

Digitale Bildgebung entlastet Kontrolle

Kamerasysteme halten Einzug in die amtliche Fleischuntersuchung

Die amtliche Schlacht-tier- und Fleischuntersuchung ist entscheidend für die Lebensmittelsicherheit. Doch Personalmangel und steigende Anforderungen setzen das System unter Druck. Der Einsatz moderner Kamerasysteme könnte hier künftig Abhilfe schaffen – vorausgesetzt, ihre Zuverlässigkeit wird behördlich anerkannt.

Von Lis Alban, Daniel Hjorth Lund und Abbey Olsen

Bei der Ankunft im Schlachthof werden die Schlacht-tiere einer amtlichen Schlacht-tieruntersuchung unterzogen, um festzustellen, ob diese Tiere für den menschlichen Verzehr geeignet erscheinen und keine Anzeichen von Krankheiten oder mangelhaftem Tierwohl zeigen. Nur wenn dies gewährleistet ist, werden die Tiere geschlachtet. Danach werden Schlacht-körper und Organe einer amtlichen Fleischuntersuchung unterzogen, um nochmals sicherzustellen, dass diese genusstauglich für den menschlichen Verzehr sind. Die Fleischuntersuchungen werden von amtlichen Tierärzten oder unter deren Verantwortung arbeitenden amtlichen Fachassistenten durchgeführt, die in der Identifizierung von Krankheiten, Tierwohlproblemen, Kontaminationen und anderen auch schlachttechnisch bedingten Veränderungen geschult sind. Diese Kontrollen bilden den Eckpfeiler der Lebensmittelsicherheit, wenngleich sie auch als subjektiv zu betrachten sind und durch Faktoren wie Erfahrung, Ermüdung oder Umfeldbedingungen beeinflusst werden. Eine weitere Herausforderung bildet der Personalmangel in vielen europäischen Ländern, da immer mehr amtliche Tierärzte und amtliche Fachassistenten in den Ruhestand treten und Neueinstellungen aufgrund von Bewerbermangel stets schwieriger werden.

Neue Technologie mit Herausforderungen in Sicht

Kamerasysteme kommen zunehmend zum Einsatz, unter anderem bei der Auswertung von Röntgen-

bildern im Zusammenhang mit Krebsdiagnosen bzw. -behandlungen. Dabei liefern Kameras Fotos, die anhand von Algorithmen automatisch analysiert werden und Input für die Diagnose liefern. Kamerasysteme kommen auch bereits in unterschiedlichen Prozessen der Schlachtung zum Einsatz – bislang allerdings noch nicht in der amtlichen Schlacht-tier- und Fleischuntersuchung von Schweinen und Rindern, obwohl dies möglicherweise die Qualität und Skalierbarkeit der Inspektion verbessern könnte. Die Anwendung der Kamerasysteme in der amtlichen Schlacht-tier- und Fleischuntersuchung erfordert allerdings auch eine behördliche Zulassung und diese wiederum den Nachweis, dass der Einsatz der Kamerasysteme Ergebnisse liefert, welche die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der bestehenden Fleischinspektion erfüllen oder übertreffen.

Wie validiert man solche Systeme?

Die Frage ist, wie man derartige über das menschliche Sehvermögen hinausgehende Verfahren

validiert. Lehrbücher würden den Vergleich mit einem Goldstandard vorschlagen. Jedoch beinhaltet das Urteil eines amtlichen Tierarztes oder Fachassistenten die oben beschriebenen Unsicherheiten, weshalb es unpraktisch und möglicherweise irreführend wäre, Ergebnisse von Kamerasystemen mit einer gründlichen pathologischen Untersuchung zu vergleichen, da Zeitbeschränkungen ein inhärenter Bestandteil der Inspektion sind. Ein Lösungsvorschlag wäre ein Bayesianisches latentes Klassenmodell, ein statistischer Ansatz, bei dem die Leistung von Kamerasystemen mit der von amtlichen Tierärzten und Fachassistenten unter der Annahme verglichen wird, dass beide Verfahren unvollkommen sind. Die neueste wissenschaftliche Publikation (LUND et al., 2025a) liefert ein Beispiel für diesen Ansatz, das reale Daten aus einem dänischen Schweineschlachthof verwendet. Den Schwerpunkt bildet der Nachweis einer fäkalen Kontamination des Schlacht-tierkörpers, welche ein nicht unerhebliches Defizit in der Lebensmittelsicherheit zur Folge haben kann. Ein Beispiel dafür liefert Abb. 2.

Entwickeltes Kamerasystem im menschlichen Vergleich

Das Dänische Technologische Institut hat ein Kamerasystem mit dem Namen „Vision“ entwickelt. Die Version aus dem Jahr 2024 verwendet eine Kombination aus Rot-Grün-Blau- (RGB) und Nah-Infrarot- (NIR) Kameras (n=12), die 24 zusammengesetzte Bilder pro Schlacht-tierkörper erzeugt, welche für die nachfolgende Verarbeitung verwendet werden (Abb. 1). Die Daten dieser Studie wurden im Jahr 2024 an 16 Tagen im Schlachthof erhoben und umfassen 69 215 Schlacht-tierkörper. Für jeden Schlacht-tierkörper wurden die Vision-Ergebnisse bezüglich fäkalen Kontamination mit denen der amtlichen Tierärzte und Fachassistenten verglichen, wobei deren Daten auch andere Befunde als die fäkalen Kontamination umfassten.

Zur Validierung des Vision-Systems wurde ein Bayesianisches latentes Klassenmodell verwendet, das die Muster in den Ergebnissen des Kamerasystems und der amtlichen Tierärzte und Fachassistenten vergleicht. Da keine der beiden Methoden perfekt und der tatsächliche Kontaminationsstatus unbe-

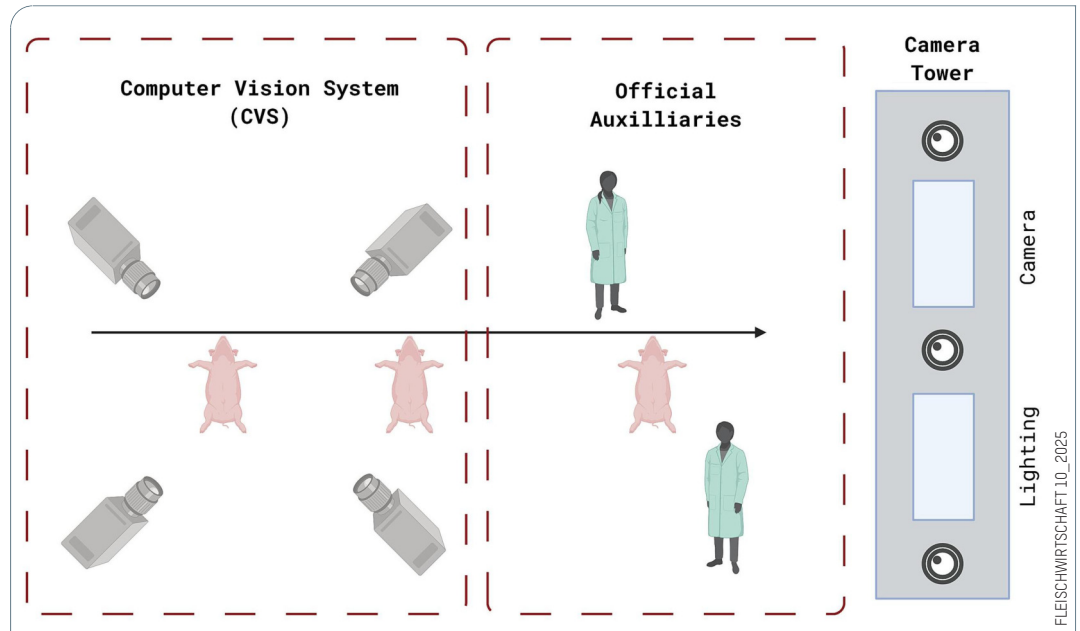


Abb. 1: Grafische Darstellung des Kamerasystems Vision (Official meat inspection = amtliche Fleischuntersuchung) Quelle: Alban

kannt ist, behandelt das Modell diesen als latente (nicht beobachtete) Variable. Das Modell untersucht, wo die beiden Methoden übereinstimmen bzw. nicht übereinstimmen, um abzuschätzen, wie gut sie Kontaminationen jeweils korrekt identifizieren. Dies beinhaltet die Abschätzung der Sensitivität (wie oft eine Kontamination korrekt erkannt wird, wenn sie vorhanden ist) und der Spezifität (wie oft ein sauberer Schlachtkörper korrekt identifiziert wird). Auf Grundlage der erfassten Daten führt das Modell Hunderttausende von simulierten Szenarien durch und verwendet die beständigsten Muster, um die tatsächliche Leistung des Vision-Systems abzuschätzen (siehe LUND et al., 2025a).

Öl und fäkale Kontamination nicht unterscheidbar

Die vor der Modellierung durchgeführten deskriptiven Analysen identifizierten vier Ergebnisse der Fleischuntersuchung, die statistisch mit einem erhöhten relativen Risiko

(RR) verbunden waren, dass ein Schlachtkörper positiv getestet wird. Diese waren: 1) Abszess in den Hintergliedmaßen, 2) Abszess in den Klauen, 3) geringfügige Schlachtfehler und 4) Ölverschmutzung. Von diesen zeigte die Ölverschmutzung ein besonders hohes RR. Um dies näher zu untersuchen, haben wir uns die Schlachtkörper angesehen, die die

amtlichen Tierärzte und Fachassistenten als frei von fäkaler Kontamination eingestuft hatten (Tab. 1). Bei diesen Schlachtkörpern war der Nachweis von Öl durch Fleischinspektoren mit einer 4-mal höheren Wahrscheinlichkeit verbunden, dass Vision fäkale Kontamination nachweist im Vergleich zu den Schlachtkörpern, bei denen das amtliche

Personal kein Öl feststellen konnten (RR = 4,1, P < 0,001). Demnach konnte Vision Öl nicht von fäkaler Kontamination unterscheiden. Obwohl eine fäkale Kontamination als relevanter für die Lebensmittelsicherheit gilt als Öl, wird dies nicht als großes Problem angesehen, da beide Kontaminationen entfernt werden müssen.

Fleischuntersuchung

Tab. 1: Zusammenhang zwischen vorhandenen Ölkontaminationen (+/-) an einem dänischen Schlachthof, die vom amtlichen Personal festgestellt wurden, und den von Vision beurteilten fäkalen Kontaminationen (+/-) an Schlachttierkörpern, die vom amtlichen Personal als frei von fäkalen Kontaminationen eingestuft wurden (LUND et al., 2025a).

Fleischunter- suchung	Vision Prozent (Anzahl)		Relatives Risiko	p-Wert
	Fäkal +	Fäkal -		
Öl +	29,6 % (208)	70,4 % (494)	4,1	<0,001
Öl -	7,2 % (4 773)	92,8 % (61 336)	1,0	

Quelle: ALBAN

FLEISCHWIRTSCHAFT 10_2025

Der X-Faktor in der hochwertigen Geflügelverarbeitung!

Mit unvergleichlicher Präzision erkennt SensorX Poultry automatisch Knochen und andere harte Verunreinigungen – einschließlich Metall und Glas – bei voller Produktionsgeschwindigkeit.



< Entdecken
Sie hier mehr



JBT Marel

**SensorX: Konsistenz. Präzision.
Vertrauen bei jedem Bissen.**

Verarbeitung

Die Ergebnisse des Bayesianischen Modells zeigten, dass Vision eine Sensitivität von 32 % und eine Spezifität von 98 % aufwies, während die Befundung des amtlichen Personals eine Sensitivität von 22 % und eine Spezifität von 99 % aufwies (Tab. 2). Somit liegt die Stärke von Vision in der Fähigkeit, echte Kontaminationen zu erkennen, während die amtliche Fleischuntersuchung falsch-positive Ergebnisse ausschließen kann. Das Bayesianische Modell kann die Ergebnisse von Vision gegenüber dem amtlichen Personal bewerten. Außerdem sind die Ergebnisse des amtlichen Personals wie z. B. Sensitivität und Spezifität sowie in Bezug auf andere Werte intuitiv verständlich. Zusammenfassend kann man sagen, dass dieses Modell einen robusten und flexiblen Rahmen für die Bewertung von Kamerasystemen bietet, ohne dass ein Goldstandard erforderlich ist.

Update der EU-Vorgaben erforderlich

Das EU-Hygienepaket (Lebensmittelhygieneverordnung) von 2004 bildet einen Grundstein für die öffentliche Gesundheit und das Vertrauen der Verbraucher (Food hygiene - European Commission), braucht aber nach mehr als 20 Jahren ein Update. Bislang gab es nur geringfügige Änderungen, obwohl z.B. auf dem Gebiet der Kamerasysteme große technologische Fortschritte gemacht wurden. Laut SANDBERG et al. (2023) wurden neue Technologien für den Einsatz in der Fleischuntersuchung entwickelt bzw. befinden sich in der Entwicklung. Wie die meisten Menschen mit ihren Smartphone-Kameras hochwertige Aufnahmen machen können und mit Gesichtserkennung vertraut sind, so sollten

derartige Technologien auch bei der Fleischuntersuchung als effizientes Mittel zur Gewährleistung von Lebensmittelsicherheit, Tiergesundheit sowie Tierschutz und Tierwohl eingesetzt werden.

Es empfiehlt sich eine Anpassung der aktuellen Vorgaben zur Fleischkontrolle, sodass Kamerasysteme nicht nur als zusätzliches Mittel für das amtliche Personal, sondern in sinnvollen Bereichen auch als Ersatz für das amtliche Personal zum Einsatz kommen können. Ein Beispiel liefert die hier beschriebene fäkale Kontamination. Zwei weitere Beispiele betreffen den Nachweis von chronischer Pleuritis (LUND et al., 2025b) sowie vergrößerten Hoden bei nicht chirurgisch kastrierten Ebern, die ein Anzeichen für Brucellose sein können (ALBAN et al., 2025). So könnte man mithilfe von Kamerasystemen die Schlachtierkörper mit fäkaler Kontamination, chronischer Pleuritis oder vergrößerten Hoden zur individuellen Prüfung durch das amtliche Personal in den Nachkontrollbereich, das sogenannte Trimmband, leiten. Ein weiteres Beispiel liefern, wie von POULSEN et al. (2025) vorgeschlagen, Smartphone-Videoaufnahmen für die Online-Schlachtieruntersuchung als „Ferninspektion“ im Falle einer Not Schlachtung eines Rindes, welches z.B. aufgrund einer Hüftluxation nicht mehr aufstehen kann.

Die Geflügelfleischkontrolle weist den Weg

Der Einsatz von Kamerasystemen könnte die Qualität und Skalierbarkeit der Fleischuntersuchung verbessern, unter anderem weil die Beurteilung nicht nur in einzelnen Schlachthöfen, sondern auch zwischen allen Schlachtbetrieben und Mitgliedstaaten standardisiert werden könnte. Letzteres würde



Abb. 2: Beispiel einer möglichen fäkalen Kontamination Foto: Dänisches Technologisches Institut

eine Standardisierung der Liste der Befundcodes erfordern, da diese derzeit von Land zu Land erhebliche Unterschiede aufweisen (ALBAN et al., 2022). Darüber hinaus sollten, wie von VIEIRA-PINTO et al. (2022) vorgeschlagen, die Kriterien für die negative Beurteilung harmonisiert werden, so dass einheitlich entschieden werden kann, wann ein Befund so schwerwiegend ist, dass er festgestellt wird und zum Ausrangieren und damit zum Verwurf führt. Inspiration liefert die Arbeit von MAJEWSKI et al. (2024), die ein System aus 13 Codes für Geflügel entwickelt haben. Geflügel wird vermutlich die erste Tierart sein, bei ein Kamerasystem in der Schlachtier- und Fleischuntersuchung

eingesetzt wird, da die amtlichen Fachassistenten bei den aktuellen Schlachtverfahren etwa drei Broiler pro Sekunde beurteilen müssen, eine äußerst schwierige, wenn nicht gar unmögliche Aufgabe. Dies wurde in der EU-Gesetzgebung bereits berücksichtigt, die den Kamerasystem-Einsatz in der Fleischuntersuchung von Geflügel in der EU grundsätzlich erlaubt.

Definition von CVS-Kriterien für einen Leitfaden sinnvoll

Die Definition von Kriterien, wann KI-Kamerasysteme akzeptable Ergebnisse liefern können, wäre sinnvoll und könnte Entwicklern als Leitfaden dienen. Unseres Erachtens sollte man CVS vor der Implementierung im Rahmen der amtlichen Fleischuntersuchung validieren. Darüber hinaus empfiehlt es sich, dass dies den Vergleich mit der bestehenden Fleischuntersuchung beinhaltet, z.B. unter Verwendung des Bayesianischen latenten Klassenmodells, und dass die Validierung selbstverständlich akzeptable Ergebnisse aufweisen muss. Um Transparenz und Akzeptanz zu gewährleisten, sollte man die Validierungsergebnisse in einer wissenschaftlich begutachteten (peer-review) Fachzeitschrift veröffentlichen.

Vergleich

Tab. 2: Geschätzte Sensitivität und Spezifität für vom Vision-System bzw. vom amtlichen Personal nachgewiesenen fäkalen Kontaminationen auf einem Schweineschlachtierkörper (LUND et al., 2025a).

Erkennungsart	Sensitivität Median (95 % CI*)	Spezifität Median (95 % CI*)
Vision-System	31,6 % (27,6 %-39,1 %)	97,9 % (96,1 %-99,9 %)
Fleischuntersuchung	22,0 % (17,6 %-28,9 %)	99,3 % (98,2 %-100 %)

Quelle: ALBAN

FLEISCHWIRTSCHAFT 10_2025

Kommunikation mit der EU-Kommission

Die Arbeit wurde am 23. Mai 2025 der Expertengruppe für Lebensmittelhygiene und Kontrolle von Lebensmitteln tierischen Ursprungs der EU-Kommission vorgelegt. Anderen Forschenden und Fachkräften wird empfohlen, ihre Erkenntnisse vor diesem Ausschuss zu präsentieren und so die Fülle und Vielfalt der gegenwärtigen Entwicklungsvorhaben zu illustrieren.

Im weiteren Schritt wäre es sinnvoll, durch entsprechende Gesetzgebung eine breitere Anwendung von Kamerasystemen in der Schlachttier- und Fleischuntersuchung von Schweinen und Rindern zu ermöglichen, wie sie heute bei Geflügel bereits üblich ist. Zunächst sollte dies in Form von Pilotprojekten in Schlachtbetrieben unter Einhaltung der Anweisungen in Artikel 18 (9) der EU-Verordnung 2017/625 (EU-Parlament und Rat, 2017) erfolgen.

So könnten amtliche Tierärzte und Fachassistenten und Lebensmittelunternehmen Erfahrungen und Erkenntnisse sammeln, wie die Schlachttier- und Fleischuntersuchung besser und effizienter gestaltet werden können, und genau definieren, welche Kriterien erfüllt sein müssen, damit bestimmte Bereiche der Fleischuntersuchung durch Kamerasysteme ersetzt werden können.

Danksagungen

Die Autoren danken Troels Suhr Skovgård und Jeppe Seidelin Dam vom Dänischen Technologischen Institut für ihre wertvolle Unterstützung bei der Datenerhebung und die Bereitstellung technischer Erkenntnisse bezüglich CVS sowie Maybritt Kiel Poulsen vom Dänischen Fachverband der Land- & Ernährungswirtschaft, Franziska Hakansson vom Dänischen Technologischen Institut und Diana Meemken von der Freien Universität Berlin für ihre Kommentare.

Literatur

1. ALBAN, L., VIEIRA-PINTO, M., MEEMKEN, D., MAURER, P., GHIDINI, S., SANTOS, S., GÓMEZ LAGUNA, J., LAUKKANEN-NINIOS, R., ALVSEIKE, O., LANGKABEL, N., 2022. Differences in terminology and frequency of findings in meat inspection of finishing pigs in seven European countries. *Food Control*, 132, 1988394. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.10839> – 2. ALBAN, L., DRESLING A., POULSEN, M.K., 2025. What makes meat inspection of intact male pigs different from castreated? – a risk assessment for *Brucella suis* biovar 2. SafePork Conference, 6.-8. October 2025, Rennes, France. – 3. European Parliament and the Council, 2017. EU Regulation 2017/625. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0625> – 4. HUNKA, A., VANACORE, E., MEDIN, I., GJONA, E., KAUTTO, A.H. (2023): Official control in slaughter and game handling: expectations and prerequisites for implementation of remote meat inspection in Sweden, *J. Food Protect.* 87,

100196. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100196> – 5. LUND, D.H., ALBAN, L., HANSEN, C., DALSGAARD, A., DENWOOD, M., OLSEN, A., 2025a. Using latent class modelling to evaluate the performance of a computer vision system for pig carcass contamination. *Prev. Vet. Med.*, 241, 106556. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2025.106556> – 6. LUND, D.H., ALBAN, L., OLSEN, A., 2025. Assessment of the validity of a computer vision system for detecting chronic pleurisy in finishing pigs. *Proceeding of SVEPM. Berlin, Germany, 26-28 March 2025.* – 7. MAJEWSKI, M., ALBAN, L., JANSSON, D.S., LAZOU, T., LANGKABEL, N., ANTIC, D., KAUKKONEN, E., WALL, H., VIEIRA-PINTO, M., ØSTERGAARD, L., NIELSEN, O.G., GHIDINI, S., SANDBERG, M., 2024. Development of a harmonized and risk-based code system for post-mortem inspection of broilers. *Food Control*, 165, 110665. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110665> – 8. POULSEN, M.K., ALBAN, L., DRESLING, A., 2025. Pilot study of online ante-mortem inspection for emergency slaughtered cattle in Denmark. *Fron. Vet. Sci.* 12:1570452. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1570452> – 9. SANDBERG, M., GHIDINI, S., ALBAN, L., DONDONA, A.C., BLAGOJEVIC, B., BOUWKNEGT, M., LIPMAN, L., DAM, J.S., NASTASIJEVIC, I., ANTIC, D., 2023. Applications of computer vision systems for meat safety assurance in abattoirs: A systematic review. *Food Control*, 150, 109768. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109768> – 10. VIEIRA-PINTO, M., LANGKABEL, N., SANTOS, S., ALBAN, L., LAGUNA, J.G., BLAGOJEVIC, B., MEEMKEN, D., BONARDI, S., ANTUNOVIĆ, B., GHIDINI, S., MAURER, P., ALVSEIKE, O.,

LAUKKANEN-NINIOS, R., 2022. A European survey on post-mortem inspection of finishing pigs: Total condemnation criteria to declare meat unfit for human consumption. *Res. Vet. Sci.*, 152, 72-82.



Lis Alban

hat einen Dokortitel in Veterinärmedizin (DVM) sowie einen PhD in Veterinärepidemiologie und ist

Diplomatin des Europäischen Kollegs für Veterinär-Öffentliches Gesundheitswesen (European College of Veterinary Public Health). Sie ist als leitende Wissenschaftlerin beim Dänischen Landwirtschafts- und Ernährungsrat tätig. Darüber hinaus ist sie außerordentliche Professorin an der Universität Kopenhagen.



Daniel Hjorth Lund

hat einen DVM-Abschluss

von der Universität Kopenhagen. Derzeit ist er beurlaubt vom Dänischen Technologischen Institut.



Abbey Olsen

hat einen M. Sc. sowie einen

PhD in Veterinärepi-

demiologie. Sie ist als

Tenure-Track-Assistenz-

professorin an der Universität Kopenhagen tätig.

Anschrift

Lis Alban, lia@lf.dk;

Danish Agriculture & Food Council FmbA, Axelborg, Axeltorv 3, Kopenhagen

Keine Daten in Anzeige
25010XFLWX078

Landbrug&Fødevarer F.M.B.A
w:218m h:108m