

Entwicklung von Analysemethoden zur Etablierung einer online-fähigen Beurteilung von Fleisch

(Teilprojekt 6 im DFG/AiF-Cluster 4)

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Max-Rubner-Institut (MRI) Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel Arbeitsgruppe Analytik, Kulmbach Prof. Dr. Fredi Schwägele/Dr. Aneka Bauer
Forschungsstelle II:	Universität Bayreuth Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität, Kulmbach Prof. Dr. Stephan Clemens/Dr. Heinar Schmidt
Forschungsstelle III:	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), Erlangen Dr. Hubert Diepolder
Industriegruppen:	VDMA Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e.V., Frankfurt Verband der Fleischwirtschaft e.V. (VDF), Bonn Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie e.V. (BVDF), Bonn
	Projektkoordinator: Frank Schmidt BANSS Schlacht- und Fördertechnik GmbH, Biedenkopf
Laufzeit:	2010 – 2013
Zuwendungssumme:	€ 441.300,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Fleisch stellt als wichtige Proteinquelle einen wesentlichen Teil der menschlichen Ernährung dar. Händler und Verbraucher erwarten hygienisch einwandfreie, hochqualitative und nachhaltig erzeugte Produkte. Die große Verzehrmenge führt in der Erzeugung zu einem hohen Einsatz von Ressourcen. Es ist daher von allgemeinem gesellschaftlichen Interesse sowie im Sinne der Umweltschonung, diese Ressourcen sparsam und effizient einzusetzen. Diese Zielsetzung bedingt eine ganzheitliche Optimierung in der Erzeugung von Fleischwaren.

Bei der Feinerlegung von Schweinefleisch zur Herstellung von Schinken erfolgt - im Unter-

schied z.B. zur Grobzerlegung - die Verarbeitung infolge mangelnder Automatisierungsmöglichkeiten derzeit hauptsächlich in manueller Form. Das betrifft insbesondere das Auslösen von qualitativ hochwertigen Fleischteilen vom Knochen. Die Fleischstücke werden durch Mitarbeiter zerteilt, die zugleich die Qualität beurteilen und anhand dieser Beurteilung die Stücke sortieren und die weitere Verwendung festlegen. Dabei erfolgt auch eine visuelle Prüfung der Stücke bezüglich unerwünschter Gewebeveränderungen, z.B. durch Abszesse, und anderen Qualitätsfehlern. Hier gilt es, aus wirtschaftlicher Sicht und im Sinne des Verbraucherschutzes eine möglichst umfassende Gewinnung aller wertvollen Bestandteile unter möglichst geringen Verlusten bzw. Verunreinigungen, beispielsweise durch Knochensplitter, zu garantieren. Diese körperlich

anstrengende Tätigkeit ist monoton und damit fehleranfällig, da immer die gleichen Schnitte ausgeführt werden müssen. Zudem erfordert die Variabilität der Einzelstücke eine jeweils individuelle Auswahl der optimalen Schnittführung. Erschwerend kommt hinzu, dass diese Arbeiten aus hygienischen Gründen bei sehr niedrigen Temperaturen, in der Regel bei unter 10°C, durchgeführt werden. Eine Automatisierung der Feinerlegung von Fleisch kann deshalb einen Beitrag zur körperlichen Entlastung des Menschen, zur Verbesserung der Lebensmittelsicherheit sowie zur Erhöhung der Ausbeute an Qualitätsfleisch leisten und damit letztlich zur Schonung von Ressourcen beitragen.

Ziel des [DFG-/AiF-Clusters „Minimal Processing in automatisierten Prozessketten der Fleischverarbeitung“](#) war es daher, hierfür im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsansatzes die Grundlagen zu legen.

Ziel des Teilprojekts 6 war es, potentiell onlinefähige Verfahren zu entwickeln und zu validieren. Es handelt sich dabei um ultraschallbasierte Diagnosesysteme sowie Sensoren zur Bestimmung mikrobieller Kontaminationen durch Autofluoreszenzsignaturen und Milchsäurebildung nach der Schlachtung durch Raman-Spektroskopie. Des Weiteren setzte sich dieses Vorhaben mit einem neuartigen Ansatz zur Online-Bestimmung der Fleischfarbe und der Schätzung des Wasserbindungsvermögens des Fleisches auseinander. Nicht zuletzt trug dieses Vorhaben ganz wesentlich zur Umsetzung der automatisierten Fleischzerlegung nach dem Prinzip des Minimal Processings durch Erarbeitung, Umsetzung und Optimierung eines HACCP-Konzeptes unter besonderer Berücksichtigung der rechtlichen Bewertung bei.

Forschungsergebnis (Teilprojekt 6):

Im Rahmen von Teilprojekt 6 wurden systematische Untersuchungen durchgeführt zur Evaluierung der Online-Tauglichkeit bestehender und neuer Diagnoseverfahren zwecks Prüfung der Qualitätsmerkmale von Fleisch in Hinblick auf eine weitere Automatisierung der Prozesskette. Hierzu gehörte als essentielles Ergebnis die Bereitstellung eines erprobten, hinsichtlich seiner Funktionalität einzigartigen Multiparameter-Testensors zur Sortierung der Fleischqualität. Als Basis der Evaluierung dieses Sensors dient der „Modelldatensatz Schinken“, der aus 10 exper-

imentell ermittelten Qualitätsparametern mit Referenzmethoden und neuen, potenziell online-tauglichen Verfahren an 181 Schinken bestand. Die in der Stichprobe des Modelldatensatzes auftretenden Qualitäten lassen sich in acht verschiedene Gruppen aufteilen. Diese bildeten die Basis für ein Fließschema, welches anhand der Offline-Referenzwerte pH₄₅ (pH-Wert 45 min p.m.), pH₂₄ (pH-Wert 24 h p.m.), L*-Wert (Helligkeit des Fleisches) und Tropfsaftverlust alle Proben automatisch in die Qualitätsgruppen sortiert. In diesem Kontext lieferten Raman-Daten deutlich bessere Korrelationen als andere Diagnoseverfahren. Diese Aussage betrifft sowohl den pH-Wert als auch den Tropfsaftverlust. Dies ermöglicht eine schnelle, nicht-invasive Einteilung der Proben in die Fleischqualitätsgruppen mit extremen Abweichungen (PSE- und DFD-Fleisch). Dabei besitzt die Raman-Spektroskopie eine hohe Praxistauglichkeit, wie ein Feldversuch mit 150 Schinken eindrucksvoll belegte. Das unter besonderer Berücksichtigung eines generalisierten Minimal Processings für den Gesamtablauf der Zerlegung erstellte Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)-Konzept rundet die Praxistauglichkeit ab.

Forschungsergebnis (Gesamtcluster):

Im Rahmen des Clusters wurden die Grundlagen für eine automatisierte Fleischverarbeitung mittels Roboter geschaffen. Es wurde ein Diagnoseinstrumentarium entwickelt, das die dreidimensionale Online-Erfassung der äußeren Schinkentopologie, der Lage von Knochen und Faszien sowie die Detektion von Fleischimperfectionen (wie Abszessen) umfasst. Dazu dienen - auch algorithmisch - hochentwickelte bildgebende Verfahren. Mit dem erstmaligen Einsatz der Raman-Spektroskopie kommt ein nicht-invasives, optisches Charakterisierungswerkzeug zum Einsatz, dessen Potentiale in der Lebensmittelverarbeitung bisher völlig unerkannt geblieben sind. Diese Technik erwies sich als probate Diagnose- und Prognosemethode für Größen, wie pH-Wert, Fleischqualität, Tropfsaftverlust) und Fleischfestigkeit. Als weiteres nicht-invasives Diagnoseverfahren wurden Fluoreszenzmethoden zur Bestimmung des Hygienezustandes des Fleisches und der Zerlegebox eingesetzt.

Ebenfalls in der Fleischwirtschaft erstmalig eingesetzte Referenz-Petri-Netze (RPN) bilden den informationstechnologischen Kern der automatisierten, roboterbasierten Feinerlegung. Sie bieten die Möglichkeit, die Komplexität des Zerle-

gungsprozesses zu modellieren, zu simulieren und im Sinne eines generalisierten Minimal Processings zu optimieren. Dabei berücksichtigen die RPN so unterschiedliche Informationen wie den minimalen Energieeinsatz und die optimale Schnittbahnführung für den Roboter sowie die Fleischqualität und das HACCP-Konzept andererseits.

Wirtschaftliche Bedeutung:

In Deutschland wurden im Jahr 2012 ca. 8,77 Mio. t Fleisch (davon ca. 5,5 Mio. t Schweinefleisch) erzeugt. Die Anzahl der Schlachtungen lag bei Schweinen bei 58,2 Mio. Tieren. In der Schlachtung (ohne Geflügel) und in der Fleischverarbeitung waren 2012 ca. 83.000 Beschäftigte in 1.260 Betrieben tätig. Der Umsatz der Branche betrug 36,7 Mrd. €.

Die Ergebnisse des Clustervorhabens sind nicht nur für die fleischverarbeitende Industrie von Relevanz, sondern gleichermaßen für den Maschinenbau und die Hersteller von Sensoren sowie von Informations- und Automatisierungstechnik. Die Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinenindustrie gehört mit einem Produktionsvolumen von 11,4 Mrd. € (2012) zu den größten Fachzweigen im deutschen Maschinenbau. 600 Unternehmen mit etwa 58.000 Beschäftigten sind in diesem Sektor tätig. Dabei stellt der Fleischverarbeitungsmaschinenbau mit einem Produktionsvolumen von 845 Mio. € die größte Teilbranche dar. Die Bedeutung dieser Teilbranche zeigt sich auch darin, dass ihr Welt-handelsanteil bei über 30 % liegt.

Die Erarbeitung einer neuartigen Zerlegetechnik für Fleisch, inkl. der Entwicklung der dazu notwendigen Sensor- und Automatisierungstechnik, bietet den Unternehmen dieser Branche die Chance, ihre Marktstellung durch innovative Produkte zu sichern und auszubauen.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2014.
2. [Minimal Processing in automatisierten Prozessketten der Fleischverarbeitung – Zentrale Ergebnisse des gleichnamigen DFG/AiF-Clusterprojektes.](#) (Hrsg. FEI). ISBN 978-3-925032-52-3 (2014).
3. Scheier, R., Scheeder, M. und Schmidt, H.: Prediction of pork quality at the slaughter

line using a portable Raman device. Meat Sci. 103, 96-103 (2015).

4. Scheier, R., Bauer, A. und Schmidt, H.: Early postmortem prediction of meat quality traits of porcine semimembranosus muscles using a portable Raman system. Food Bioprocess Technol. 7, 2732-2741 (2014).
5. Bauer, A.: Meat Quality – standard methods and new approaches. Proc. 3th Ann. Conf. Body Carcass Eval., Meat Qual., Softw. Trace., Copenhagen Taastrup, Denmark, 117-120 (2014).
6. Delgado, A. et al.: Minimal Processing in automatisierten Prozessketten der Fleischverarbeitung - Zentrale Ziele und Ergebnisse des gleichnamigen DFG/AiF-Clusterprojektes. Rundsch. Fleischhyg. Lebensmittelüberw. 66, 262-266 (2014).
7. Bauer, A., Petzet, A., Schwägele, F., Scheier, R. und Schmidt, H.: Towards an online assessment of meat quality in pork. In: Proc. 59th Intern. Congr. Meat Sci. Technol. (ICoMST) 2013, Ege University Izmir, Food Engin. Dep., Paper S7B-20, 1-5 (2013).
8. Petzet, A., Scheier, R., Octoviani, A., Bauer, A., Hammon, A., Diepolder, H. und Schmidt H.: Entwicklung von Analysemethoden zur Etablierung einer online-fähigen Beurteilung der Fleischqualität. Fleischwirt. 93 (5), 84-87 (2013).
9. Schmidt, A., Scheier, R., Octoviani, A., Agarkov, N. und Petzet, A.: Neue Ergebnisse zur Bestimmung der Qualität von Schweinefleisch mittels Raman-Spektroskopie. Mittbl. Fleischforsch. Kulmbach 51 (198), 219-225 (2012).
10. Schmidt, H., Scheier, R., Octoviani, A., Agarkov, N. und Petzet A.: Bestimmung der Qualität von Schweinefleisch mittels Raman-Spektroskopie. Rundsch. Fleischhyg. Lebensmittelüberw., 65, 17-19 (2013).

Weiteres Informationsmaterial:

Max-Rubner-Institut (MRI)
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel
Arbeitsgruppe Analytik
E.-C.-Baumann-Straße 20, 95326 Kulmbach
Tel.: +49 9221 803-200
Fax: +49 9221 803-303
E-Mail: fredt.schwaegele@mri.bund.de

Universität Bayreuth
Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität
E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326 Kulmbach
Tel.: +49 9221 87803103
Fax: +49 921 55-843086
E-Mail: heinar.schmidt@uni-bayreuth.de

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Le-
bensmittelsicherheit (LGL)
Eggenreuther Weg 43, 91058 Erlangen
Tel.: +49 9131 764-424
Fax: +49 9131 764-202
E-Mail: hubert.diepolder@lgl.bayern.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.