmittelkunde, Justus-Liebig-Universität Gießen

*Gefördert wurde das Forschungsprojekt von der Tönnies Forschung, Gemeinnützige Gesellschaft zur Förderung der Forschung über die Zukunft des Tierschutzes in der Nutztierhaltung mbH.

durch Blutentzug getötet. Aus Proben des Stichbluts wurden die Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin analysiert. An den linken Schlachttierkörperhälften wurden nach 45 Minuten und 24 Stunden *post mortem* wichtige Parameter wie pH-Wert, Muskelkern-temperatur, elektrische Leitfähigkeit und Fleischfarbe gemessen. Im Anschluss an die Zerlegung und das Entbeinen wurden alle Teilstücke makroskopisch auf das Vorkommen von petechialen Muskelblutungen untersucht und Probenmaterial zur Bestimmung von Tropfsaftverlust und Grillverlust sowie für eine sensorische Prüfung entnommen.

Als Reaktionen der Kontrolltiergruppe bei Kontakt mit CO₂ wurden folgende Verhaltensweisen beobachtet: Zurückdrängen bei Gaskontakt (45 % der Tiere), Symptome der Atemnot (35 %) und Fluchtversuche (17,5 %, teilweise mit Lautäußerungen). Die Versuchstiergruppe zeigte keine Reaktionen auf den Gaskontakt mit Helium und war in ihrem Verhalten bis zum Verlust des Stehvermögens unbeeinflusst. Die Analyse der Stresshormone im Stichblut ergab höchst signifikant niedrigere Adrenalin- und Noradrenalin-konzentrationen nach der Helium-Betäubung und bestätigt damit die Befunde aus den Verhaltensbeobachtungen. Die Betäubung mit Helium stellt somit eine tierschonende Alternative zur Verwendung von CO₂ dar.

Auch bezüglich der Schlachtkörper- und Fleischqualität wirkte sich die Helium-Betäubung positiv aus. Die Kerntemperaturen von Oberschale und Kotelett waren 45 Minuten *post mortem* signifikant niedriger als nach der CO₂-Betäubung. Auch der pH-Wert 45 Minuten *post mortem* in der Oberschale der Versuchstiere war signifikant höher. Während bei einem einzelnen Schlachtkörper nach CO₂-Betäubung petechiale Blutungen im Kotelett zu finden waren, traten diese nach einer Helium-Betäubung in keinem Fall auf. Die Messung der Farbe (L*-, a*-, b*-Werte) der Schnitzelmuskulatur 48 Stunden nach der Schlachtung ergab eine geringfügig röttere und weniger helle Fleischfarbe nach einer Betäubung mit Helium. Bezüglich elektrischer Leitfähigkeit, Tropfsaftverlust, Grillverlust sowie sensorischer Bewertung (Aroma, Saftigkeit, Zartheit) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Betäubungsverfahren.

Die Untersuchung ergab, dass es sich bei der Verwendung von Helium um eine tierschonende Methode zur Betäubung von Mastschweinen handelt, wobei auch eine gute Schlachtkörper- und Fleischqualität resultiert. Die Helium-Betäubung könnte ein alternatives Verfahren zum Einsatz von CO₂ darstellen. Es wird die Aufgabe zukünftiger Forschung sein, zu prüfen, ob ein Betäubungsverfahren mit Helium den ökonomischen Anforderungen eines kommerziellen Einsatzes entspricht.

Bewertung verschiedener Bolzenschuss-Betäubungsverfahren beim Rind

DÖRFLER, K., TROEGER, K., LAUTENSCHLÄGER, R., LÜCKER, E.¹

Aus der BSE-Krise resultierend ist der Einsatz des Rückenmarkzerstörers bei der Schlachtung von Rindern seit dem 01.01.2001 innerhalb der Europäischen Union verboten. Während zuvor das Rückenmark durch diese Methode mechanisch zerstört und dadurch die Erregungsleitung zum Gehirn sicher unterbunden wurde, offenbarten sich seit Inkrafttreten dieses Verbotes die Mängel in der Praxis der Bolzenschussbetäubung beim Rind, und es wurde zunehmend über Probleme bezüglich des Tier- und Arbeitsschutzes in den Schlachthöfen berichtet. Laut Angaben in der Literatur werden 4-9 % der Schlachtrinder mit dem ersten Schuss unzureichend betäubt, so dass eine sofortige Nachbetäubung dieser Tiere notwendig wird. Um eine nachhaltige Verbesserung dieser tierschutzrelevanten Zustände bei der Rinderschlachtung zu erzielen, fordert die Verordnung (EG) 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung die Definition von Schlüsselparametern für die Bolzenschussbetäubung, basierend auf verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen, um sicherzustellen, dass die Tiere wirkungsvoll betäubt werden. Auf Grundlage der im Rahmen dieser Forschungsarbeit gewonnenen Daten soll eine Aussage über die Effizienz der untersuchten Bolzenschussapparate bei Tieren unterschiedlichen Alters, Geschlechts und unterschiedlicher Rasse getroffen werden und daraus Empfehlungen abgeleitet werden, die als zuverlässige Anhaltspunkte zur Orientierung für Hersteller, Schlachthofunternehmer und Überwachungsbehörden dienen.

Ziel des Forschungsprojektes war es einerseits, die aktuell verfügbaren Bolzenschussapparate aus der neuen Baureihe K der Firma Schermer (Ettlingen) hinsichtlich ihrer physikalischen und damit tierschutzrelevanten Effektivität zu überprüfen. Hierzu wurden experimentelle Messungen zur kinetischen Energie der Bolzenschussapparate (Typ KS, KR und KL) an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig durchgeführt, um den Einfluss der Bolzenlänge bzw. eines Bolzen-Rückholsystems auf die von den Apparaten erbrachte kinetische Energie zu untersuchen. Außerdem fanden Messungen zur Bestimmung des Energieniveaus der Kartuschen unterschiedlicher Ladungsstärke (gelb, blau und rot), basierend auf den Vorgaben der DIN Norm 7260, statt. Andererseits sollten wissenschaftlich abgesicherte Daten zur Betäubungseffektivität der Bolzenschussgeräte der K-Baureihe bei unterschiedlichen Tierkategorien in der Praxis an zwei oberfränkischen Schlachthöfen erhoben werden. An Schlachthof A wurde hierfür die Betäubungswirkung anhand im Vorfeld festgesetzter Untersuchungsparameter bei 694

¹ Universität Leipzig

Tieren, an Schlachthof B bei 1244 Tieren untersucht. Es galt außerdem der Fragestellung nachzugehen, inwieweit sich der Einsatz der Bolzenschussgeräte der Baureihe K mit der nach Gerätetyp variierenden maximalen Bolzenaustrittslänge auf das Ausmaß der Zerstörung der Hirnstrukturen auswirkt und dadurch der Betäubungserfolg des Tieres beeinflusst wird. Zur Klärung dieser Fragestellung wurden an Schlachthof A 218 Rinderschädel nach dem Hautabzug unter Verwendung einer Knochenbandsäge, dem Verlauf des Schusskanals folgend, längs gespalten. Dokumentiert wurde, welche Hirnregion entweder durch den Bolzen direkt oder durch das von ihm aus der Schädeldecke ausgestanzte Knochenfragment sichtbar geschädigt wurde und ob eine Zerstörung der Hirnstammstrukturen feststellbar war.

Die Ergebnisse der Messungen zur kinetischen Energie der Bolzenschussgeräte vom Typ KS, KR und KL zeigen, dass es im Vergleich zu den Bolzenschussgeräten KS und KR mit einer Bolzenaustrittslänge von 80 mm bzw. 85 mm durch den längeren und damit vor allem schwereren Bolzen bei Gerät KL (125 mm) zu einem signifikanten Energieverlust bei Einsatz aller drei Kartuschen kommt ($p < 0,001$). Demgegenüber war die Energie der Geräte vom Typ KS und KR nur unter Einsatz der roten Kartusche signifikant verschieden ($p < 0,003$).

Die höchste Fehlbetäubungsrate von 5,7 % wurde während der Datenerhebung zur Betäubungseffektivität an Schlachthof A unter Verwendung des Gerätes KS verzeichnet. Betrachtet man nur den Anteil der männlichen Tiere innerhalb dieser Untersuchungsgruppe, dann wurden sogar 8,1 % der Bullen bei Einsatz dieses Gerätes mit dem ersten Schuss unzureichend betäubt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Gerät vom Typ KS mit Rückholssystem nur zur Betäubung von weiblichen Tieren geeignet ist, während für männliche Tiere ein Bolzenschussbetäubungsapparat ohne Rückholssystem – mit entsprechend höherer kinetischer Energie – oder mit einer größeren Bolzenaustrittslänge eingesetzt werden sollte.

Zwischen den am Schlachthof A eingesetzten Bolzenschussgeräten KS, KR und KL und den Ereignissen „geschädigter Hirnstamm“ bzw. „intakter Hirnstamm“ wurde kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen.

Für das Bolzenschussgerät KR konnten keine Abhängigkeiten zwischen dem anhand der Parameter überprüften Betäubungserfolg und der Schädigung des Hirnstammes ermittelt werden. Bei den unter Verwendung der Geräte KS und KL betäubten Rindern ergab sich dagegen ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Wirksamkeit der Bolzenschussbetäubung und der Zerstörung der Hirnstammstrukturen ($p < 0,05$ bzw. $p < 0,01$).

Qualität von SB-Frischfleisch

DEDERER, I., TROEGER, K., MÜNCH, S.

Die Entwicklung der vergangenen Jahre zeigte, dass der Absatz von verpacktem Frischfleisch bei Discountern und vielen SB-Warenhäusern erheblich und kontinuierlich zunimmt. SB-Fleisch hat sich auch bei den Verbrauchern deutlich durchgesetzt, weil sie oft nicht bereit sind, viel Zeit in den Fleischkauf zu investieren, und nicht zuletzt auch aus Kostengründen. Die in sogenannten MAP-Verpackungen (Modified Atmosphere Packaging) eingesetzte Schutzatmosphäre mit erhöhter Sauerstoffkonzentration beeinflusst die Eigenschaften des Fleisches und bietet dadurch für den Verbraucher eine relativ lange Haltbarkeit, Farbstabilität und eine hohe Verpackungssicherheit. Jedoch besteht bei solchen Produkten die Gefahr der Bildung unerwünschter Oxidationsprodukte sowie möglicher sensorischer Beeinträchtigungen. Die Ergebnisse einer Befragung im norddeutschen Raum zeigten, dass die SB-Fleischkäufer wenig Bedenken bezüglich der Fleischqualität und Sicherheit der zentral verpackten Ware haben. Die Zielsetzung der durchgeführten Untersuchung war es, einen Überblick über den Qualitätsstandard von MAP-verpackten Frischfleischprodukten aus industrieller Produktion zu bekommen und mit der Qualität der Frischfleisch-Bedienware zu vergleichen.

Die Proben wurden in den deutschen Zentrallagern verschiedener Handelsketten jeweils am Tag nach der Anlieferung der Ware durch die Fleischwerke nach dem Zufallsprinzip gezogen. Für die Untersuchung wurden MAP-Frischfleischpackungen mit stückigem Fleisch (Schweineschnitzel, Nackenkotelett, Schweinegulasch) sowie Hackfleischproben (Hackfleisch gemischt, Rinderhackfleisch) ausgewählt. Als Referenzproben dienten die entsprechenden Produkte aus der Bedientheke, die am Vortag vom Schlacht- und Zerlegebetrieb ausgeliefert wurden. Bei den Proben wurden sensorische, chemische, physikalische und mikrobiologische Untersuchungen nach definierten wissenschaftlichen Qualitätskriterien durchgeführt.

Merkliche Schwankungen beim Sauerstoffgehalt können den Hygienestatus, aber auch oxidative Vorgänge, Sensorik und Farbe, also letztlich die Qualität des Frischfleisches beeinflussen. Die Bestimmung der Zusammensetzung des Schutzgases ergab in den Hackfleischpackungen im Mittel Werte von 75 % Sauerstoff (O_2) bzw. 25 % Kohlendioxid (CO_2) und in den Scheibenwarenpackungen von 81,5 % O_2 und 18,5 % CO_2 . Die O_2 -Konzentrationen lagen bei Hackfleisch generell niedriger und die CO_2 -Konzentrationen höher als bei stückigem Fleisch. Dies ist zur Reduzierung oxidativer Prozesse und zur Unterdrückung des Keimwachstums sinnvoll.

Zu Beginn der Untersuchungen wurden Aussehen, Zuschnitt und Herrichtung der Produkte bewertet, da diese Parameter für die Kaufentscheidung wichtig sind. Bei der Bewertung wurden folgende Mängel festgestellt: fehlerhafter Zuschnitt (bei Schweineschnitzeln häufig längs der Faser geschnitten), sehr ungleich dick geschnittene Fleischscheiben sowie eine schlechte Ausblutung. Außerdem hafteten der Muskulatur mitunter andere Gewebe an. Diese Qualitätsparameter waren bei den Referenzproben meist nicht zu beanstanden. Bei der sensorischen Bewertung wurden die Referenzproben regelmäßig deutlich besser bewertet als die MAP-Proben. Am deutlichsten fiel der Unterschied bei Rinderhackfleisch aus. Die Ergebnisse der sensorischen Prüfungen korrelierten negativ mit den ermittelten TBARS-Werten (Maßzahl für Fettoxidation). Bei allen untersuchten Proben wurden erhöhte TBARS-Werte im Vergleich zu den Referenzproben festgestellt. Die größten Unterschiede ergaben sich zwischen dem Referenz-Rinderhackfleisch und dem MAP-Rinderhack.

Bei den physikalischen Qualitätsparametern waren teilweise zu hohe Dripverluste mit Flüssigkeitsansammlungen in den MAP-Schalen festzustellen. pH-Werte sowie Grill-/Garverluste lagen überwiegend im Rahmen der Referenzproben. Die Farb- und Scherkräftmessungen wurden produktbedingt nur bei Schweineschnitzeln durchgeführt. Bei der Farbe (L^* , a^* , b^*) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die MAP-Proben zeigten tendenziell höhere Scherkräftwerte (Instron) als die Referenzproben. Der mikrobiologische Status war bei allen MAP-Produkten tendenziell besser als bei den entsprechenden Referenzproben. Die MAP-Fleischprodukte schnitten bei Qualitätsparametern wie Festigkeit, Saftigkeit und Aroma sowie hinsichtlich der Bildung von Oxidationsprodukten schlechter ab als die Referenzproben.

Als Alternativen zur klassischen MAP-Verpackung wurden weitere kommerzielle Verpackungssysteme, wie „Mirabella“ und „BLOOM“, getestet, bei denen das Fleisch durch eine spezielle Folie von der sauerstoffhaltigen Schutzatmosphäre getrennt wird. Die Vergleichsuntersuchungen zeigten, dass keine signifikanten Unterschiede bei den pH-Werten, Grill-/Garverlusten, der Farbe sowie beim mikrobiologischen Status zwischen den Verpackungsvarianten vorlagen. Die sensorischen Bewertungen ergaben ein meist uneinheitliches Bild. Bei den stückigen Produkten waren die Auswirkungen von verschiedenen Verpackungssystemen auf die Merkmale Zartheit und Aroma nicht bedeutend. Bei Hackfleischproben zeichnete sich ab, dass die BLOOM-verpackte Ware die besten Bewertungen erhielt. Dieses Resultat stand wiederum im Einklang mit der Analyse des Oxidationsparameters TBARS. Auch hier schnitt das mit dem BLOOM-System verpackte Frischfleisch tendenziell besser ab.

Die erhaltenen Ergebnisse hinsichtlich der Fleischqualität zeigen, dass die Bedienthekenware besser als MAP-verpackte Ware bewertet wurde. Bei den untersuchten Verpackungssystemen sind die Ergebnisse grundsätzlich nur tendenziell zu werten und sollen durch weitere Versuche abgesichert werden.

Mikrobiologische Sicherheit von Rohwurstprodukten – Wirkung von Nitrit bzw. Nitrat auf Lebensmittelpathogene

KABISCH, J¹., KREMENTOWSKI², A., MÜLLER-HERBST, S., PICHNER, R.

Der Zusatz von Nitritpökelsalz zu Rohwurstprodukten nach der allgemein üblichen Herstellungspraxis bewirkt eine Umrötung, Aromabildung und Konservierung des Produkts. Dabei soll Nitrit/Nitrat das Wachstum pathogener Bakterien hemmen. Nach Ergebnissen früherer Arbeiten mit *Salmonella* spp. und shigatoxinbildenden *Escherichia coli* (STEC) ist eine inhibitorische Wirkung dabei nicht für alle Infektionserreger gleich. Über die Ursachen dieser unterschiedlichen Reaktion auf Nitritstress liegen derzeit nur wenige experimentelle Studien vor. Bei NO-Stress (exogen oder endogen gebildet) exprimieren sowohl *Salmonella* spp. als auch *E. coli* ähnliche NO-detoxifizierende Systeme. Die Expression der Proteine Hmp (Flavohämoglobin), NorV (Flavorubredoxin) und NrfA (Cytochrom c abhängige periplasmatische Nitrit Reduktase) wird durch mehrere Transkriptionsregulatoren strikt reguliert. Derzeit existieren keine Daten über eine Analyse der Expression der Gene *hmp*, *norV* und *nrfA* unter verschiedenen, für die Rohwurstherstellung relevanten Parametern.

Im Rahmen des AiF/FEI-Forschungsvorhabens (AiF 16908N) wurden daher artifiziell mit STEC und *Salmonella* spp. inokulierte (ca. 500 KbE/g) Rohwurstprodukte nach industriellen Standardrezepturen hergestellt und gereift. Für die Untersuchung einer Beteiligung der NO-detoxifizierenden Systeme HmpA, NorV und NrfA an der Nitritresistenz von STEC und Salmonellen in Rohwurstprodukten wurden weitere Challengeversuche mit Deletionsmutanten ($\Delta hmpA$, $\Delta norV$, $\Delta nrfA$) eines *Salmonella enterica* serovar Typhimurium Stamms 14028 durchgeführt.

In den Challengeversuchen nahm die Zahl der inokulierten STEC und *Salmonella* spp. ab. Bereits nach 6 Tagen wurden diese Erreger in den schnellgereiften bzw. nach 13 Tagen in den langgereiften Rohwürsten nur noch qualitativ nachgewiesen. In den kurzgereiften Produkten vom Typ Teewurst waren nach 4 Wochen noch Keimzahlen von 20 bis 30 KbE/g feststellbar. In den Challengeversuchen mit den *Salmonella* Deletionsmutanten (Inokulation des Bräts mit ca. 2×10^4 KbE/g) nahmen mit fortschreitender Reifung und Lagerung die Keimzahlen des Wildtyps sowie der Deletionsmutanten ($\Delta hmpA$, $\Delta norV$, $\Delta nrfA$) im gleichen Verhältnis ab, ohne dass ein deutlicher Unterschied zwischen dem Wildtyp und den Mutanten erkennbar wurde.

¹ MRI Kiel, Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie

² Technische Universität München, Abteilung Mikrobiologie, ZIEL

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass noch weitere Systeme an der Ausbildung der NO-Resistenz beteiligt sind. Die Identifizierung und Charakterisierung solcher Systeme, die auch an der Ausbildung der Nitritresistenz von *S. Typhimurium* und *E. coli* O157:H7 in Rohwurstprodukten beteiligt sein könnten, ist Gegenstand der weiteren Arbeiten in diesem Forschungsprojekt.

Minimierung der PAK-Gehalte in Fleischerzeugnissen durch Optimierung der Prozessführung bei konventioneller Räucherung

JIRA, W., HITZEL, A., PÖHLMANN, M., SPEER, K., SCHWÄGELE, F.

In Deutschland werden Schätzungen zu Folge etwa 60 % der hergestellten Fleischerzeugnisse geräuchert. Bei der Räucherung entstehen viele erwünschte Stoffe, von denen insbesondere die Phenole von Bedeutung sind, da sie antimikrobielle und antioxidative Eigenschaften aufweisen und zudem zum Aroma beitragen. Daneben werden jedoch auch unerwünschte Stoffe wie Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) gebildet, von denen einige krebserregende Eigenschaften besitzen. Aus Gründen des Verbraucherschutzes ist es erforderlich, die Gehalte an kanzerogenen PAK in geräucherten Fleischerzeugnissen so weit wie möglich zu minimieren, da für krebserregende Stoffe kein Schwellenwert angenommen werden kann, unterhalb dessen diese Substanzen kein kanzerogenes Potenzial aufweisen.

Ziel der Untersuchungen war daher eine Optimierung der Räucherbedingungen im Hinblick auf eine Minimierung der Gehalte der von der Europäischen Union als prioritär eingestuften 15+1 EU-PAK mit Schwerpunkt auf Benzo[a]pyren und PAK4 (Summengehalt der vier PAK-Verbindungen Benzo[a]pyren, Chrysen, Benzo[a]anthracen und Benzo[b]fluoranthen) unter Erhalt der sensorisch wirksamen Phenole. Neben den PAK wurden die dominierenden phenolischen Verbindungen Guajacol, 4-Methylguajacol, Syringol, Eugenol und trans-Isoeugenol analysiert. Untersucht wurden die Raucherzeuger Glimm-, Friktions- und Dampfrauch und deren Prozessparameter sowie der Einfluss verschiedener Därme, Fettgehalte der Würste und die Verwendung verschiedener Holzarten bei der Herstellung von heiß- und kaltgeräucherten Fleischerzeugnissen.

Es konnte gezeigt werden, dass eine Minimierung der PAK-Gehalte im Glimmrauchverfahren möglich ist. Eine Reduzierung der PAK-Gehalte muss dabei nicht unbedingt mit geringeren Gehalten an erwünschten phenolischen Verbindungen einhergehen, da PAK- und Phenolgehalte nicht korrelieren. Der Parameter mit dem größten Einfluss auf die PAK-Gehalte ist die Rauchtstehungstemperatur. Diese sollte unter 600 °C gehalten werden. Eine gezielte Befeuchtung der Hackschnitzel stellt hingegen keinen sinnvollen Ansatz zur Reduzierung der PAK-Gehalte in geräucherten Fleischerzeugnissen dar.

Die mit Friktions- und Dampfrauch geräucherten Fleischerzeugnisse wiesen sehr geringe, von den Versuchsparametern unabhängige PAK-Gehalte auf. Daher bestand für diese Raucherzeuger keine Notwendigkeit einer Optimierung zur Reduzierung der PAK-Gehalte.

Die Wahl eines Schädarms anstelle eines verzehrbaren Darms führte zu einer deutlichen Reduzierung der PAK-Gehalte in heißgeräucherten Fleischerzeugnissen, da ein Großteil der PAK im Darm verbleibt und nicht in das Innere des Fleischerzeugnisses eindringt. Im Gegensatz dazu gelangen die für das Aroma maßgebenden phenolischen Verbindungen nahezu vollständig in das Produktinnere. Auch durch eine Reduzierung der Fettgehalte in der Rezeptur von heißgeräucherten Brühwürsten kann eine Verringerung der PAK-Gehalte erreicht werden. Trotz höherer Gewichtsverluste bei Würsten mit geringeren Fettgehalten, wiesen diese Produkte niedrigere PAK-Gehalte auf. Geringere Fettgehalte in Wienern führten jedoch nicht zu einer Abnahme der Phenolgehalte.

Die Wahl einer alternativen Holzart zu dem bislang am häufigsten verwendeten Buchenholz scheint ebenfalls einen sinnvollen Ansatz zur Reduzierung der PAK-Gehalte in heiß- und kaltgeräucherten Würsten darzustellen. Die Verwendung von Pappel und Hickory anstelle von Buche führte zu einer Abnahme der Gehalte an BaP, PAK4 und 15+1 EU-PAK im Bereich von 35-40 % bei Wienern und im Bereich von 36-55 % bei Minisalamis. Dennoch waren die Summengehalte der phenolischen Verbindungen in Wienern und Minisalamis, die mit Pappel oder Hickory geräuchert worden waren, entweder höher oder nur geringfügig niedriger als bei den mit Buchenholz geräucherten Produkten. Insbesondere die Verwendung von Pappelholz scheint eine interessante Alternative zu Buchenholz darzustellen, da es sich bei Pappelholz einerseits um eine schnell wachsende Holzart handelt und andererseits der geringe volumenbezogene Heizwert eine gute Voraussetzung zum Erzielen relativ niedriger Rauchtentstehungstemperaturen und folglich geringer PAK-Gehalte zu sein scheint.

Untersuchungen zur Entwicklung eines Geschosstyps mit geringerer Bleisplitterabgabe ans Wildbret

SCHWIND, K.-H.

Die Problematik der Kontamination von Wildbret mit Blei, das vom Tötungsgeschoss stammt, ist schon seit einigen Jahrzehnten bekannt. Auf der Suche nach Lösungsmöglichkeiten wurde ein Forschungsvorhaben initiiert, bei dem u. a. festgestellt werden sollte, wie hoch Wildbretproben im bayerischen Raum mit Bleisplittern vom Tötungsgeschoss belastet sind. Darüber hinaus sollte ein Geschosstyp entwickelt werden, der eine geringere Splitter- und Gesamtbleiabgabe um den Schusskanal herum besitzt. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde zunächst im Entwicklungslabor eines Jagdmunitionsherstellers ein bleireduziertes Geschöß entwickelt, das für die vorliegenden Arbeiten zur Verfügung stand und bei Beschussversuchen auf Gelatineblöcke eine geringere Bleiabgabe zeigte. Die Gallertfestigkeit der Gelatineblöcke entsprach in etwa der von Wildbretgewebe. Die Zerlegung der beschossenen Gelatineblöcke erfolgte mit einem speziell hierfür angefertigten Schneid- und Zerlegewerkzeug aus Edelstahl, bei dem die Gelatineblöcke zunächst in jeweils 5 Scheiben von 7 cm Dicke und anschließend im Zylinderkoordinatensystem entlang des Schusskanals in 12 Segmente zerteilt wurden. Aus jedem beschossenen Gelatineblock resultierten somit 60 Einzelproben, in denen jeweils eine Bleibestimmung vorgenommen wurde. Anhand dieser Einzeldaten konnte die Geschosssplitterverteilung entlang des Schusskanals in den Gelatineblöcken bestimmt werden. Die analytische Untersuchung eines mit einem herkömmlichen Kegelspitzgeschosses (aus dem Sortiment des Munitionsherstellers) und des neuentwickelten bleireduzierten Kegelspitzgeschosses (desselben Herstellers) beschossenen Gelatineblocks ergab, dass das neuentwickelte Geschoss aufgrund seiner Tendenz zur Bildung von größeren Splittern (bis zu 9 mm Länge), die seitlich weniger weit streuen, in Längsrichtung zum Schusskanal in einem engen Bereich zwar eine höhere Bleiabgabe als das konventionelle Kegelspitzgeschoss dieses Herstellers besitzt, infolge seiner reduzierten Blei- und Splitterabgabe seitlich zum Schusskanal jedoch eine deutlich verminderte Bleiabgabe zeigt. Aufgrund der jagdlichen Praxis, den Einschusskanal auszuschneiden und ein eventuell steckengebliebenes Restgeschoss herauszuschneiden, können bei Verwendung des bleireduzierten Geschosstyps sehr viel mehr Geschosssplitter durch Herausschneiden aus dem Wildbret entfernt werden als dies beim Einsatz des konventionellen Geschosstyps möglich ist, da die Splitter des neuentwickelten Geschosses seitlich zum Schusskanal weniger weit streuen.

Belastung von Wildfleisch durch Splitter von bleihaltiger Munition

WAGNER, H.

Bereits in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurden an der damaligen Bundesanstalt für Fleischforschung Untersuchungen zum Eintrag von Blei über Splitter der Tötungsgeschosse in das Fleisch von Wildtieren durchgeführt. Da beim Verzehr von Wildfleisch zumindest die kleineren Bleipartikel im sauren Magensaft vollständig in Lösung gehen, war bereits zu diesem Zeitpunkt offensichtlich, dass diese eine Quelle darstellen, deren Beitrag zum Gesamtinventar des Tiers an Blei um Größenordnungen über der sehr geringen äsungsbedingten „natürlichen“ Bleimenge in der Wildmuskulatur liegen muss. Nationale und internationale Studien – unter anderem auch vor dem Hintergrund bei Seeadlern und anderen Greifvögeln auftretender Bleivergiftungen – sowie gelegentlich auftauchende Blei-Extremwerte bei der Untersuchung von Wildproben durch die Behörden der Lebensmittelüberwachung bestätigen seither diese Befunde. Zweifel an der Sicherheit der bleifreien Geschosse bezüglich der Gefährdung von Personen durch ein ungünstiges Abprallverhalten und Befürchtungen hinsichtlich einer mangelhaften Tötungswirkung schienen die praktische Verwendbarkeit bleifreier Munition als Alternative im praktischen Jagdbetrieb deutlich einzuschränken. In den Jahren 2011 und 2012 wurden Berichte von Entscheidungshilfedorhaben veröffentlicht, die die Bedenken bezüglich dieser beiden Aspekte ausräumten. Damit rückte der Gesichtspunkt der gesundheitlichen Auswirkungen des Verzehrs mit Bleisplittern belasteten Wildfleischs wieder in den Vordergrund. Bedingt durch Form und Konstruktion deformieren sich die Geschosse nach dem Eindringen in den Wildkörper und geben unzählige Partikel in einem breiten Gewichtsspektrum ab. Der größte Teil des Geschosses verlässt jedoch den Körper wieder. Für eine Abschätzung der Schwermetallbelastung durch den Verzehr von Wildfleisch ist es erforderlich, die Masse der verbleibenden Splitter möglichst genau zu kennen. Aufgrund der äußerst inhomogenen Verteilung der Partikel erlauben Stichproben aus dem Muskelgewebe nur eine unvollkommene Abschätzung der Bleibelastung durch die Munition. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass Splitter bei früheren Untersuchungen auch noch 30 cm vom Schusskanal entfernt gefunden wurden, das beaufschlagte Gewebavolumen also ziemlich groß ist.

Bei einer Reihe von mit bleihaltiger Munition erlegten Wildtieren (Rehwild und Wildschweinen) wurde deshalb das verzehrbare Muskelgewebe innerhalb eines Zylinders mit 30 cm Radius um den Schusskanal komplett abgelöst, trocken verascht (verbrannt) und in eine Lösung überführt. Dies betraf in einigen Fällen mehr als die Hälfte des verwertbaren Fleischanteils. Um die äsungsbedingte homogen verteilte Grundbelastung festzu-

stellen, wurde des weiteren an einigen definitiv nicht mit Splintern belasteten Stellen punktuell Gewebe entnommen und nach dem Standardverfahren mit dem Mikrowellengerät aufgeschlossen. Bei bisher 10 auf diese Art und Weise untersuchten Stück Rehwild befanden sich im Bereich der Schusskanäle Bleimengen zwischen ca. 10 und 500 Milligramm Blei. Hierbei wurden Gewebeteile unmittelbar am Schusskanal nicht einbezogen, die normalerweise auch von den Erlegern beim Zerwirken entfernt und verworfen werden. Bei einigen der Tiere wurden sie erst nachträglich bei der Probenaufarbeitung herausgeschnitten, so dass diese hoch kontaminierten Gewebe für eine separate Bleibestimmung zur Verfügung standen. Bleimengen von bis zu 600 Milligramm in einer Gewebemasse von ca. 500 Gramm bestätigen die Notwendigkeit dieser jagdlichen Praxis. Demgegenüber lag die äsungsbedingte Bleimenge im gesamten verzehrbaren Fleischanteil unterhalb von 50 Mikrogramm je Tierkörper. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass unter den Bedingungen der Aufarbeitung sämtliche vorhandenen Metallsplinter komplett in Lösung gehen. Unter physiologischen Bedingungen werden größere Metallteile den Verdauungstrakt nur oberflächlich angelöst passieren, eventuell wurden sie auch bereits vorher bei der Zubereitung oder beim Kauen ausselektiert. Die oben angegebenen Mengen an Blei werden also nur zu einem Bruchteil im menschlichen Körper aufgenommen werden.

Anschriften der Erstautoren

Abeln, Gerd, Deutscher Fachverlag, Redaktion Fleischwirtschaft, Mainzer Landstraße, 60326 Frankfurt/Main

Bolling, Janina, Dr., Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Dederer, Irina, Dr., MRI Kulmbach*, Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch

Delgado, Antonio, Prof. Dr.-Ing., Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Cauerstraße 4, 91058 Erlangen

Dörfler, Katharina, MRI Kulmbach*, Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch

Franke, Knut, Dr. DIL – Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik, Prof.-von-Klitzing-Str. 7 49610 Quakenbrück

Geier, Dominik Ulrich, Dipl.-Ing., Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie, TU München, Weißenstephaner Steig 20, 85354 Freising

Götschmann, Dirk, Prof. Dr., Julius-Maximilian-Universität Würzburg, Institut für Geschichte, Professur f. Neuere und Neueste Geschichte unter Berücksichtigung der Landesgeschichte, Am Hubland, 97074 Würzburg

Jira, Wolfgang, Dr., MRI Kulmbach*, Arbeitsgruppe Analytik

Kabisch, Jan, MRI Kiel, Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Hermann-Weigmann-Str. 1, 24103 Kiel

Lange, Stephanie, Dipl.-Ing., Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV), Heidelberger Str. 20, 01189 Dresden

Lautenschläger, Ralf, Dr., MRI Kulmbach*, Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Internationales Kompetenzzentrum für Fleischqualität

Lick, Sonja, Dr., MRI Kulmbach*, Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch

Machtolf, Muriel, MRI Kulmbach*, Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch

Nagel, Martin, Dr., Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Cauerstraße 4, 91058 Erlangen

Petzet, Anja, Dr., Josefstraße 3A 85551 Kirchheim b. München

Scheuer, Rainer, Dr., MRI Kulmbach*, Arbeitsgruppe Analytik

Schmidt, Heinar, Dr., Universität Bayreuth, Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität E.-C.-Baumann-Straße 20, 95326 Kulmbach

Schwind, Karl-Heinz, Dr., MRI Kulmbach*, Arbeitsgruppe Analytik

Sönnichsen, M., MRI Kulmbach*, Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch

Wagner, Hubertus, Dr., MRI Kulmbach*, Arbeitsgruppe Analytik

*Max Rubner-Institut, Standort Kulmbach, E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326 Kulmbach