

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

(Teilprojekt 3 im DFG/AiF-Cluster 4)

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle:</b>	Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV), Dresden Prof. Dr. Jens-Peter Majschak/Dr. Marc Mauermann
<b>Industriegruppen:</b>	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
<b>Laufzeit:</b>	2010 – 2013
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 410.100,-- (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 Unterschied 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 festle-

gen. 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 3 war die Integration der Sensoren und Aktoren in die zu entwickelnde Positionier- und Handlungseinheit. Als entscheidend erwies sich die reinigungs- und hygienegerechte Ausführung der Zerlegebox unter besonderer Berücksichtigung des generalisierten Minimal Processings. Hierzu gehörte auch die erstmalige Realisierung einer automatischen Auslösung von Reinigungsschritten bei Überschreitung eines definierten Hygienekriteriums.

#### Forschungsergebnis (Teilprojekt 3):

Im Rahmen von Teilprojekt 3 wurde ein nach Gesichtspunkten des Minimal Processings vorzunehmendes systematisches Design der Beobachtungs- und Schnittrihenfolge sowie des Maschinenkonzeptes inkl. der Online-Bestimmung des Hygienezustandes entwickelt. Die Beobachtungsreihenfolge beinhaltete (i) die automatisierte Einteilung des Verarbeitungsgutes in linken und rechten Schinken, (ii) die Erstellung eines digitalen Abbildes der Schinkenoberfläche aus dreidimensionalen Koordinaten, (iii) die Ermittlung der ungefähren Lage weiterer wichtiger Gewebsregionen (Kniescheibe und Schlossknochen) und (iv) die Detektion der inneren Gewebestruktur (Lage der Knochen und Faszien) mittels Ultraschall zur Berechnung der Schnittbahnen. Im Sinne des Minimal Processings sollte die Schnittrihenfolge zu möglichst wenigen Schnitt- und Handlungsvorgängen führen. Dabei hatte es sich als vorteilhaft erwiesen, die Anschnitte am Schwanz- und Schlossknochen sowie die Anschnitte entlang der Faszien zuerst durchzuführen. Hieran schließt sich in der Reihenfolge die Auslösung der Ober- und Unterschale, Nuss, Unterschale und Hüftstück an. Diese vier wertgebenden Fleischteile werden durch Trennen entlang der Faszien und Trennschnitte vom Röhrenknochen ausgelöst.

Das Maschinenkonzept geht zunächst von einer zentralen schwenkbaren Fixiereinheit mit vier peripheren Bearbeitungsstationen in jeweils 90°-Schritten aus. Ein optisch abgeschirmtes Sensormodul beherbergt die Kontaminations- und Topologiedetektionseinheiten. Das in 90° hierzu angeordnete Zerlegemodul besteht aus zwei 6-Achs-Industrierobotern, welche zu-

nächst Diagnoseaufgaben dienen. Der Handlingsroboter führt den Raman-Sensor und der Schneidroboter den Ultraschallsensorkopf. Die hier erhaltenen Informationen ergeben in einem ersten Schritt eine automatisierte Aussage zur Qualität des Fleisches und somit zu deren Zerlegung oder Ausschleusung. Darüber hinaus ermöglichen sie die Berechnung optimaler Schnittbahnen.

Die Diagnose des Hygienestatus der Zerlegebox geht auf eine neuartige, fluoreszenzbasierte Messtechnik zurück, welche den Reinigungsverlauf sowohl orts- als auch zeitaufgelöst auswertet.

#### 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 Hygienestatus 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 Zerlegungsprozesses 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.

4. 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).
5. Fecht, N.: Online-Qualitätserfassung in der Fleischverarbeitung. VDMA-Nachrichten 90 (3), 66-72 und Robot, 214 (9), 43-45 (2013).
6. Mauermann, M., Lange, S. und Martin, A.: Maschinenkonzept für die maschinelle Feinzerlegung von Schinken. Fleischwirt 93 (7), 85-88 (2013).

### Weiteres Informationsmaterial:

Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV)  
Heidelberger Str. 20, 01189 Dresden  
Tel.: +49 351 43614-30  
Fax: +49 351 43614-59  
E-Mail: jens-peter.majschak@avv.fraunhofer.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

### 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. Mauermann, M.: Automatisierte Feinzerlegung von Schinken. Rundsch. Fleischhyg. Lebensmittelüberw. 12, 445-447 (2014).

... 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.