

„Smart Barning“ – Digitalisierung in der Nutztierhaltung

THEMEN WINTER 2021

Aus dem Forscherbüro

Forscherguppen erlauben Einblicke in den gegenwärtigen Entwicklungs- und Forschungsstand von „smart barning“ bei den wichtigsten Tierarten Rind, Schwein und Geflügel. >> [Seite 6](#)

Aus der Praxis

Einsatz von sensorgestützten Herdenmanagementsystemen in der Praxis. >> [Seite 34](#)

Aus der Bibliothek

Vorstellung internationaler Publikationen zur „Digitalisierung in der Nutztierhaltung“. >> [Seite 48](#)

Aus der Ethik

Die Konsequenzen der Digitalisierung für Tier und Mensch sowie sozioökonomische Aspekte. >> [Seite 70](#)



Editorial

Sehr geehrte Damen und Herren,
ob Melkroboter, Sensoren zur Erfassung der Wiederkautätigkeit oder digitale Mikrofone zur Erkennung von Husten bei Schweinen – die Automatisierung und Digitalisierung hält, wie in vielen anderen Wirtschaftszweigen und Bereichen unserer Gesellschaft, auch in der Haltung landwirtschaftlich genutzter Tiere zunehmend Einzug. Die Zielsetzungen sind dabei vielfältig: das Management zu optimieren, die Tiergesundheit zu verbessern und das Tierwohl zu steigern, die Umweltverträglichkeit zu verbessern und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu stärken.

Aus Sicht der **Internationalen Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN)** stehen dabei die Auswirkungen auf Tierwohl und Tiergesundheit im Vordergrund. Im Hinblick auf die Tiergesundheit sollen Sensorsysteme Auffälligkeiten und Gesundheitsprobleme frühzeitig erkennen und dokumentieren. Die digitalen Systeme unterstützen die Tierhalterinnen und Tierhalter, indem die Technik die Einzeltierbeobachtung erleichtert. Auffällige Tiere können frühzeitig und gezielt untersucht und Erkrankungen behandelt werden, bevor sie klinisch sichtbar werden, das Tierwohl weiter einschränken und hohe Kosten verursachen. Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz ist aber eine hohe Genauigkeit bei der Erkennung erkrankter Tiere und letztendlich müssen die Tierhalterinnen und Tierhalter auch tatsächlich reagieren und Maßnahmen einleiten. Keinesfalls können die Systeme die tägliche Kontrolle und Tierbeobachtung ersetzen.

Über die Überwachung der Tiergesundheit hinaus bergen Sensortechnologien aber auch ein großes Potenzial hinsichtlich verhaltensbezogener Indikatoren des Tierwohls. Deren sensorgestützte Erfassung ist weniger weit entwickelt, könnte aber in Zukunft die rechtzeitige Erkennung von Verhaltensstörungen wie Schwanzbeißen oder die Erhebung von aggressiv gestimmten Interaktionen zwischen Tieren ermöglichen. Und da bei der Beurteilung des Tierwohls letztlich immer das Einzeltier im Mittelpunkt stehen sollte, bieten digitale Technologien Ansatzpunkte für eine stärkere Berücksichtigung des Individuums.

Die aktuelle Ausgabe der „**NUTZTIERHALTUNG IM FOKUS**“ widmet sich ausgewählten Aspekten der Digitalisierung in der Haltung landwirtschaftlich genutzter Tiere. Der Abschnitt „**Aus dem Forscherbüro**“ vermittelt Einblicke in den gegenwärtigen Entwicklungs- und Forschungsstand von ‚**smart farming**‘ bei den wichtigsten landwirtschaftlich genutzten Tierarten Rind, Schwein und Geflügel. „**Aus der Praxis**“ berichten Entwickler*innen und Anwender*innen über die Nutzung von sensorgestützten Herdenmanagementsystemen, aber auch die Herausforderungen, die mit der Implementierung einhergehen können. Anhand von Zusammenfassungen relevanter Publikationen greift das Kapitel „**Aus der Bibliothek**“ weitere Themen auf. Die Konsequenzen der Digitalisierung für die Tiere und die in der Haltung landwirtschaftlich genutzter Tiere involvierten Berufe sowie sozioökonomische Aspekte werden schließlich in der Rubrik „**Aus der Ethik**“ behandelt.

Für diese Ausgabe der „**NUTZTIERHALTUNG IM FOKUS**“ musste sorgfältig aus den vielfältigen wissenschaftlichen Aktivitäten und Umsetzungsinitiativen im Bereich Digitalisierung ausgewählt werden. Für die gelungene Zusammenstellung und redaktionelle Bearbeitung geht daher mein Dank an Frau Dr. Elke Rauch sowie an alle Autorinnen und Autoren.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern viel Spaß bei der Lektüre, neue Einblicke in das sich rasant entwickelnde ‚**smart farming**‘ von landwirtschaftlich genutzten Tieren sowie Anregungen, sich mit den verschiedenen Aspekten der neuen Technologien kritisch auseinanderzusetzen.

*Christoph Winckler
Mitglied des IGN-Vorstands*

Mit freundlichem Dank an die Unterstützer der IGN:

Felix Wankel Stiftung, Züberwangen
Zürcher Tierschutz, Zürich
4 Pforten International, Wien

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
Aus dem Forscherbüro	
Der Einsatz digitaler Technologien in der Schweizer Nutztierhaltung	6–11
Precision Livestock Farming im Geflügelbereich	12–16
Analyse physiologischer und ethologischer Merkmale laktierender Milchkühe zur frühzeitigen Erkennung von Wärmebelastung	17–23
Die „Bewegungsbucht“ für säugende Sauen als Spielwiese für Precision Livestock Farming	24–27
Towards Healthier Pigs – Ansätze zur Optimierung von Schweinehaltungsanlagen	28–33
Aus der Praxis	
Kann das digitale Farmer Assistenz System „Chickenboy“ Gesundheit und Wohlbefinden von Broilern verbessern helfen?	34–38
Sensor unterstützte Milchviehhaltung	39–45
Mit künstlicher Intelligenz das Wohl von Mensch und Tier steigern	46–47
Aus der Bibliothek	
Rinder	
– Eine Machbarkeitsstudie über den Einsatz einer Tiefenschärfe-Kamera für die dreidimensionale Körper Vermessung von Milchkühen in Laufställen	48–49
– Evaluierung und Validierung eines automatischen Kiefernbelegungsrekorders (RumiWatch) für das Fress- und Wiederkauverhalten von Milchkühen während des Weidegangs und der Zufütterung	49–51
– Technische Mitteilung: Validierung eines kommerziell verfügbaren Systems zur kontinuierlichen und automatischen Aktivitätsüberwachung von Milchkühen	51
Schweine	
– Tierische Laute	
– Echtzeit-Geräuschanalyse zur Gesundheitsüberwachung von Nutztieren	52–53
– Bedarfsgerechte Schweinefütterung: Ein Durchbruch in Richtung Nachhaltigkeit	53–55
– Precision livestock farming für Schweine	55–56
Hühner	
– Lahmheitsbeurteilung mittels automatischer Aktivitätsüberwachung in konventionellen Masthuhnherden	57–58
– Aktivitäts- und Standortbestimmung einzelner Legehennen in großen Gruppen mit moderner Technik	58–62
Fische	
– Precision Fish Farming: Ein neues Modell zur Verbesserung der Produktion in der Aquakultur	62–66
Aus der Industrie	
smaXtec: Ein bewährtes „KUH-VERSTEH-SYSTEM“ – Interview mit Herrn Rosenkranz (Gründer und CEO von smaXtec)	67–69
Aus der Ethik	
Das gläserne Tier? Ethische Fragen zur Digitalisierung in der Nutztierhaltung	70–73
Ausblick	
Virtuelle Zaunsysteme – Hightech in der Weidewirtschaft	74–76
Aus der IGN	
Vorstellung eines IGN-Mitglieds	77–78
Platz für Notizen	79

ISBN: 978-3-9525478-1-6



(Fotos: obere Reihe und mittlere Reihe 1–6 Eva Zeiler; untere Reihe: 7 Felix Versen, 8 Eva Zeiler, 9 Stefan Thurner).

„Precision Livestock Farming“, „Smart Farming“ – Begriffe, die man immer häufiger liest. Doch was verbirgt sich hinter dem Begriff? Der Begriff stammt aus der Landwirtschaft und beschreibt einen Themenkomplex der Datenverarbeitung und Analyse von tierbezogenen Daten.

Im Gegensatz zu bisherigen Ansätzen beabsichtigen *Precision Livestock Farming* – Systeme Echtzeit Überwachungs- und Managementsysteme anzubieten, die darauf abzielen die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere zu verbessern, indem sie bei auftretenden Veränderungen oder Problemen warnen, so dass sofort Maßnahmen ergriffen werden können.

Mittlerweile gibt es für beinahe alle Bereiche der Landwirtschaft technische Systeme und Lösungen, die bereits auf dem Markt verfügbar sind und eine effizientere Bewirtschaftung versprechen. Obwohl man auf den ersten Blick von einer vorherrschenden Anonymisierung aufgrund zunehmender Herdengrößen ausgehen könnte, wird durch die elektronische Identifikation – je nach Tierart sogar jedes einzelnen Tieres, sowie die damit verbundenen technischen Möglichkeiten Individualität erzeugt.

Mit dem Titel „Von Tierdaten zu Datentieren“ beschreibt Ina Bolinski in Ihrem Buch sehr anschaulich, dass sich Mensch und Tier durch die Technik annähern können, anders als oft kritizierter trennender Faktor der Entfremdung und Distanz. Denn erst auf Grundlage der erhobenen Daten innerhalb der digitalisierten Landwirtschaft wird das Wissen über die Tiere und die tierische Umwelt generiert, das ohne sie zwar teilweise an unterschiedlichen Stellen vorhanden, aber nicht in dieser Form für die Landwirte verfügbar wäre.

Der Mensch, der zwar mit Erhöhung des Technisierungsgrades in den landwirtschaftlichen Betrieben zu nehmend für die Tiere unsichtbarer geworden ist, ist nicht mehr nur Praktiker, sondern auch Analytiker geworden. Er ist vom Experten seiner Tiere zusätzlich zum Experten der von ihm eingesetzten Techniken avanciert. Und auch der Expertenstatus des Menschen ergibt sich erst durch den direkten und indirekten Kontakt mit den Tieren und durch die Verknüpfung von altem und neuem Wissen, das aber nach wie vor der klugen Interpretation und des Hinterfragens der Landwirte bedarf, damit es in konkrete Handlungspraktiken umgesetzt werden kann.



(Foto: Eva Zeiler)

Mein Dank geht ebenfalls an die Autorinnen und Autoren, die uns mit ihren interessanten Beiträgen an ihren aktuellen Forschungsfragen teilhaben lassen.

Herr Andreas Pelzer (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Düsse hat vor Jahren den Begriff „Smart Barning“ ins Leben gerufen und diesen durch seine zahlreichen Vorträge, bei denen er auf die Bedeutung eines intelligenten Stallbaus und eines intelligenten Stallkonzeptes hinweist, geprägt. Herzlichen Dank an Sie, dass wir diesen Terminus in unserem Titel verwenden dürfen.

In den unterschiedlichen Abschnitten dieser aktuellen Ausgabe „Smart Barning – Digitalisierung in der Nutztierhaltung“ versuche ich nun, Ihnen einen Einblick in die faszinierende Welt der Digitalisierung bei unseren landwirtschaftlich genutzten Tieren zu geben.

Elke Rauch

„GENDER: ALLE FORMULIERUNGEN DIESES TEXTES SIND GESCHLECHTSNEUTRAL ZU VERSTEHEN, AUCH WENN AUS GRÜNDEN DER BESSEREN LESBARKEIT NUR DIE MÄNNLICHE BZW. WEIBLICHE FORMULIERUNG GEWÄHLT WIRD.“

Der Einsatz digitaler Technologien in der Schweizer Nutztierhaltung

Christina Umstätter (Prof. Dr.)^{1,2},
Joanna Stachowicz (Dr.)²,
Tanja Groher (Dr.)²

¹ Thünen-Institut für Agrartechnologie,
Bundesallee 47,
D-38116 Braunschweig, Deutschland

² Agroscope,
FB Wettbewerbsfähigkeit und
Systembewertung,
Tänikon 1,
CH-8356 Ettenhausen, Schweiz

Die digitale Transformation

Die heutigen technischen Entwicklungen bewirken einen Veränderungsprozess in der gesamten Gesellschaft, der sich auch in den Unternehmen niederschlägt. Ein Anzeichen, wie weit sich diese Veränderung bereits in unserem Leben verankert hat, ist der Smartphone-Besitz. In der Schweiz lag der Anteil der Smartphone bzw. Tablet-Besitzer bei fast 90% (Schultz 2019). Auch die Breitband-Internetnutzung liegt z.B. in der Schweiz, Österreich und Deutschland bei über 80% sowohl im städtischen wie auch im ländlichen Bereich (BFS 2019).

Mit diesen Entwicklungen erschliesst sich auch für landwirtschaftliche Betriebe ein neuer Handlungsspielraum. Im Folgenden wird deshalb ein Überblick über die Verfügbarkeit von handelsüblichen digitalen Systemen und den jetzigen Stand der Implementierung gegeben. Darüber hinaus werden diese Informationen in den Kontext der derzeitigen Entwicklungen eingebettet.

Welche Systeme gibt es auf dem Markt?

Eine Studie von Agroscope der grauen Literatur hat ergeben, dass es bereits weltweit eine Vielzahl von kommerziell erhältlichen digitalen Systemen für landwirtschaftliche Betriebe gibt, die zur Erkennung von Wohlergehen und Gesundheitsproblemen in der Tierhaltung genutzt werden können. Stachowicz et al. (2020) haben für die Tierkategorien Milchkühe, Mastkälber, Mastschweine, Sauen, Legehennen und Masthähnchen, Ziegen, Milch- sowie Fleischschafe kommerzielle Systeme zusammengestellt, die tierbasierte Daten liefern. Es war auffällig, dass die meisten digitalen

Technologien für den Betriebszweig Milchvieh zur Verfügung stehen. Im Bereich Milchanalyse findet man über 30 Systeme bzw. Systemoptionen von 17 Anbietern, die für die Praxis erhältlich sind. Auch für die Brunsterkennung stehen Systeme von 20 Firmen zur Verfügung. Zum Thema Body Condition Scoring, Lahmheits- oder Pansenazidose-Erkennung ist die Auswahl an digitalen Systemen hingegen für den Landwirt oder die Landwirtin weniger groß.

Für die anderen Tierkategorien ist die Auswahl an verfügbaren Systemen deutlich geringer. Eine Ausnahme bilden hier die Milchanalysesysteme für Schafe und Ziegen. Dort konnten pro Tierart kommerzielle Systeme von 4 Firmen identifiziert werden, die sich aber überwiegend auf die automatische Milchmengenmessung und zu einem kleineren Anteil auf die Leitfähigkeitsmessung beschränken.

Welche Technologien nutzen die Schweizer Bäuerinnen und Bauern? Die Methode.

Das Angebot an smarten Technologien impliziert aber noch nicht ihre Nutzung auf den Betrieben. Agroscope hat zu diesem Thema eine umfassende schriftliche Umfrage durchgeführt (Heitkämper und Umstätter 2017). Der Stichprobenplan wurde zusammen mit dem Bundesamt für Statistik (BFS) entwickelt. Ziel war es, den aktuellen Stand der Mechanisierung und Digitalisierung in der Schweizer Landwirtschaft für arbeitswirtschaftliche Zwecke zu erfassen. Zu diesem Zweck wurden für 17 verschiedene Betriebszweige aus den Bereichen Tierhaltung, Ackerbau und Spezialkulturen Fragebögen entwickelt, die den typischen Maschineneinsatz und die Arbeitsverfahren in jedem Betrieb abdecken. Die Fragebögen enthielten eine unterschiedliche Anzahl von Fragen und Antwortmöglichkeiten, die für die Schweizer Landwirtschaft relevant sind. Entsprechend der in der Schweiz existierenden Amtssprachen, waren die Fragebögen in Deutsch, Französisch und Italienisch verfügbar. Basierend auf der Schweizerischen Betriebsstrukturerhebung von 2016 wurde die Grundgesamtheit der Landwirtschaftsbetriebe bestimmt. Jeder Betrieb wurde einem der 17 Betriebszweige zugeordnet und separate Stichprobenumfänge (Tabelle 1), unter Einbeziehung einer Schichtung nach Größenklassen, definiert. Für Pflanzenbaubetriebe wurde die Größenklasse anhand von ha eingeteilt,

für tierhaltende Betriebe anhand der Tierzahl. Zusätzlich wurde eine Mindestgröße basierend auf Hektar- oder Tierzahl bestimmt, um Hobbybetriebe auszuschliessen (Groher et al. 2020). Die Anzahl an verschickten Fragebögen pro Betriebszweig wurde mit einer geschätzten Rücklaufquote von 50% berechnet. Insgesamt wurden im Zeitraum Januar bis März 2018 4954 schriftliche Fragebögen an etwa 10% aller Schweizer Betriebe versandt. Die Rücklaufquote lag bei 59%.

Für die Auswertung der Nutzung digitaler Technologien in der Tierhaltung wurden 1497 Fragebögen der folgenden Betriebszweige berücksichtigt: Milchvieh, Milchziegen, Mutterkühe, Fleischerinder, Fleischschafe, Zuchtschweine, Mastschweine, Legehennen und Masthühner (Tabelle 1).

Darüber hinaus konnten weitere Informationen über die Betriebs- und Betriebsleitercharakteristika aus der amtlichen landwirtschaftlichen Strukturerhebung des Jahres 2018 mit den Umfrageergebnissen verknüpft werden, wie beispielsweise die Anzahl an Großvieheinheiten als Größenindikator, die Lage (Tal/ Hügel/ Berg), die Bewirtschaftungsart (konventionell/ organisch), die Haltungsform (Anbindehaltung/Laufstall) oder auch das Alter des Betriebsleiters.

Mittels deskriptiver Statistik wurden die Nutzungsraten der verschiedenen Technologien in den unterschiedlichen Betriebszweigen ermittelt. Zur Berechnung der prozentualen Anteile wurden nur die Betriebe berücksichtigt, die die jeweilige Frage tatsächlich beantwortet haben. Daraus ergibt sich ein unterschiedlicher Stichprobenumfang für verschiedene Fragen resp. Technologien. Um noch detailliertere Informationen über die Betriebe zu bekommen, die digitale Technologien nutzen, wurden in einem zweiten Schritt Regressionsanalysen durchgeführt. Da vor allem Wiederkäuerhaltende Betriebe neue Technologien nutzen, wurden die Analysen aufgrund der Stichprobengröße für diese Betriebszweige durchgeführt.

Es wurden 3 Gruppen gebildet: die Anwender implementierter Technologien, die Anwender von neuen Technologien sowie die Nicht-Anwender. Basierend auf den Umfrageergebnissen sind implementierte Technologien so definiert, dass sie von mindestens 10% der befragten Landwirte bereits in der Praxis verwendet werden,

Tabelle 1: Übersicht über Rücklaufquote der Fragebögen für die tierhaltenden Betriebszweige der vorgestellten Umfrage

Betriebszweig	Fragebögen versandt	Fragebögenrücklauf (auswertbare Fragebögen, in %)
Wiederkäuer		
Milchvieh	450	253 (56,2 %)
Mutterkühe	200	112 (61,0 %)
Mastrinder	513	210 (40,9 %)
Fleischschafe	244	121 (49,6 %)
Milchziegen	279	136 (48,7 %)
Schweine		
Zuchtschweine	312	158 (50,6 %)
Mastschweine	255	124 (48,6 %)
Geflügel		
Legehennen	265	150 (56,6 %)
Masthühner	368	233 (63,3 %)

während die übrigen Antwortmöglichkeiten in die Gruppe der neuen Technologien eingeordnet wurden. Nicht-Anwender haben angegeben, dass sie «keine» der präsentierten Technologien nutzen.

Passend zu den erhältlichen Technologien konnten wir feststellen, dass bei Milchvieh die Nutzung von digitalen Technologien und die Anwendung von Sensoren im Bereich Milchanalyse am weitesten verbreitet war. Milchvieh war der einzige Betriebszweig bei dem sogar mehr Technologieanwender als Nicht-Anwender vorkamen. Da die Umfrage eine arbeitswissenschaftliche Ausrichtung hatte, wurden auch Technologien, die bereits seit langer Zeit erhältlich sind, abgefragt. Dazu zählt die elektronische Tiererkennung in Form von Transponderhalsbändern (Abbildung 1) oder Ohrmarken, die für die Nutzung von Kraftfutterstationen, Selektionstoren und Melkrobotern Grundlage sind, oder auch die Milchmengenmessung. Von 247 Milchviehaltern gaben 45% an, dass sie eine elektronische Milchmengenmessung nutzen, gefolgt von einer Milchflussmessung mit 26% und der Nutzung eines Transponderhalsbands mit ebenfalls 26%. Das Schlusslicht in der Stallhaltung lieferte die Tierortung mit 1% (Abbildung 2). Insgesamt konnten wir feststellen, dass besonders oft Sensoren rund um die Milch genannt wurden. Dies trifft auch für die Milchziegenhalter



Abbildung 1: Kuh mit RumiWatch Halfter (Itin+Hoch, Liestal, Schweiz) zur Messung des Kauverhaltens, RumiWatch Pedometer zur Messung der Bewegungsaktivität und einem Halsband mit integrierter Tieridentifikation (GEA, Düsseldorf, Deutschland). (Foto: Gabriela Braendle, Agroscope).

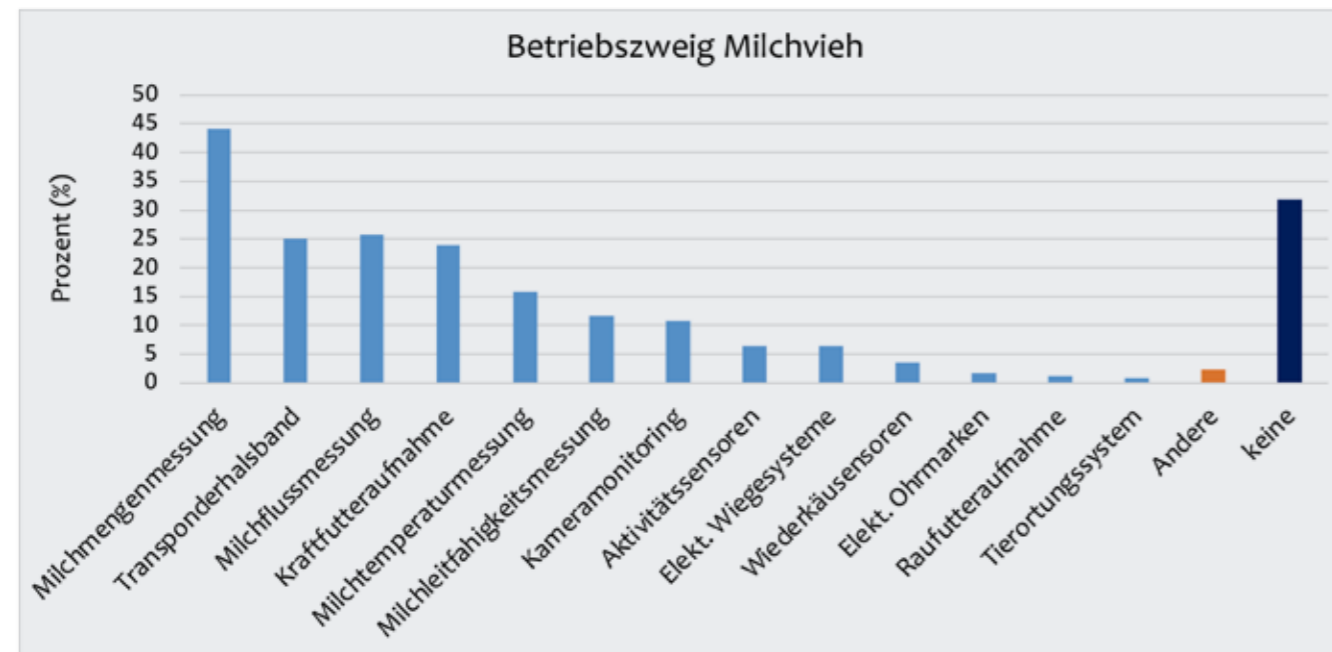


Abbildung 2: Stand der Nutzung digitaler Technologien in der Milchviehhaltung (n = 247).

Milchviehhaltenden Betrieben wie auch bei den 199 Betrieben mit Mastrindern zu 2% im Einsatz. Insgesamt 6% der Milchviehhalter nutzen einen Entmistungsroboter wohingegen nur 1% der Landwirte mit Rindermast diesen im Einsatz haben. Bei dieser Frage war der Stichprobenumfang deutlich geringer mit n = 115 und n = 138, da die Landwirte nicht immer alle Fragen ausgefüllt hatten.

In der Schweinezucht und -mast war der Sensoreinsatz noch nicht so weit fortgeschritten. Jedoch verwendeten immerhin 30% der Zuchtsauenhalter von 158 Befragten elektronische Ohrmarken. Bei den Schweinemästern machten aber nur etwa 3% von 124 Mästern positive Angaben zur elektronischen Ohrmarkennutzung. Umgekehrt nutzen die Mäster zu 6,5% optische Wiegesysteme im Vergleich zu den Ferkelerzeugern mit unter 2%.

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen konnten unter anderem zeigen, dass Betriebe in Bergregionen weniger wahrscheinlich implementierte und neue Technologien nutzen im Vergleich zu Talbetrieben. Die Betriebsgröße war, gemessen an der Anzahl der Grossvieheinheiten, positiv mit der Nutzung beider Technologiearten korreliert. Aus der Literatur weiss man, dass die Entscheidung für eine neue Technologie eher von jüngeren Betriebsleitenden getroffen wird. Dieses Ergebnis konnten wir für die Gruppe der neuen Technologien in

der Schweizer Wiederkäuerhaltung bestätigen. Ein weiteres interessantes Ergebnis ist der Einfluss des Haltungssystems. In der Anbindehaltung von Tieren sind viele digitale Systeme nicht einsetzbar, da die Tiere sich nicht frei bewegen und somit ihr natürliches Verhalten nicht ausleben können. Der Anbindestall ist im Vergleich zum Laufstall wie erwartet negativ mit dem Einsatz digitaler Technologien korreliert.

Welche Entwicklungen in der Forschung gibt es?

Wenn man sich die Literatur ansieht, stellt man fest, dass die Dauer von der Entwicklung bis zur Marktreife oft sehr lang ist. Bereits seit den 80er Jahren werden automatisierte Systeme zur Brunsterkennung und für die Detektion der Eutergesundheit entwickelt (Jungbluth 2011). Heutzutage gibt es eine Vielzahl an Sensorsystemen, die praxistauglich sind. Nun heisst es vor allem Entscheidungsunterstützungssysteme zu entwickeln, um den Erkenntnisgewinn aus den gesammelten Daten herauszufiltern und in das Tiermanagement einfließen zu lassen.

Durch die Möglichkeit kontinuierliche Messungen von Tierverhalten über lange Zeiträume durchführen zu können und die Anwendung von neuen Analysemethoden werden plötzlich Verhaltensweisen und Reaktionen von Tieren messbar, die vorher verborgen geblieben sind. Dies erschliesst ein grosses Potenzial Haltungssysteme und

Krankheitsvorbeugung von landwirtschaftlichen Nutztieren neu zu überdenken. Unterstützt werden solche Bestrebungen auch durch eine verbesserte Umsetzbarkeit im landwirtschaftlichen Alltag. Durch die Digitalisierung können neue Ansätze und Haltungskonzepte erst arbeitswirtschaftlich umgesetzt werden. Als Beispiele können hier die Berechnungen der Rhythmisität der Aktivität (Berger et al. 1999; Scheibe et al. 1999; Nunes Marsiglio Sarout et al. 2018) als Indikator für das Wohlbefinden und die Entwicklung des Targeted Selective Treatments zur Reduktion von anthelmintischen Resistenzen (Greer et al. 2009; Kenyon et al. 2009; Umstatter et al. 2013) genannt werden.

Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt der derzeitigen Entwicklung liegt in der Zusammenführung der Daten auf einer Plattform und das Einbinden von Insellösungen in ein Informationsmanagementsystem; als Beispiel hierfür ist **365FarmNet** (www.365farmnet.com) zu nennen. In der Schweiz wird basierend darauf ein adaptiertes System mit dem Namen **'barto'** (www.barto.ch) entwickelt. Ziel ist es die Administration zu vereinfachen und den Überblick für die Landwirte und Landwirtinnen zu verbessern. Oftmals liegen bei der Zusammenführung der Daten allerdings keine technischen Barrieren zugrunde, sondern firmenpolitische Entscheidungen. Von der politischen Seite wird deshalb die

Schaffung klarer rechtlicher Rahmenbedingungen gefordert sowie die Förderung einer Dateninfrastruktur, die einen standardisierten Datenaustausch ermöglicht (Finger et al. 2019; El Benni et al. 2020).

Treiber für die Implementierung

Die Betriebscharakteristika spielen im Adoptionsprozess eine wichtige Rolle, die bereits in zahlreichen internationalen Studien untersucht wurden (Pierpaoli et al. 2013). Zu den wichtigsten Faktoren zählen länderspezifische Gegebenheiten, die je nach untersuchtem Land zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. So ist die Region, in der sich ein Betrieb in der Schweiz befindet, im Hinblick auf die Realisierbarkeit der Digitalisierung in der Praxis wichtig, da Bergbetriebe oft schwierig zu erreichen, nicht zwingend gute WLAN Abdeckung haben und anspruchsvoll zu bewirtschaften sind. Wir konnten bei unseren Untersuchungen ausserdem feststellen, dass sich digitale Technologien unterschiedlich schnell in den verschiedenen Betriebszweigen ausbreiten. Als führend ist hier vor allem die Milchviehhaltung anzusehen. Weltweit sind darüber hinaus Unterschiede zwischen den Ländern zu finden, wie das z.B. im Hinblick auf die

Adoptionsrate von automatischen Melksystemen gezeigt werden konnte (Barkema et al. 2015). Während in Dänemark und Schweden bereits mehr als 20% der Milchviehhalter automatisierte Melksysteme einsetzen, war die Implementierungsquote in anderen Ländern mit 15 bis 20% in Island und den Niederlanden, zwischen 10 und 15% in Norwegen und weniger als 10% in Finnland, Deutschland und Kanada geringer (Barkema et al. 2015). Mit dem Einsatz von Robotern und anderen Systemen kann sowohl die physische wie auch die zeitliche Arbeitsbelastung verringert werden. Als typisches Beispiel für die physische Belastungsreduktion kann hier wieder der Melkroboter angesehen werden, der die harte Melkarbeit (Cockburn et al. 2017) eliminiert und die physische Arbeit mehr hin zum Management verschiebt. Die Futterschieberoboter stellen auch ein gutes Beispiel dar, um Arbeitszeit einzusparen (Rodenburg und Lang 2010). Die Zunahme der Sensoren im Bereich der Milchanalyse in konventionellen Melkständen, aber auch bei den **automatischen Melksystemen** (AMS) ermöglichen dem Landwirt zahlreiche tierbezogene Parameter (u.a. Ordloff 2001) zu erheben. Gleichzei-

tig bieten diese Sensoren den Landwirten und Landwirtinnen durch ihre Integration in das Melksystem einen guten Einstieg in die Digitalisierung, denn gerade die Nutzerfreundlichkeit ist eine Barriere bei der Implementierung der Systeme (Umstatter et al. 2020).

Steigende Tierzahlen pro Betrieb und das Bewusstsein für tier- und umweltfreundliche Produktionssysteme mit geringerem Ressourceneinsatz erfordern neue Lösungen, die in digitalen Technologien für die gesamte Tierhaltung zu finden sind (Berckmans 2006). Neben dem grossen Potential zur Verbesserung der Arbeitseffizienz, Steigerung der Produktion und Unterstützung der Tiergesundheit müssen sich jedoch die Investitionen für die Betriebe auch rechnen. Da die Entwicklung derzeit stark im Fluss ist, gibt es sicher auch eine Verzögerung zwischen dem Angebot der Systeme und der letztendlichen Nutzung im Betrieb. Es ist allerdings interessant zu sehen, dass sich auch in einer klein strukturierten Landwirtschaft, wie in der Schweiz, neue Technologien und Sensoren zunehmend verbreiten.



Abbildung 3: RumiWatch Pedometer zur Messung der Bewegungsaktivität der Tiere (Foto: Gabriela Braendle, Agroscope).

Take Home Message

Die Anzahl marktreifer digitaler Systeme ist für die einzelnen Tierkategorien sehr unterschiedlich ausgeprägt. In der Milchviehhaltung ist die Entwicklung am weitesten fortgeschritten. In der kleinstrukturierten und diversen Landwirtschaft der Schweiz sind digitale Technologien bisher nur in geringem Umfang implementiert. Etwas anders sieht es mit der Sensorik aus, die im Melkstand integriert ist. Dort sind digitale Technologien weit verbreitet. Die Entwicklung von neuen Technologien und Algorithmen schreitet weiter fort. Dort wird sich in der Zukunft noch viel Potenzial für die Nutztierhaltung eröffnen.



Kuh mit RumiWatch Halfter zur Messung des Kauverhaltens (Foto: Gabriela Braendle, Agroscope).

Eigene Publikationen

Cockburn M, Schick M, Savary P, Maffioletti N A, Gygax L, Umstätter C (2017). Lower working heights decrease contraction intensity of the upper limbs in a Herringbone 30° milking parlor. *Journal of Dairy Science* 100(6), 4914-4925.

Groher T, Heitkämper K, Umstätter C (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, DOI:10.1017/S1751731120001391.

Heitkämper K, Umstätter C (2017). Wie sind Schweizer Landwirtschaftsbetriebe technisch ausgestattet? *UFA-Revue* 10, 40.

Nunes Marsiglio Sarout B, Waterhouse A, Duthie CA, Poli C H E C, Haskell M J, Berger A, Umstätter C (2018). Assessment of circadian rhythm of activity combined with random regression model as a novel approach to monitoring sheep in an extensive system. *Applied Animal Behaviour Science* 207, 26-38, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.06.007>.

Stachowicz J, Umstätter C (2020). Übersicht über kommerziell verfügbare digitale Systeme in der Nutztierhaltung. *Agroscope Transfer* Nr. 294, 28 S.

Umstätter C, Morgan-Davies C, Stevens H, Kenyon F, McBean D, Lambe N, Waterhouse A (2013). Integrating Electronic Identification into Hill Sheep Management. In: Berckmans, D. and Vandermeulen, J. (ed.), *Precision Livestock Farming '13*. Leuven, Belgium, 412-420.

Umstätter C, Martini D, Adrion F (2020). Opinion Paper: Digital Animal Monitoring – What is on the Horizon? *Landtechnik* 75(1), 14-22, Doi: <https://doi.org/10.1515/lt.2020.3227>.

Weitere Literaturangaben

Barkema H W, Von Keyserlingk M, Kastelic J, Lam T, Luby C, Roy J P, LeBlanc S J, Keefe G P, Kelton D F (2015). Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 98(11), 7426-7445.

Berckmans D (2006). Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. *Livestock production and society*, 287.

Berger A, Scheibe K M, Eichhorn K, Scheibe A, Streich J (1999). Diurnal and ultradian rhythms of behaviour in a mare group of Przewalski horse (*Equus ferus przewalskii*), measured through one year under semi-reserve conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 64, 1–17. doi:10.1016/S0168-1591(99)00026-X.

Bundesamt für Statistik BFS (2019). Inter- netzugang der Haushalte. Aufgerufen am 05.12.2019, URL: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kultur-medien-informationsgesellschaft-sport/informationsgesellschaft/gesamtindikatoren/haushalte-bevoelkerung/inter-netzugang-haushalte.html>.

El Benni N, Ryser U, Rösch M, Mattmann M, Abt F, Paupe L, Gusset M (2020). Charta Digitalisierung: gemeinsam zu tragfähigen Lösungen, *Agrarforschung Schweiz* 11, 91-101.

Finger R, Swinton S M, El Benni N, Walter A (2019). Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment, *Annual Review of Resource Economics* 11, 313-335. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093929>.

Greer A W, Kenyon F, Bartley D J, Jackson E B, Gordon Y, Donnan A A, McBean D W, Jackson F (2009). Development and field evaluation of a decision support model for anthelmintic treatments as part of a targeted selective treatment (TST) regime in lambs. *Veterinary Parasitology* 164:12-20.

Jungbluth T (2011). Vorwort. In: Elektronische Tieridentifizierung in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, *KTBL-Schrift* Nr. 490, pp. 60-67.

Kenyon F, Greer A W, Coles G C, Cringoli G, Papadopoulos E, Cabaret J, Berrag B, Varady M, Van Wyk J A, Thomas E, Vercruyse J, Jackson F (2009). The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Parasitology* 164:3-11.

Ordolff D (2001). Introduction of electronics into milking technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30(1-3), 125-149.

Pierpaoli E, Carli G, Pignatti E, Canavari M (2013). Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review. *Procedia Technology* 8, 61–69.

Rodenburg J, Lang B (2010). Labour Costs on Ontario Dairy Farms and Their Implications for Precision Technologies. In *Proceedings: The first North American Conference on Precision Dairy Management*, Toronto, Canada. Aufgerufen am 21.01.2020, URL: <http://www.precisiondairy.com/conferenceproceedings.htm>.

Scheibe K M, Berger A, Langbein J, Streich W J, Eichhorn K (1999). Comparative Analysis of Ultradian and Circadian Behavioural Rhythms for Diagnosis of Biorhythmic State of Animals. *Biol. Rhythm Res.* 30, 216–233. doi:10.1076/brhm.30.2.216.1420.

Schultz E (2019). Besitz von Smartphone bzw. Tablet in der Schweiz bis 2018. Veröffentlicht am 30.08.2019; aufgerufen am 05.12.2019, URL: <https://de.statista.com/themen/3581/smartphone-nutzung-in-der-schweiz/>.

Precision Livestock Farming im Geflügelbereich

Sabine Gebhardt-Henrich (Dr. med. vet.)

Zentrum für tiergerechte Haltung:
Geflügel und Kaninchen,
Zollikofen (ZTHZ),
Abteilung Tierschutz,
Veterinary Public Health Institute,
Universität Bern, Schweiz

Digitalisierung – 5G – Internet of Things – Vernetzung – Online, so klingt die Zukunft und teilweise schon die Gegenwart in vielen Bereichen unseres Lebens. Aber wie sieht das in der Nutztierhaltung, beziehungsweise speziell in der Geflügelhaltung aus? Bringt Smart Farming zusätzlich zur Leistungssteigerung und Flexibilität für den Landwirt auch mehr Tiergesundheit und Tierwohl für das Geflügel? Dieser Beitrag bietet eine Zusammenschau über die Möglichkeiten im Smart Farming Bereich bei Geflügel und basiert auf der systematischen Review von Rowe *et al.* (2019). Insbesondere wird diskutiert, welchen Einfluss die neuen Technologien auf die Tiergesundheit und das Tierwohl haben.

Was ist „Smart Farming“ / „Smart Barning“?

„Smart Farming“ / „Smart Barning“ ist ein Synonym zum Begriff **Precision Livestock Farming** (PLF), der an der ersten Konferenz zu diesem Thema 2003 eingeführt wurde (Werner *et al.* 2003). PLF bedeutet die automatische Überwachung von Nutztieren, ihren Produkten und ihres Stalls in Realzeit, um den Nutztierhalter mit Daten zu beliefern, die ihm Entschiede zum Management erleichtern, oder die automatische Kontrollsysteme aktivieren. Neben der Leistungssteigerung für den Landwirt ermöglicht PLF auch eine permanente nicht-invasive Bewertung des Tierwohls, die dem arbeitsaufwändigen und auf den Moment beschränkten Bewerten nach dem Welfare Quality Protocol® oder ähnlichen Methoden überlegen ist. Es stellt sich nun die Frage, ob die neuen Technologien hauptsächlich für die Leistungssteigerung oder für die Verbesserung des Tierwohls eingesetzt werden. Das eine schließt das andere natürlich nicht aus. Eine Verringerung der Mortalität z.B. steigert sowohl die Produktion wie auch das Tierwohl. Andererseits

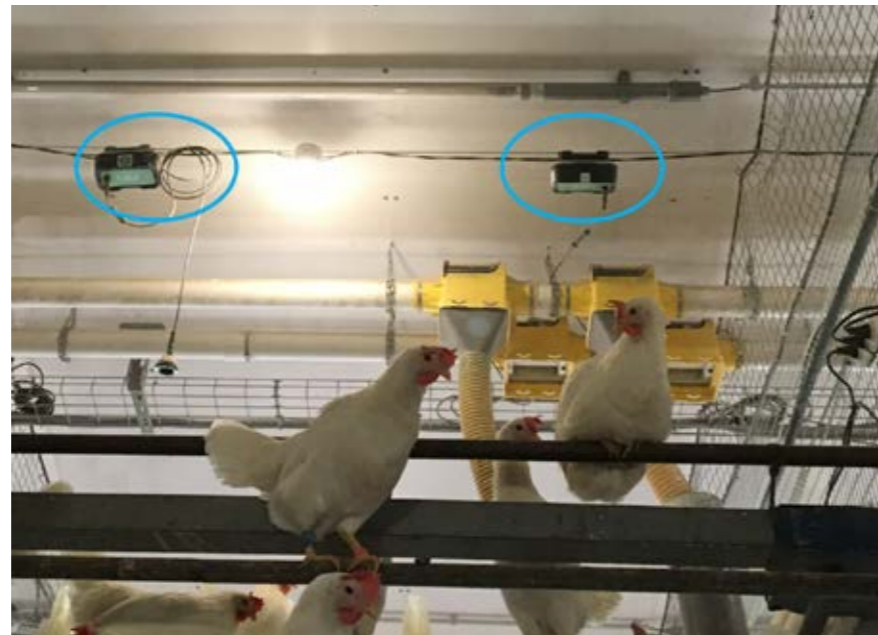


Abbildung 1: Sensoren (blau umrandet) im Legehennenstall messen die Luftqualität (CO₂, NH₃, Temperatur, Luftfeuchtigkeit) (Foto: Sabine Gebhardt-Henrich).

könnte aber auch eine Intensivierung der Produktionsleistung durch PLF auf Kosten des Tierwohls stattfinden.

Geflügelarten, bei denen Smart Farming beschrieben wurde

Die Geflügelhaltung und dabei besonders die Hühnermast ist intensiv und auf Wachstumskurs. Die Geflügelbetriebe sind die Landwirtschaftsbetriebe mit den höchsten Tierzahlen (Bennet *et al.* 2018). Gleichzeitig ist die Liste der Tierschutzprobleme dieser Tiere lang und umfasst Kreislaufver-sagen, Bauchwassersucht, Lahmheit, Pododermatitis und Fersenhöckerläsionen (bei Hühnermasttieren, siehe Bessei 2006), bzw. Brustbeinfrakturen, Gefiederschäden, Kannibalismus, Pododermatitis u. v. m. (bei Legehennen, siehe Riber und Hinrichsen 2016). Fast die Hälfte der Publikationen über PLF bei Geflügel bezieht sich auf die Hühnermast, ein Fünftel auf die Legehennen und nur eine Handvoll Studien berichtet über PLF Technologien bei Enten, Truthähnen und Gänsen (Rowe *et al.* 2019). Damit folgt die Anzahl Publikationen der Anzahl Tiere in diesen Kategorien.

Welche PLF Technologien werden beim Geflügel eingesetzt?

In ungefähr der Hälfte (51,9 %) der beschriebenen PLF Methoden werden Sensoren aller Art eingesetzt. Diese werden

dicht gefolgt von Kameras (42,4 %), wobei Mikrophone (14 %), Waagen (4,6%) und Roboter (1,9%) eher selten eingesetzt werden (Rowe *et al.* 2019). Sensoren (Abbildung 1) messen Umweltparameter wie z.B. die **Stalltemperatur** (D'Alfonso *et al.* 1996; Curi *et al.* 2017), **Staub** (Zhao *et al.* 2009), **Vibrationen** (Chen *et al.* 2010), **Ammoniak- und CO₂-Konzentration** (Ji *et al.* 2016), und **Luftfeuchtigkeit** (Curi *et al.* 2017), aber können auch Information über den Aufenthaltsort der Tiere und deren Verhalten geben. **Radiofrequenz-identifikationsensoren** (RFID) werden am Tier angebracht (z. B. Bein oder Flügel) und geben z. B. über das **Auslaufverhalten von Legehennen** Auskunft (Thurner 2008; Richards *et al.* 2011; Gebhardt-Henrich *et al.* 2014; Campbell *et al.* 2018; Stadig *et al.* 2018; Sibanda *et al.* 2019). Bei einem RFID System, das ursprünglich für Brief-tauben entwickelt wurde, wurden vor und hinter jeder Auslauföffnung Bodenantennen gelegt (Abbildung 2).

Auf diese Weise kann man die Richtung der Bewegungen der Hennen mit RFID Transponder am Fussring (Abbildung 3) registrieren (Gebhardt-Henrich *et al.* 2014). Thurner *et al.* (2006) entwickelten ein Nest, mit dessen Hilfe von RFID die Legeleistung einzelner Hennen aufgezeichnet werden kann. Auch das Verhältnis von Fress- zu Ruheverhalten kann



Abbildung 2: Bodenantennen (Foto: Sabine Gebhardt-Henrich).



Abbildung 3: Hennen mit RFID Transponder (Foto: Sabine Gebhardt-Henrich).

mit der RFID Technologie bestimmt werden (Zhang et al. 2016).

Die Vorteile von Sensoren sind, dass die Interpretation der Daten einfach ist. Umweltparameter, wie Stalltemperatur, können ohne Zwischenschritt genutzt werden oder in automatisierte Regulatoren eingespielt werden. Die Legeleistung einzelner Hennen oder ihr Auslaufverhalten kann direkt in der Zucht verwendet werden (Icken et al. 2008; Icken und Preisinger 2009).

Die Körpertemperatur der Tiere (Okada et al. 2009) wird direkt mit Sensoren gemessen, oder indirekt mit Thermokameras (Cook et al. 2006). Neben Sensoren werden häufig Kameras eingesetzt. Reine Überwachungskameras fallen jedoch nicht unter den Begriff des **Smart Farmings**, sofern keine automatischen Prozesse durch sie ausgelöst werden. Überwachungskameras ersetzen einfach nur die Augen des Landwirts, der sich gerade nicht im Stall befindet. Dagegen zählt das Optic-Flock System (<http://users.ox.ac.uk/~snikwad/styled-3/index.html>, aufgerufen am 17.3.2020) zum Smart Farming, da es der automatischen Überwachung der Tiergesundheit in Hühnermastherden dient. Dabei liefern digitale Kameras Dateien, mit deren Hilfe der optische Fluss, der auf Helligkeitsänderungen von Pixeln beruht, berechnet wird. Die **Schiefe** (Skewness)

und die **Gipflichkeit** (Kurtosis) der optischen Flusswerte korrelieren schon im Alter von 2 Wochen mit dem erst 2 – 3 Wochen später feststellbaren Auftreten von Pododermatitis und Fersenläsionen und der Mortalität (Dawkins et al. 2009; Dawkins et al. 2012; Dawkins et al. 2017). Colles et al. (2016) konnten sogar bei einwöchigen Mastküken mit dieser Methode voraussagen, ob die Herde am Schlachttermin positive auf *Campylobacter* testen würde. Der Mechanismus für die Assoziationen zwischen dem optischen Fluss und Tiergesundheit und Tierwohl sind bisher unklar (Dawkins et al. 2013).

Wie beim OpticFlock System steht bei anderen kamerabasierten Systemen die Bewegung der Tiere im Vordergrund. Dies umfasst die Aktivität, Verteilung und Beschäftigungsmuster (z.B. Fernandez et al. 2018; van Hertem et al. 2018), Bewegung und damit verbunden Geschwindigkeit, Anzahl Schritte, Schrittlänge und laterale Körperdrehungen (Aydin 2017), Aufenthaltsort (Stadig et al. 2018) und Anhäufen (Pereira et al. 2012). Andere Verhaltensweisen, die automatisch erfasst werden können, sind Aufenthalt auf der Sitzstange (Liu et al. 2018), Liegen (Aydin et al. 2015), Flügelstrecken, Kratzen und Putzen (Pereira et al. 2013).

Seltener werden Mikrophone eingesetzt,

um Pickgeräusche (Aydin und Bergmans 2016) und Rasselgeräusche (Rizwan et al. 2016) aufzuzeichnen und Rückschlüsse auf die Tiergesundheit zu ziehen.

Wofür werden PLF Technologien beim Geflügel eingesetzt?

Erfreulicherweise hatte die Mehrzahl der Publikationen über PLF beim Geflügel (63,6 %) die Tiergesundheit und das Tierwohl im Fokus. Natürlich ging es bei vielen Studien nicht nur um ein Ziel. Es gab aber bei den Studien mit nur einem Fokus mehr (39,8 %) über Tiergesundheit und das Tierwohl als solche, die sich ausschliesslich mit der Produktionssteigerung befassten (27,8%) (Rowe et al. 2019). Allerdings muss man bedenken, dass es sich bei den publizierten PLF Technologien fast nur um Prototypen handelt (über 96 %), die kommerziell nicht erhältlich sind. Dies kann daran liegen, dass in wissenschaftlichen Zeitschriften vornehmlich neue Technologie publiziert wird. Über das kommerziell erhältliche Produkt **ChickenBoy®** (<https://farmatics.com/>, aufgerufen am 19.3.2020) gibt es in diesem Heft ebenfalls einen Artikel unter der Rubrik „Aus der Praxis“. Leider konnte, trotz Bemühens der Autorin, kein Betrieb gefunden werden, der das Kamerasystem eYenamic von Fancom (<https://www.fancom.com/solutions/biometrics/eyenamic-behaviour-monitor-for-broilers>, aufgerufen am 19.3.2020), das nicht weiterentwickelt wurde, in seinem Betrieb einsetzt. Was könnte die Ursache dafür sein? Zum einen ist der Schritt von einem Prototyp, der im Labor funktioniert, bis zum Produkt, das im Geflügelstall funktioniert, schwierig. Laut eines Entwicklers „frisst das Ammoniak in der Stallluft die Elektronik und die Milben zerstören den Rest“ (pers. Komm.). Dies untergräbt das Vertrauen in die neue Technologie und führt dazu, dass diese Technologien von den Landwirten oft abgelehnt werden. Ausserdem ist unsicher, in welchem Zeitraum sich die Investition in PLF amortisieren würde (Wathes et al. 2008). Man muss aber auch bedenken, dass im Vergleich zu PLF Technologien im Milchviehsektor, die seit den 1970er Jahren kommerziell erhältlich sind, die Entwicklung von PLF im Geflügelsektor noch am Anfang steht. Weiterhin ist der Geldwert einer Kuh ungleich höher als der von Tausenden Mastküken, die in bis zu 8 Umtrieben à 5–6 Wochen auf den Betrieben gehalten werden.



Abbildung 4: Interface zwischen RFID Bodenantennen und Computern (Foto: Sabine Gebhardt-Henrich).

Schlussfolgerung und Ausblick

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von neuen Technologien im Bereich „**Smart Farming**“/„**Smart Barning**“ für den Geflügelsektor und da vornehmlich für Mastküken und Legehennen entwickelt. Obwohl die kommerzielle Anwendung (noch) nicht verbreitet ist, haben diese neuen Technologien das Potential, neben der Produktionssteigerung auch die Tiergesundheit und das Tierwohl zu verbessern. Dies ist wichtig, weil das Geflügel viele gesundheitliche Probleme hat und wegen der Anzahl Tiere vom Halter nicht individuell überwacht und behandelt werden kann. Man kann davon ausgehen, dass „**Smart Farming**“/„**Smart Barning**“ auch für die Hühner an Bedeutung gewinnen wird: **McDonalds** und die **Foundation for Food and Agriculture Research (FFAR)** lancierten 2019 die **SMART Broiler Research Initiative**, um „**Smart Farming**“/„**Smart Barning**“ Technologien für Mastküken zu entwickeln und zu kommerzialisieren (siehe Webinar: <https://foundationfar.org/smart-broiler-research-initiative/>, aufgerufen am 19.3.2020).

Literatur

- Aydin A (2017)**. Development of an early detection system for lameness of broilers using computer vision. *Comput. Electron. Agric.* 136, 140–146.
- Aydin A, Berckmans D (2016)**. Using sound technology to automatically detect the short-term feeding behaviours of broiler chickens. *Comput. Electron. Agric.* 121, 25–31.
- Aydin A, Bahr C, Berckmans D (2015)**. Automatic classification of measures of lying to assess the lameness of broilers. *Anim. Welf.* 24, 335–343.
- Bennett C E, Thomas R, Williams M, Zalasiewicz J, Edgeworth M, Miller H, Coles B, Foster A, Burton EJ, Marume U (2018)**. The broiler chicken as a signal of a human reconfigured biosphere. *R. Soc. Open Sci.* 5, 180325.
- Bessei W (2006)**. Welfare of broilers: a review. *Worlds. Poult. Sci. J.* 62, 455.
- Campbell D, Horton B, Hinch G (2018)**. Using Radio-Frequency Identification Technology to Measure Synchronised Ranging of Free-Range Laying Hens. *Animals* 8(11), 210, <https://doi.org/10.3390/ani8110210>.
- Chen Y, Ni J Q, Diehl C A, Heber A J, Bogan B W, Chai L L (2010)**. Large scale application of vibration sensors for fan monitoring at commercial layer hen houses. *Sensors (Basel)* 10, 11590–11604.
- Cook N J, Smykot A B, Holm D E, Fasenko G, Church J S (2006)**. Assessing Feather Cover of Laying Hens by Infrared Thermography. *J. Appl. Poult. Res.* 15, 274–279.
- Curi T M R C, Conti D, Vercellino R A, Massari J M, de Moura D J, de Souza Z M, Montanari R (2017)**. Positioning of sensors for control of ventilation systems in broiler houses: A case study. *Sci. Agric.* 74, 101–109.
- D’Alfonso TH, Manbeck HB, Roush WB (1996)**. A case study of temperature uniformity in three laying hen production buildings. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 3, 669–675.
- Dawkins M S, Cain R, Merelie K, Roberts S J (2013)**. In search of the behavioural correlates of optical flow patterns in the automated assessment of broiler chicken welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 145 (1-2), 44–50, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.02.001>.

Dawkins M S, Cain R, Roberts S J (2012). Optical flow, flock behaviour and chicken welfare. *Animal Behaviour* 84(1), 219–223.

Dawkins M S, Lee H J, Waitt C D, Roberts S J (2009). Optical flow patterns in broiler chicken flocks as automated measures of behaviour and gait. *Applied Animal Behaviour Science* 119(3-4), 203–209, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.04.009>

Dawkins M S, Roberts S J, Cain R J, Nickson T, Donnelly C A (2017). Early warning of footpad dermatitis and hockburn in broiler chicken flocks using optical flow, bodyweight and water consumption. *The Veterinary record* 180(20), 499, <https://doi.org/10.1136/vr.104066>.

Fernandez A P, Norton T, Tullo E, van Hertem T, Youssef A, Exadaktylos V, Vranken E, Guarino M, Berckmans D (2018). Real-based technology. *Biosyst. Eng.* 173, 103–114.

Gebhardt-Henrich S G, Toscano M J, Fröhlich E K F (2014). Use of outdoor ranges by laying hens in different sized flocks. *Applied Animal Behaviour Science* 155, 74–81, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.03.010>.

Icken W, Caverio D, Schmutz M, Thurner S, Wendl G, Preisinger R (2008). Analysis of the free range behaviour of laying hens and the genetic and phenotypic relationships with laying performance. *British Poultry Science* 49(5), 533–541, <https://doi.org/10.1080/00071660802158357>.

Icken W, Preisinger R (2009). New techniques to select laying hens for alternative systems. *British Poultry Science Abstracts* 5(1), 14–15.

Ji B, Zheng W, Gates R S, Green A R (2016). Design and performance evaluation of the upgraded portable monitoring unit for air quality in animal housing. *Comput. Electron. Agric.* 124, 132–140.

Liu K, Xin H, Shepherd T, Zhao Y (2018). Perch-shape preference and perching behaviors of young laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 203, 34–41.

Okada H, Itoh T, Suzuki K, Tsukamoto K (2009). Wireless sensor system for detection of avian influenza outbreak farms at an early stage. In *Proceedings of the 2009 IEEE Sensors*, VOLS 1–3, Christchurch, New Zealand, 25–28 October 2009; IEEE: New York, NY, USA, 1374–1377.

Pereira DF, Nääs IDA, Gabriel Filho LRA, Neto MM (2012). Cluster index for accessing thermal comfort for broiler breeders. In *Proceedings of the ASABE – 9th International Livestock Environment Symposium 2012, ILES 2012*, 207–212.

Pereira DF, Miyamoto BC B, Maia GDN, Tatiana Sales G, Magalhães MM, Gates RS (2013). Machine vision to identify broiler breeder behavior. *Comput. Electron. Agric.* 99, 194–199.

Riber AB, Hinrichsen LK (2016). Keel-bone damage and foot injuries in commercial laying hens in Denmark. *Animal Welfare* 25(2), 179–184, <https://doi.org/10.7120/09627286.25.2.179>.

Richards GJ, Wilkins LJ, Knowles TG, Booth F, Toscano MJ, Nicol CJ, Brown SN (2011). Continuous monitoring of pop hole usage by commercially housed free-range hens throughout the production cycle. *Veterinary Record* 169(13), 338, <https://doi.org/10.1136/vr.d4603>

Rizwan M, Carroll BT, Anderson DV, Daley W, Harbert S, Britton DF, Jackwood MW (2016). Identifying rale sounds in chickens using audio signals for early disease detection in poultry. In *Proceedings of the 2016 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP)*; IEEE, 55–59.

Rowe E, Dawkins MS, Gebhardt-Henrich SG (2019). A Systematic Review of Precision Livestock Farming in the Poultry Sector: Is Technology Focussed on Improving Bird Welfare? *Animals* 9(9), 614, <https://doi.org/10.3390/ani9090614>.

Sibanda TZ, Walkden-Brown SW, Kolakhyapati M, Dawson B, Schneider D, Welch M, Iqbal Z, Cohen-Barnhouse A, Morgan NK, Boshoff J, Ruhnke I (2019). Flock use of the range is associated with the use of different components of a multi-tier aviary system in commercial free-range laying hens. *British Poultry Science*, in Druck, <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1686123>

Stadig LM, Ampe B, Rodenburg TB, Reubens B, Maselyne J, Zhuang S, Criel J, Tuytens FAM (2018). An automated positioning system for monitoring chickens' location. Accuracy and registration success in a free-range area. *Applied Animal Behaviour Science* 201, 31–39, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.12.010>.

Thurner S, Wendl G, Preisinger R, Icken W (2006). Neue Technik für die Leistungsprüfung. *DGS Magazin* 48(6), S. 18–24.

Thurner S (2008). Entwicklung und Untersuchung eines verbesserten elektronischen Schlupflochs mit neuer Transponder-Technologie für die Gruppenhaltung von Legehennen, Abschlussbericht, *Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung*, D-85354 Freising.

Van Hertem T, Norton T, Berckmans D, Vranken E (2018). Predicting broiler gait scores from activity monitoring and flock data. *Biosyst. Eng.* 173, 93–102.

Wathes CM, Kristensen HH, Aerts JM, Berckmans D (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Comput. Electron. Agric.* 64, 2–10.

Werner A, Jarfe A, Stafford JV, Cox SWR, Sidney WR (2003). Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF: 1st European Conference on Precision Livestock Farming and 4th European Conference on Precision Agriculture, Berlin, Germany, Wageningen Academic: Wageningen, The Netherlands, Available online: <https://www.worldcat.org/title/programme-book-of-the-joint-conference-of-ecpa-510-ecplf/oclc/71312068> [accessed on May 8, 2019]. 511.

Zhang F, Hu Y, Chen L, Guo L, Duan W, Wang L (2016). Monitoring behavior of poultry based on RFID 592 radio frequency network. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 9, 139–147.

Zhao Y, Aarnink AJA, Hofschreuder P, Groot Koerkamp PWG (2009). Evaluation of an impaction and a cyclone preparator for sampling high PM10 and PM2.5 concentrations in livestock houses. *J. Aerosol Sci.* 40, 868–878.

Analyse physiologischer und ethologischer Merkmale laktierender Milchkühe zur frühzeitigen Erkennung von Wärmebelastung

Julia Heinicke (Dr.)^{1,*}, Severino Pinto (Dr.)², Theresa Müschner-Siemens (Dr.)¹, Gundul Hoffmann (Dr.)¹, Christian Ammon (Dr.)¹, Thomas Amon (Prof. Dr.)^{1,3}

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland

² Universität Leipzig, Veterinärmedizinische Fakultät, Klinik für Klauentiere, An den Tierkliniken 11, 04103 Leipzig, Deutschland

³ Institut für Tier- und Umwelthygiene, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin, Robert-von-Ostertag-Str. 7-13, 14163 Berlin, Deutschland

* Korrespondierender Autor. E-Mail: jheinicke@atb-potsdam.de

Zusammenfassung

Angesichts des prognostizierten Klimawandels hat die Thematik des Tierwohls und der Wärmebelastung bei Milchkühen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Der Temperatur-Feuchte-Index (THI) ist der am weitesten verbreitete Ansatz zur Beurteilung von Wärmebelastung, der Index beinhaltet jedoch keine tierbezogenen Indikatoren und ist demnach nicht tierindividuell anwendbar. Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, physiologische und ethologische Merkmale von laktierenden Milchkühen unter Wärmebelastung zu analysieren. Zusätzlich wurden individuelle tierbezogene Faktoren und verschiedene Wärmelasteffekte berücksichtigt.

Der Großteil der Messungen wurde kontinuierlich über einen Zeitraum von zwei Jahren in einem natürlich belüfteten Milchviehstall in Brandenburg durchgeführt. Das Stallklima, bestehend aus Stallinnentemperatur und re-

lativer Luftfeuchte, wurde alle 10 Minuten an acht Punkten innerhalb des Stalls erfasst, wobei der durchschnittliche THI für den jeweiligen Zeitpunkt berechnet wurde. Der THI dient zur Bewertung der auf die Kühe einwirkenden Wärmelast. Außerdem wurden die Atemfrequenz, die Herzfrequenz, die Wiederkaudauer sowie das Aktivitäts- und Liegeverhalten der Kühe analysiert. Zusätzlich fanden über einen kürzeren Zeitraum (2 Monate) Messungen auf einem Forschungsmilchviehbetrieb in Israel statt.

Mit zunehmender Wärmelast kam es zu einem Anstieg der Atemfrequenz in Abhängigkeit von der Körperhaltung und der Milchleistung der einzelnen Kühe. Außerdem nahm die Liege- und Wiederkaudauer ab. Die Ergebnisse zeigten, dass die untersuchten physiologischen und ethologischen Merkmale geeignet sind, um die Wärmebelastung von laktierenden Milchkühen individuell zu bewerten. Die Atmung und die Herzfrequenz reagierten sensitiv und sollten mit anderen Indikatoren kombiniert werden, um eine Wärmebelastung frühzeitig zu erkennen.

Schlüsselwörter: Atemfrequenz, Liegeverhalten, Wiederkaudauer, Herzfrequenz, Wärmelast

1. Einführung

Die Nutztierhaltung ist in den vergangenen Jahren zunehmend in den Mittelpunkt der gesellschaftlichen Aufmerksamkeit gerückt. Verbraucher von Lebensmitteln tierischer Herkunft zeigen immer mehr Interesse dafür, wie die Tiere gehalten werden, von denen die Lebensmittel stammen. Das Tierwohl (engl. animal welfare) spielt in der heutigen Zeit in unserer Gesellschaft eine immer größer werdende Rolle.

Eine Problematik bezüglich des Tierwohls in der Rinderhaltung ist der weltweite Klimawandel und der damit einhergehende Temperaturanstieg sowie die Zunahme von Wetterextremen (Gauly et al. 2013; Kadzere et al. 2002; Polsky und von Keyserlingk 2017). In den letzten Jahren waren auch in unseren Breitengraden vermehrt Extremsituationen zu beobachten, die das Wohlbefinden der Tiere tangierten und die landwirtschaftliche Tierhaltung vor Herausforderungen stellten (Hempel et al. 2019; Kjellström et al. 2018). Milchkühe in natürlich belüfteten Ställen sind vom Klimawandel

besonders betroffen. Einschränkungen des Tierwohls, der Gesundheit und der Produktionsleistung während der Hitzeperioden in den Sommermonaten werden von Nutztierhaltern zunehmend wahrgenommen, da Kühe relativ kältetolerant, jedoch hitzeempfindlich sind.

Die Berechnung des Temperatur-Feuchte-Index (engl. temperature-humidity index, THI) ist eine weit verbreitete Methode zur Beurteilung der Wärmelast. Diese berücksichtigt jedoch nur klimatische Daten und keine tierbezogenen Faktoren. Die Wärmelast bestimmt, welche physiologischen Thermoregulationsmechanismen zur Wärmeabgabe im Tier aktiviert werden und initiiert weitere physiologisch-ethologische Reaktionen der Tiere, die sensorisch bereits gut erfassbar sind (Galan et al. 2018; Hoffmann et al. 2020). Durch umfangreiche Literaturrecherchen ist es gelungen, physiologisch-ethologische Indikatoren der Tiere zu ermitteln, die mit den klimatischen Bedingungen korrelieren (Herbut et al. 2019; Hoffmann et al. 2020). Die besondere Schwierigkeit besteht darin, die zur Beurteilung von Wärmelast aussagekräftigsten und frühzeitigen Reaktionen zu identifizieren. Sie sollen vornehmlich tierbezogen und weniger haltungs- und managementbezogen sein. Ziel der vorliegenden Studie war es, ein intensives Monitoring des Mikroklimas und verschiedener physiologisch-ethologischer Merkmale von laktierenden Milchkühen durchzuführen, um beginnende Wärmebelastung frühzeitig und tierindividuell zu erkennen. In den umfangreichen multifaktoriellen Analysemodellen wurden verschiedene individuelle tierbezogene Faktoren (Laktationsnummer, Laktationsstadium, Milchleistung, usw.) sowie die Dauer und Intensität der Wärmelast berücksichtigt.

2. Materialien und Methoden

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts OptiBarn (FACCE-ERANET+ Initiative „Climate Smart Agriculture“) wurden in Langzeistudien (Juni 2015 – Mai 2017) in ausgewählten Ställen in Deutschland und Israel verschiedene Stallklimaparameter sowie unterschiedliche physiologisch-ethologische Merkmale am Einzeltier erfasst. Wesentliche Ergebnisse werden im Folgenden anhand der Messungen in einem Milchviehstall in Groß Kreutz, Deutschland (ca. 56 km westlich von Berlin, 32 m über NN) vorgestellt. Es handelte sich um einen



Abbildung 1: Pedometer zur Erfassung des Aktivitäts- und Liegeverhaltens (Foto: IceRobotics).



Abbildung 2: Halsband zur Erfassung der Wiederkaudauer (Foto: ATB).

Liegeboxenlaufstall mit freiem Kuhverkehr (51 Tiefliegeboxen mit Stroh-/Kalkeinstreu) und planbefestigtem Boden. Der Stall beherbergte durchschnittlich 50 laktierende Milchkühe (1. bis 8. Laktation). Die Kühe wurden zwei- bis dreimal täglich mit einem automatischen Melksystem (Lely Astronaut A4, Maassluis, Niederlande) gemolken. Die durchschnittliche Milchleistung betrug $40,7 \pm 6,8$ kg pro Kuh und Tag.

2.1. Stallklima

Die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit wurden in 10-Minuten-Intervallen an 8 Messpunkten direkt im Stall, jeweils 3,4 m über dem Stallboden, gemessen (Gerät: Easylog USB 2+ Sensor von Lascar Electronics Inc., USA). Die Untersuchungen von Hempel et al. (2018) deuten darauf hin, dass Klimamessungen in einer Höhe von ca. 3 bis 3,5 m eine gute Annäherung an die thermischen Bedingungen in der tierbesetzten Zone (engl. animal occupied zone) darstellen. Die Bewertung der mikroklimatischen Bedingungen erfolgte für

Hilfe des THI, der für die Beurteilung des Stallklimas hinsichtlich der Wärmelast weit verbreitet ist. Es wurde die THI-Formel nach NRC (1971) angewandt:

$$THI = (1,8 \times T + 32) - ((0,55 - 0,0055 \times H) \times (1,8 \times T - 26)).$$

Hierbei steht T für die Lufttemperatur in °C und H für die relative Luftfeuchtigkeit in %. Als Schwellenwerte für die Intensität der Wärmelast wurde ein THI ≥ 68 als beginnende Wärmelast, THI ≥ 72 als milde-moderate Wärmelast und THI ≥ 80 als moderate-starke Wärmelast definiert (Collier et al. 2012). Durch die 10-minütigen Messintervalle konnte die Dauer der Wärmelast pro Wärmelastintensität ermittelt werden. Neben dem durchschnittlichen THI pro Tag gibt die Dauer der Wärmelast pro Wärmelastintensität genauere Informationen darüber, wie lange, wie stark und wann die Tiere der Belastung ausgesetzt waren.

2.2. Aktivitäts- und Liegeverhalten

Zur Aufzeichnung des tierindividuellen Aktivität und Liegeverhaltens wurden die Tiere am Hinterbein mit einem IceTag3D™ Sensor (IceRobotics, Edinburgh, UK) ausgestattet (Abb. 1). Das Accelerometer beinhaltet einen Lage- und Beschleunigungssensor, mit dem die Körperhaltung der Kuh (liegend vs. stehend/gehend), die Anzahl der Schritte und der Bewegungsindex pro Sekunde über eine Software ausgegeben werden können. Anhand der Daten wurden die Dauer, die Häufigkeit und der Zeitpunkt bzw. -raum der Aktivitäten Liegen, Stehen und Gehen ermittelt.

2.3. Wiederkaudauer

Die Wiederkaudauer wurde kontinuierlich über 24 h mit einem mikrofonbasierten Wiederkausensor (Lely Qwes HR, Lely, Maassluis, NL) am Halsband jeder einzelnen Kuh aufgezeichnet (Abb. 2). Ein zusätzliches Gewicht am Halsband hält den Wiederkausensor in der optimalen Messposition, oben links hinter dem Ohr. Die Datenübertragung erfolgte während des Melkens im automatischen Melksystem. Die Daten wurden von der Software zusammengefasst und sowohl in Minuten pro 2 Stunden als auch in Minuten pro Tag ausgegeben.

2.4. Atemfrequenz

Die Atemfrequenz der Milchkühe diente als sensitiver Vitalparameter. Hierzu wurde für

30 s die Anzahl der Atemzüge durch Zählen der Flankenbewegungen visuell erfasst und mit zwei multipliziert (Atemzüge/Minute). Je nach Messreihe wurden diese Messungen stündlich von 0700 h bis 1500 h (GMT + 0100 h) oder zweimal täglich (morgens und nachmittags) durchgeführt. Gleichzeitig wurde dokumentiert, ob sich das Tier während der Messung in einer liegenden oder stehenden Position befand.

2.5. Herzfrequenz

Die Herzfrequenz wurde ausschließlich bei stehenden Kühen zweimal täglich (morgens und nachmittags) mit einem Stethoskop zwischen dem vierten und sechsten Interkostalraum im Bereich des Brustbeins 15 s lang gemessen. Der Wert wurde mit vier multipliziert, um die Schläge pro Minute zu errechnen.

2.6. Statistische Datenanalyse

Die verschiedenen angewandten Analysemethoden und -modelle sind in den entsprechenden Publikationen ausführlich beschrieben (Heinicke et al. 2018, 2019; Müschner-Siemens et al. 2020; Pinto et al. 2019a, 2019b, 2020). Alle Analysen wurden mit der freien Statistiksoftware R Version 3.4.2 (R Development Core Team, 2017) oder SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) durchgeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Stallklima

Der THI erreichte innerhalb des Versuchszeitraums Werte von 20,4 bis 86,0. Von Mai bis September war die Wärmelast stark ausgeprägt. Die längste Wärmelastdauer, bei der der Schwellenwert überschritten wurde, konnte im August 2016 beobachtet werden. Der Schwellenwert wurde in 65 % dieses Monats überschritten. Abb. 3 zeigt die Verteilungen mit der täglichen Wärmelastdauer im Detail. Im August 2016 wurde an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen eine tägliche Wärmelastdauer von bis zu 20 h erreicht, ohne dass zwischen den Tagen eine Entlastungsphase lag. Die in der vorliegenden Studie erfassten klimatischen Bedingungen ähnelten THI-Werten, die zuvor in Milchviehställen in angrenzenden Regionen aufgezeichnet wurden (Ammer et al. 2016; Gorniak et al. 2014; Lambertz et al. 2014). Ergänzend zur bestehenden Literatur liefert unsere Studie durch die zusätzliche Angabe der Wärmelastdauer

er zusätzliche Informationen zur Wärmelastakkumulation während des Sommers.

3.2. Aktivitäts- und Liegeverhalten

Unsere Studie zeigte, dass laktierende Milchkühe ihr Aktivitäts- und Liegeverhalten in Abhängigkeit von der Dauer und Intensität der täglichen Wärmelast verändern (Heinicke et al. 2018; Heinicke et

al. 2019). Eine Zunahme der Dauer und Intensität der Wärmelast am Messtag führte zu einer Abnahme der Liegedauer (Abb. 4) und zu einer Zunahme der Schrittzahl. Die Verhaltensreaktionen der Kühe auf die Wärmelast fielen geringer aus, wenn dem Messtag über drei Tage hinweg eine zusätzliche Wärmelastakkumulation vorausgegangen war (Heinicke et al. 2019). Die Wärmelastakkumulation sowie

individuelle tierbezogene Faktoren sollten in Vorhersagemodellen für eine frühzeitige, tierindividuelle Erkennung von Wärmebelastung auf der Basis des Aktivitäts- und Liegeverhaltens berücksichtigt werden. Die unter Wärmelastbedingungen beobachtete Abnahme der Liegedauer stimmt mit Erkenntnissen aus der Literatur überein (Cook et al. 2007; Endres und Barberg 2007; Herbut und Angrecka 2018). Unser innovativer Ansatz, das Aktivitäts- und Liegeverhalten zu analysieren, nachdem dem Messtag über mehrere Tage eine Wärmelastakkumulation vorausgegangen war, wurde bisher noch nicht angewandt.

3.3. Wiederkaudauer

Die Studie zeigte, dass die Wärmelast auch die Wiederkaudauer negativ beeinflusst. Mittels Broken-Stick-Regression wurde ein Wärmelast-Schwellenwert von 52 THI ermittelt, der Veränderungen der Wiederkaudauer von laktierenden Milchkühen anzeigte (Abb. 5). Die Veränderungen der Wiederkaudauer bis zum Erreichen der Belastungsschwelle für Wärmelast wurden von mehreren tierbezogenen Faktoren, wie Milchleistung, Laktationsnummer, Laktationsstadium und Trächtigkeitsstadium beeinflusst (Müschner-Siemens et al. 2020). Zum Beispiel können multipare, hochleistende Kühe in späteren Laktationsstadien stärker betroffen sein als andere Kühe. Eine negative Korrelation zwischen der Wiederkaudauer und der Wärmelast zeigte sich häufig in verschiedenen Studien (Acatincăi et al. 2009; Moretti et al. 2017; Soriani et al. 2013). Dies stimmte mit unseren Ergebnissen überein, wir fanden jedoch einen individuellen Schwellenwert (THI 52) für die Wärmelast, der in gemäßigten Klimazonen niedriger war als in heißeren Regionen.

3.4. Atemfrequenz

Die Atemfrequenz stieg mit zunehmender Wärmelast an ($p < 0,001$). Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Effekt der Interaktion zwischen der aktuellen Wärmelastintensität und der Körperhaltung auf die Atemfrequenz. Die Atemfrequenz von liegenden Kühen war höher als die von stehenden Kühen bei gleicher Wärmelastintensität (Abb. 6). Außerdem wurde für jedes täglich produzierte Kilogramm Milch ein Anstieg der Atemfrequenz um $0,23 \pm 0,19$ Atemzüge pro Minute beobachtet (Pinto et al. 2019a).

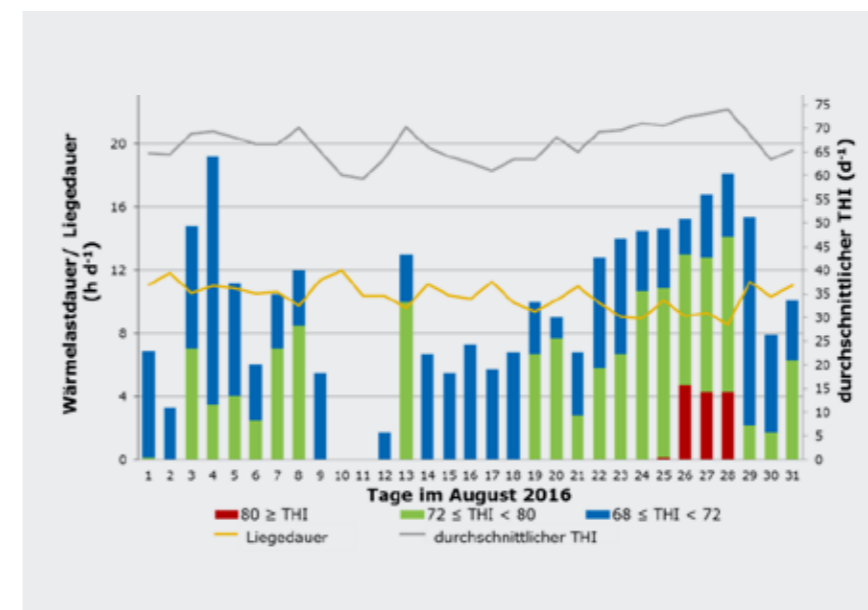


Abbildung 3: Tagesdurchschnittlicher Temperatur-Feuchte-Index (THI) im August 2016 sowie die tägliche Liegedauer und die jeweilige Wärmelastdauer der verschiedenen Wärmelastintensitäten (modifiziert nach Heinicke et al. 2018).

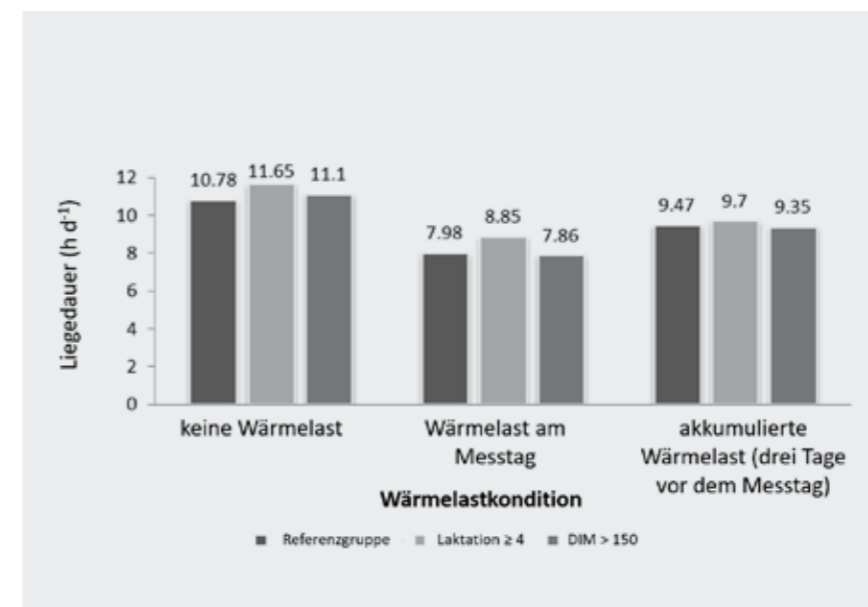


Abbildung 4: Tägliche Liegedauer (min d⁻¹) von Tieren der Referenzgruppe (1. Laktation, normales Milchniveau, keine Trächtigkeit, nicht im Östrus), in Laktation ≥ 4 und mit DIM > 150 unter verschiedenen Wärmelastkonditionen (modifiziert nach Heinicke et al. 2019).

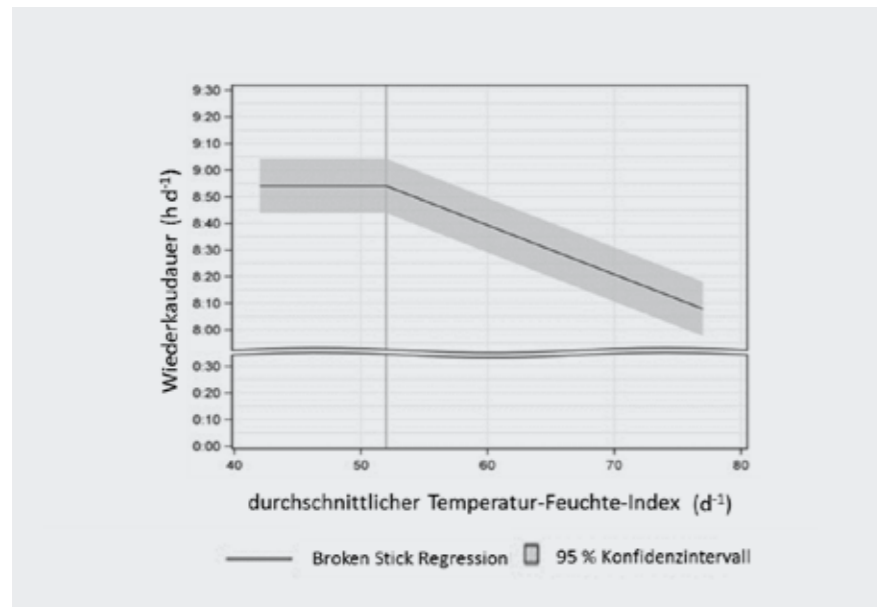


Abbildung 5: Wiederkaudauer in Stunden pro Tag in Abhängigkeit vom durchschnittlichen täglichen Temperatur-Feuchte-Index (THI) unterhalb und oberhalb der ermittelten Wärmelast-Schwelle von THI=52 mittels Broken-Stick-Regression (graue vertikale Linie) (modifiziert nach Müschner-Siemens et al. 2020).

Die Wärmelastschwelle des THI bezogen auf die Atemfrequenz wurde während der Datenerfassung für jede Körperhaltung (liegend vs. stehend) ermittelt. Die Ergebnisse deuten auf zwei unterschiedliche Wärmelastschwelle hin (Abb. 6). Die beste Anpassung der Wärmelastschwelle bezogen auf die Atemfrequenz lag für stehende Kühe bei einem THI von 70, während das Broken-Stick-Modell für Kühe in liegender

Körperhaltung eine niedrigere Belastungsschwelle bei einem THI von 65 zeigte (Pinto et al. 2020).

Die Messungen in Israel wurden durchgeführt, um die Auswirkungen der Verdunstungskühlung auf die Atemfrequenz bei zwei unterschiedlichen Häufigkeiten der Kühlung pro Tag zu bewerten. Die Kühlung erfolgte im Wartebereich des Melkstandes

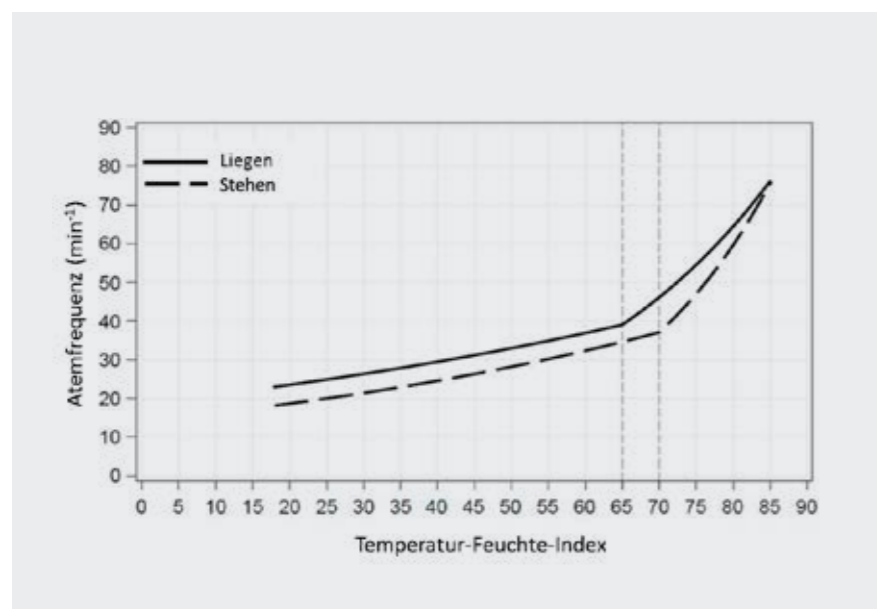


Abbildung 6: Atemfrequenz pro Minute in Abhängigkeit vom Temperatur-Feuchte-Index und in Bezug auf die Körperhaltungen Liegen und Stehen (modifiziert nach Pinto et al. 2019a).

durch Wasserberieselung und anschließender Belüftung mit Hilfe von Ventilatoren. In der Gruppe, die 8 Mal pro Tag gekühlt wurde, war die Atemfrequenz stehender und liegender Kühe niedriger, als in der Gruppe, die 3 Mal pro Tag gekühlt wurde. Demzufolge führen acht statt drei Kühlungen pro Tag bei Kühen unter Wärmelast und unter heißen klimatischen Bedingungen zu einer effektiv stärkeren Abnahme der Atemfrequenz (Pinto et al. 2019b).

3.5. Herzfrequenz

Die Reaktion der Herzfrequenz bei einem Schwellenwert für Wärmelast von 69 THI zeigte, dass die Tiere Anpassungen für die Thermoregulation einleiten (Pinto et al. 2020). In einer früheren Studie, die in Brasilien mit Holstein Kühen durchgeführt wurde, zeigte die Herzfrequenz einen Anstieg ab einem THI von 72 (Dalcin et al. 2016).

4. Schlussfolgerungen

Alle Parameter haben sich als nützliche Bewertungskriterien für die Beurteilung der physiologisch-ethologischen Reaktionen von laktierenden Milchkühen auf Wärmelast erwiesen. Die in der Nutztierhaltung bereits eingesetzten Aktivitäts- und Wiederkausensoren sind jetzt schon nützliche Werkzeuge für den Herdenmanager. Die visuell am Einzeltier erfasste Atemfrequenz ist ein sensibler Parameter und bietet ein hohes Potenzial in der Echtzeitüberwachung zur Früherkennung der Wärmebelastung. Allerdings sind visuelle Aufzeichnungen extrem zeitaufwendig und daher im Alltag nur schwer zu implementieren. Daher sollten Algorithmen entwickelt werden, die physiologische und ethologische Merkmale der Tiere kombiniert verarbeiten und in Managemententscheidungen einbeziehen, so dass komplexe Abweichungen vom „normalen“ Tierverhalten als Signal wirken.

Ein wesentlicher Ansatz für die Implementierung und Anwendung datengetriebener Entscheidungsalgorithmen ist die automatische und digitale Erfassung der Atemfrequenz durch einen Sensor, an dem derzeit innerhalb der Arbeitsgruppe intensiv gearbeitet wird (Strutzke et al. 2019).

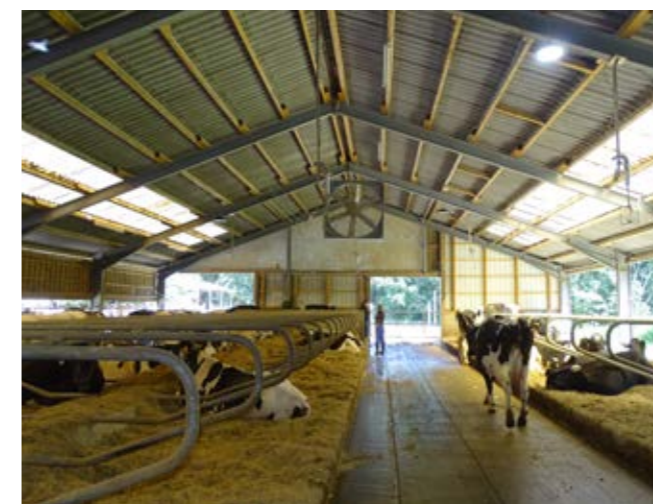
Danksagung

Diese Studie wurde im Rahmen des **Opti-Barn-Projektes** der FACCE ERANET+ Initiative zur klimagerechten Landwirtschaft durchgeführt. Die Arbeit wurde finanziell unterstützt durch das deutsche **Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft** (BMEL) über die **Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung** (BLE), Förderkennzeichen 2814ERA02C.

Die Autoren danken den Mitarbeitern der Abteilung Technik in der Tierhaltung des **Leibniz-Instituts für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.** (ATB Potsdam), den Mitarbeitern der Lehr- und **Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung** (LVAT Groß Kreutz) und den Mitarbeitern des experimentellen Milchviehbetriebs im **Volcani Center** (Bet Dagan, Israel) für ihre Unterstützung beim Versuchsaufbau und der Tierpflege.



Abbildung 7: Außenansicht des natürlich belüfteten Außenklimastall (Foto: ATB).



Abbildungen 8–11: Laufgang am Futtertisch mit zusätzlichen Lüftungsschläuchen über den Fressplätzen (oben links), Tiefliegeboxen mit Stroh-Kalk-Einstreu (oben rechts), Liegeboxenlaufstall mit freiem Kuhverkehr und planbefestigtem Boden (unten links), Automatisches Melksystem im Stall integriert (unten rechts) (Foto: ATB).

Literaturverzeichnis

Acatincăi S, Gavojdian D, Csiszter L, Tripon I, ALUNGEI A, Popian C (2009). Study regarding rumination behaviour in multiparous Romanian Black and White cows during summer season. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies* 42, 191-194.

Ammer S, Lambertz C, Gauly M (2016). Is reticular temperature a useful indicator of heat stress in dairy cattle? *Journal of Dairy Science* 99, 10067-10076.

Collier RJ, Hall LW, Rungruang S, Zimbleman RB (2012). Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. Department of Animal Sciences University of Arizona, 68.

Cook NB, Mentink RL, Bennett TB, Burgi K (2007). The Effect of Heat Stress and Lameness on Time Budgets of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 90, 1674-1682.

Dalcin VC, Fischer V, Daltro DD, Alfonso EPM, Stumpf MT, Kolling GJ, da Silva MVGB, McManus C (2016). Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. *Braz. J. Anim. Sci.* 45, 458-465. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000800006>.

Endres MI, Barberg AE (2007). Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. *Journal of dairy science* 90, 4192-4200.

Galan E, Llonch P, Villagra A, Levit H, Pinto S, del Prado A (2018). A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PLoS one* 13, e0206520.

Gauly M, Bollwein H, Breves G, Brügemann K, Dänicke S, Daş G, Demeler J, Hansen H, Isselstein J, König S (2013). Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. *Animal* 7, 843-859.

Gorniak T, Meyer U, Südekum KH, Dänicke S (2014). Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition in mid-lactation Holstein dairy cows in a temperate climate. *Archives of animal nutrition* 68, 358-369.

Heinicke J, Hoffmann G, Ammon C, Amon B, Amon T (2018). Effects of the daily heat load duration exceeding determined heat load

thresholds on activity traits of lactating dairy cows. *Journal of thermal biology* 77, 67.

Heinicke J, Ibscher S, Belik V, Amon T (2019). Cow individual activity response to the accumulation of heat load duration. *Journal of thermal biology* 82, 23-32.

Hempel S, König M, Menz C, Janke D, Amon B, Banhazi TM, Estellés F, Amon T (2018). Uncertainty in the measurement of indoor temperature and humidity in naturally ventilated dairy buildings as influenced by measurement technique and data variability. *Biosystems Engineering* 166, 58-75.

Hempel S, Menz C, Pinto S, Galán E, Janke D, Estellés F, Müschner-Siemens T, Wang X, Heinicke J, Zhang G (2019). Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios-uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics* 10, 859-884.

Herbut P, Angrecka S (2018). The effect of heat stress on time spent lying by cows in a housing system. *Annals of Animal Science* 18, 825-833.

Herbut P, Angrecka S, Godyń D, Hoffmann G (2019). The physiological and productivity effects of heat stress in cattle—a review. *Annals of Animal Science* 1.

Hoffmann G, Herbut P, Pinto S, Heinicke J, Kuhla B, Amon T (2020). Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. *Special Issue: Environmental stressors, Review. Biosystems Engineering*, 199, 83 - 96.

Kadzere C, Murphy M, Silanikove N, Maltz E (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock production science* 77, 59-91.

Kjellström E, Nikulin G, Strandberg G, Christensen OB, Jacob D, Keuler K, Lenderink G, van Meijgaard E, Schär C, Somot S (2018). European climate change at global mean temperature increases of 1.5 and 2 degrees C above preindustrial conditions as simulated by the EURO-CORDEX regional climate models. *Earth System Dynamics* 9, 459-478.

Lambertz C, Sanker C, Gauly M (2014). Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *Journal of Dairy Science* 97, 319-329.

Moretti R, Biffani S, Chessa S, Bozzi R (2017). Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. *Animal* 11, 2320-2325.

Müschner-Siemens T, Hoffmann G, Ammon C, Amon T (2020). Daily rumination time of lactating dairy cows under heat stress conditions. *Journal of Thermal Biology* 88, 102484.

National Research Council NRC (1971). A Guide to Environmental Research on Animals. *Natl. Acad. Sci.*, Washington, DC.

Pinto S, Hoffmann G, Ammon C, Amon B, Heuwieser W, Halachmi I, Banhazi T, Amon T (2019a). Influence of barn climate, body postures and milk yield on the respiration rate of dairy cows. *Annals of Animal Science* 19, 469-481.

Pinto S, Hoffmann G, Ammon C, Amon T (2020). Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. *Journal of Thermal Biology* 88, 102523.

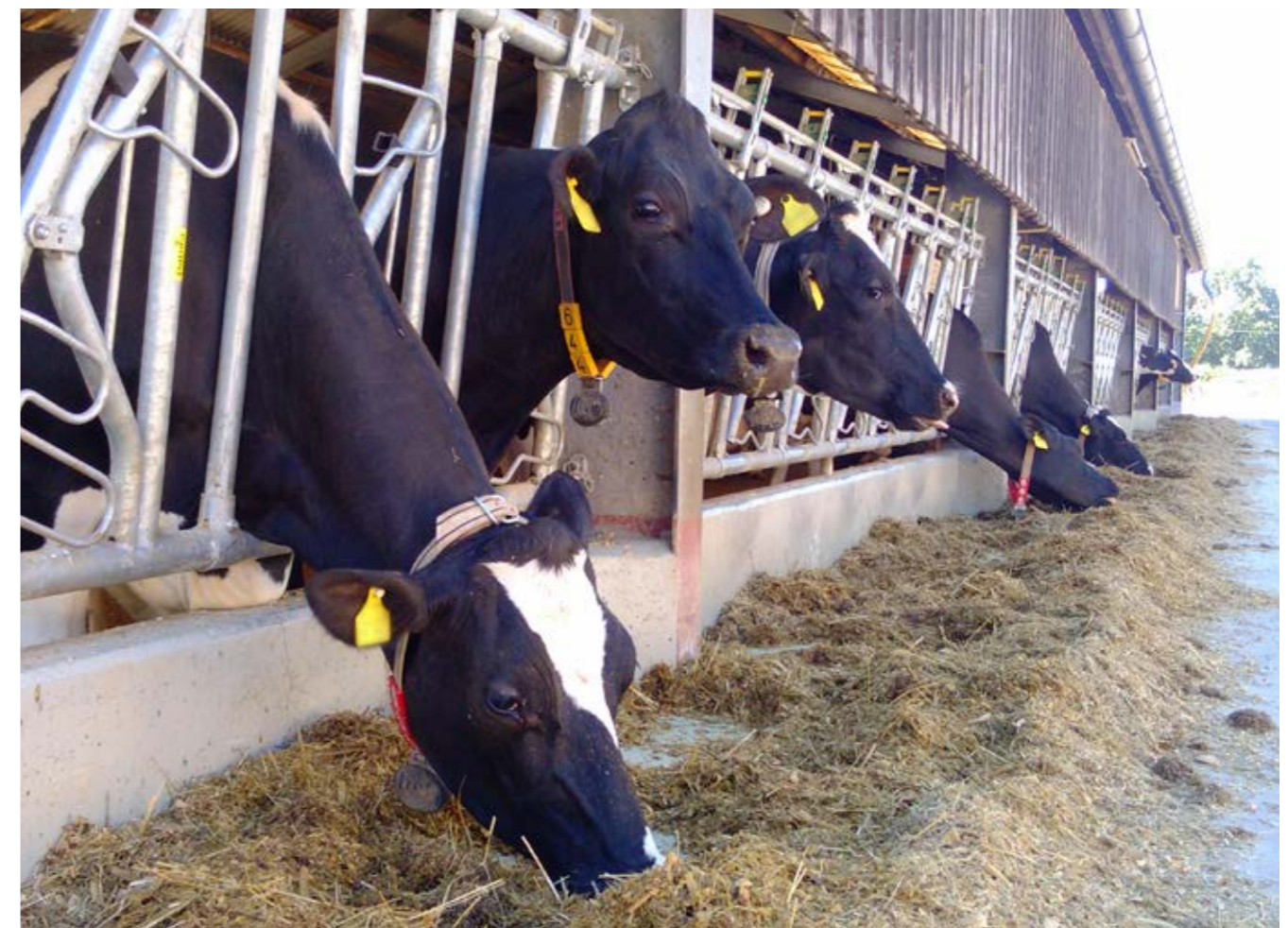
Pinto S, Hoffmann G, Ammon C, Heuwieser W, Levit H, Halachmi I, Amon T (2019b). Effect of two cooling frequencies on respiration rate in lactating dairy cows under hot and humid climate conditions. *Annals of Animal Science* 1.

Polsky L, von Keyserlingk MA (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of dairy science* 100, 8645-8657.

R Development Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. Wien, Österreich: R Foundation for Statistical Computing; 2017. ISBN3-900051-07-0 <https://www.R-project.org>.

Soriani N, Panella G, Calamari L (2013). Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of dairy science* 96, 5082-5094.

Strutzke S, Fiske D, Hoffmann G, Ammon C, Heuwieser W, Amon T (2019). Development of a noninvasive respiration rate sensor for cattle. *Journal of dairy science* 102, 690-695.



Abbildungen 12 und 13: Liegeboxenbereich (oben), Futtertisch mit Fress-Fang-Gittern (unten) (Foto: ATB).

Die „Bewegungsbucht“ für säugende Sauen als Spielweise für Precision Livestock Farming

Johannes Baumgartner (Ass. Prof. Dr. med. vet., Dipl. ECAWBM (AWSEL)), Kristina Maschat (Dr. med. vet.), Maciek Oczak (PhD.)

Institut für Tierschutzwissenschaften und Tierhaltung, Veterinärmedizinische Universität Wien; Veterinärplatz 1, A-1210 Wien, Österreich

Industrialisierung der Schweinehaltung

Die in den 1960er Jahren weltweit einsetzende Industrialisierung der Schweineproduktion hat zu dramatischen Veränderungen der Strukturen, Haltungssysteme und Verfahrensabläufe geführt (Abbildung 1). Durch intensive Anstrengungen in Zucht, Fütterung, Stallbau und Veterinärmedizin sowie durch massive Bestandsaufstockung und Erhöhung der Besatzdichten wurde die

Produktion erheblich ausgeweitet. Gleichzeitig konnte die menschliche Betreuungsarbeit durch den Einsatz von Technik und die Anwendung von Managementkonzepten deutlich reduziert und erleichtert werden. Als Beispiel für diese Entwicklung sei der Abferkelbereich angeführt, in welchem heute vielerorts Gruppen von mehreren hundert Sauen im Produktionsrhythmus fast zeitgleich tausende Ferkel zur Welt bringen und aufziehen, wobei sie im Extremfall von nur einer Person betreut werden.

Möglich gemacht hat diese Entwicklung auch das System der flächenminimierten Abferkelbucht mit dauerhafter Haltung der Sau im Kastenstand, durch welchen die Erdrückungsverluste in akzeptablen Grenzen gehalten werden konnten (King et al. 2019). Die Kastenstandhaltung wirkt sich jedoch nachweislich negativ auf das Wohlergehen der Sauen aus, eingeschränkte Bewegungsfreiheit, Unmöglichkeit der Trennung von Liege- und Kotplatz, reduzierte soziale Interaktionen mit neugeborenen Ferkeln (Melišová et al. 2011) und negative Auswirkungen auf die Gesundheit (Lambertz et al. 2015, Singh et al. 2017, Maschat et al. 2020) sind die Folge. Zudem behindert die permanente Kastenstandhaltung die Sau auch am endogen gesteuerten und hoch motivierten vorgeburtlichen Nestbauverhalten, das etwa 24 Stunden vor der

Geburt beginnt, 12 bis 6 Stunden vor der Geburt am intensivsten ist (Anstieg der Aktivität auf das 3-fache) und dann zur Geburt hin allmählich abnimmt (Wischner et al. 2009, Castrén et al. 1993).

Vom permanenten Kastenstand zur „Bewegungsbucht“

Die massive Beeinträchtigung des Wohlergehens der Sau (EFSA 2007) hat dazu geführt, dass der Kastenstand im Abferkelbereich zunehmend in die öffentliche Kritik geraten ist. Während einige Länder (CH, NO, SE) auf die Kastenstandhaltung bereits gänzlich verzichtet haben und „freie Abferkelbuchten“ vorschreiben, verfolgen andere Mitgliedstaaten der EU (DE, AT) vorerst das Konzept der sogenannten „Bewegungsbucht“ (Abbildung 2). Dabei werden Sauen nur in den ersten Tagen nach der Geburt vorübergehend in Abferkelständen gehalten (Hales et al. 2015). In dieser Zeit ist das Risiko des Ferkelerdrückens am größten (Marchant et al. 2000). Nach der „kritischen Lebensphase der Ferkel“ wird den Sauen durch Öffnen des Abferkelstands eine freie Bewegungsmöglichkeit für die restliche Säugeperiode geboten. „Bewegungsbuchten“ stellen somit einen angepassten Kompromiss zwischen den ökonomischen Ansprüchen der Tierhalter*innen und den Bedürfnissen von Sauen und Ferkeln dar (King et al. 2019).

Grundsätzlich sollten Sauen in Bewegungsbuchten während der Phase des vorgeburtlichen Nestbaus nicht im Abferkelstand gehalten werden. Die Herausforderung besteht jedoch darin, den Abferkelstand zum für jede Sau bestmöglichen Zeitpunkt



Abbildung 1: Tierbetreuung in einer eingestreuten Abferkelbucht im Jahr 1957 (Quelle: Bundesarchiv, Foto Siegert).



Abbildung 2: Öffnen des Abferkelstandes in einer „Bewegungsbucht“ (Quelle: Projekt Pro-SAU).

zu schließen. „Optimal“ wäre dies im Zeitraum zwischen dem Ende des Nestbauverhaltens und dem Beginn der Geburt. Wegen der biologischen Schwankungsbreite der Trächtigkeitsdauer würde dieser Ansatz jedoch eine zeitaufwändige Sauenbeobachtung erfordern. Vor diesem Hintergrund ist in Deutschland (TierSchNutzV) und Österreich (1. THVO) das Einschließen der Sauen im Kastenstand zum Schutz der Ferkel bereits einen Tag vor dem errechneten Geburtstermin der jeweiligen Sauengruppe zulässig. Folglich werden nahezu alle in Bewegungsbuchten nach Mindeststandard gehaltenen Sauen während der Nestbauphase im Kastenstand fixiert sein, Sauen mit längerer Trächtigkeitsdauer würden um mehrere Tage zu früh eingesperrt, jene mit kürzerer Trächtigkeit würden frei abferkeln. Diese komplexen Zusammenhänge bildeten die Ausgangsposition für Untersuchungen der Arbeitsgruppe „Precision Livestock Farming“ der Vetmeduni Vienna.

PLF-Ansatz zur Ermöglichung von Nestbauverhalten

Im Rahmen des österreichischen Projektes „Pro-SAU“ (Untersuchungen zur Dauer der „kritischen Lebensperiode der Ferkel“ in fünf verschiedenen Bewegungsbucht-Typen; Heidinger et al. 2017) wurde ein automatisiertes Monitoring-System entwickelt, mit dem die Grundaktivität der Sauen permanent und in Echtzeit auf individueller Ebene analysiert werden kann (Oczak et al. 2020). Die automatisierte Erkennung des Aktivitätsanstiegs beim vorgeburtlichen

Nestbauverhalten unter Verwendung von Sensortechnologie (Oczak et al. 2015) soll dabei helfen, den „bestmöglichen“ Fixierungszeitpunkt individuell für jede Sau zu erkennen. Dafür wurde ein Teil der in Pro-SAU untersuchten Sauen mit einer speziellen Ohrmarke mit Beschleunigungssensor versehen. Insgesamt wurden Beschleunigungsdaten von 53 Sauen in die Algorithmus-Entwicklung einbezogen, wobei 27 Sauen den Trainingsdatensatz und 26 Sauen den Validierungsdatensatz lieferten. Diese Beschleunigungsdaten wurden modelliert, um daraus zwei Arten von Alarmen zu generieren: Der erste Alarm soll den Beginn des Nestbauverhaltens anzeigen („Start-Alarm“), während der zweite Alarm auf das Ende des Nestbaus hinweisen soll („End-Alarm“).

Die gewonnenen Beschleunigungsdaten wurden mit der Kalman-Filterung und dem KALMSMO-Algorithmus (Fixed Interval Smoothing) modelliert. Im ersten Schritt wurde die physikalische Gesamtbeschleunigung (Magnitude) aus drei Achsen der Beschleunigungsmessdaten (xyz) geschätzt. Im zweiten Schritt wurde die physikalische Gesamtbeschleunigung mit einer Standardabweichung geglättet, die auf einem „sliding window“ von 24 Stunden in 15 Minuten-Schritten berechnet wurde. Ein „smoothing window“ von 24 Stunden ermöglichte die Elimination von Aktivitätsschwankungen im Zusammenhang mit dem Tagesrhythmus des Tieres. Diese Input-Variable wurde verwendet, um einen Trend in der Aktivität jeder Sau abzuschätzen.

Die Änderungen des Trends in der Aktivität der Sauen bildete eine Grundlage für die Bestimmung der zeitlichen Annäherung an den Geburtsbeginn und für die Ermittlung von Start- und End-Alarmen. Der KALMSMO-Algorithmus wurde zur Abschätzung der Aktivitätsdynamik der Sauen verwendet. In den folgenden Schritten wurde das feste Intervall rekursiv um 15-Minuten-Schritte verlängert, bis sich der Trend in der Sauaktivität zu einem signifikanten Anstieg änderte. Dies wurde dadurch angezeigt, dass die Eingabevariable einen höheren Wert als das obere Konfidenzintervall des geschätzten Trends erreichte (Abbildung 3). Zu diesem Zeitpunkt wurde der Start-Alarm ausgelöst, der über den Beginn des Nestbaus und die daran anschließende Geburt informiert.

Im nächsten Schritt wurde der KALMSMO-Algorithmus mit einem festen Intervall auf die Beschleunigungsdaten ab dem Start-Alarm angewendet. Danach wurde das feste Intervall rekursiv um 15-Minuten-Schritte verlängert, bis sich der Trend in der Sauaktivität zu einer signifikanten Abnahme veränderte. Dies wurde dadurch angezeigt, dass die Input-Variable einen niedrigeren Wert erreichte als das untere Konfidenzintervall des geschätzten Trends (Abbildung 4). Zu diesem Zeitpunkt wurde der End-Alarm ausgelöst, welcher das Ende des Nestbaus und die zeitnahe beginnende Geburt anzeigt und somit als Hinweis auf den „bestmöglichen“ Beginn der Fixierung der Sau im Abferkelstand interpretiert werden kann.

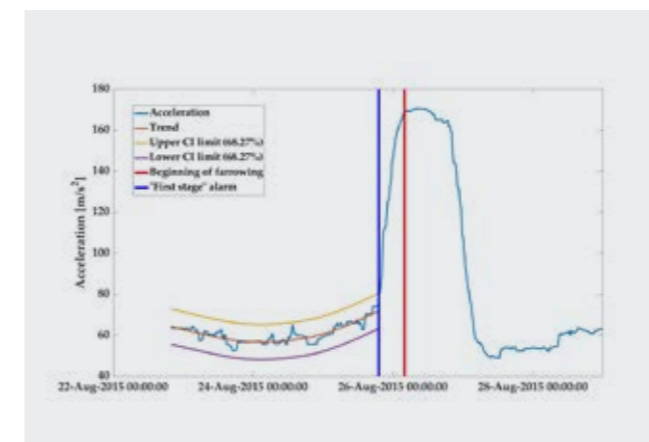


Abbildung 3: „Start-Alarm“ 9 Stunden vor Geburtsbeginn. Der dargestellte Zeitraum beginnt 12 Stunden nach dem Einbringen einer Sau in die Abferkelbucht und endet 3 Tage nach dem Abferkeln (Oczak et al. 2020).

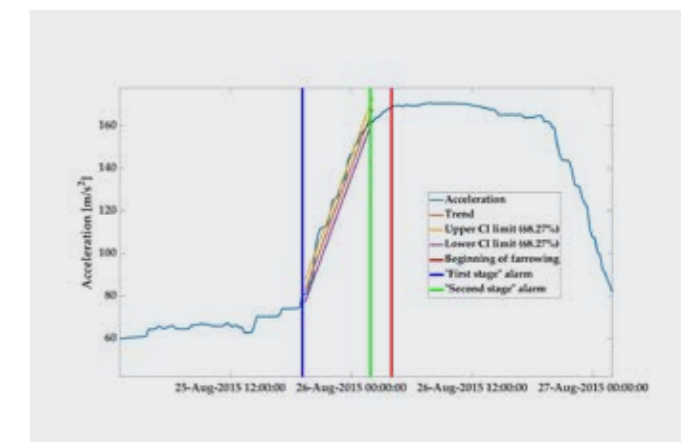


Abbildung 4: „End-Alarm“ 2 Stunden vor Geburtsbeginn. Der dargestellte Zeitraum beginnt 24 Stunden vor Beginn der Geburt und endet 20 Stunden danach (Oczak et al. 2020).

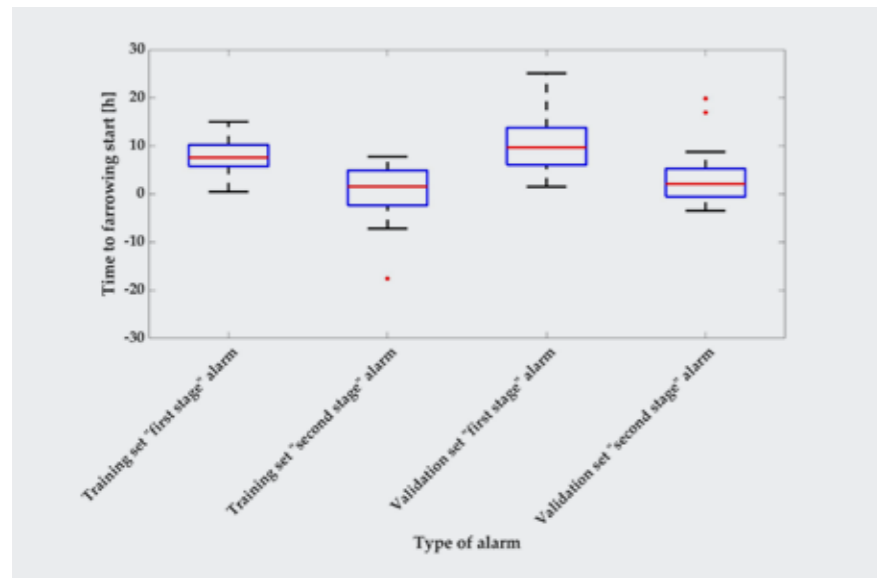


Abbildung 5: Verteilung der Dauer zwischen einem Alarm und dem Geburtsbeginn in Trainings- und Validierungsdatensatz (Oczak et al. 2020).

Mit dem Start-Alarm war es möglich, den Geburtsbeginn auf Grundlage der erhöhten Aktivität der Sauen im Validierungsdatensatz mit einem Median von 8 h 51 min vorherzusagen. Der End-Alarm, der den Tierhalter auf die „Notwendigkeit“ hinweist, die Sauen im Abferkelstand zu fixieren, wurde mit einem Median von 2 h 3 min vor dem Einsetzen der Geburt ausgelöst (Abbildung 5).

Diskussion und Schlussfolgerung

Das entwickelte Monitoring-System für einen Abferkelbereich mit Bewegungsbuchten und temporärer Fixierung der Sauen könnte dazu beitragen, einen verbesserten Kompromiss zwischen den Anforderungen der Tierhalter*innen und den Ansprüchen von Sau und Ferkeln zu erzielen. Mit Hilfe des Start-Alarms, der im Versuchsbetrieb zwischen 6 und 13 Stunden vor Geburtsbeginn ausgelöst wurde, könnte Nestbau in freier Beweglichkeit für alle Sauen ermöglicht werden. Durch eine punktgenaue Gabe von zusätzlichem Nestbaumaterial (Stroh) nach dem Start-Alarm könnten diese im Nestbauverhalten unterstützt werden, ohne das Gülle-System zu überlasten. Zugleich könnte die Abferkelbucht auf die neugeborenen Ferkel vorbereitet werden (Traulsen et al. 2018). Die präzisere Übersicht über das Geburtsgeschehen sollte auch dazu beitragen, dass Sauen in Geburtsvorbereitung seltener gestört werden (Oliviero et al. 2008). Der End-Alarm zeigt

dem Tierbetreuer das Ende der Nestbauaktivität der Sau und die zeitnahe beginnende Geburt an. Er markiert somit den „bestmöglichen Zeitpunkt“, um die Sau zum Schutz der neugeborenen Ferkel vor dem Erdrücken im Abferkelstand einzuschließen. Die Geburtsbetreuung könnte durch die Unterstützung des entwickelten PLF-Tools etwas tierfreundlicher und arbeitseffizienter gestaltet werden.

Im Zusammenhang mit dem Anbringen der Sensor-Ohrmarke ist die jedoch Frage zu klären, ob es sich dabei um einen schmerzhaften Eingriff im Sinne des Tierschutzgesetzes handelt. In die Bewertung müssten die akuten und chronischen Belastungen sowie das Verletzungsrisiko und der wiederholte Verlust einbezogen werden. Angesichts dieser Problematik könnte sich ein nicht-invasives Monitoring-Verfahren auf Basis von automatisiert ausgewerteten Videoaufzeichnungen der Abferkelbucht als die bessere Option herausstellen.

Kritisch ist auch anzumerken, dass das vorgestellte Hilfsmittel bisher nur in einem Forschungsbetrieb im Einsatz war und eine externe Validierung – wie bei den meisten am Markt erhältlichen PLF-Tools – fehlt (Gómez Herrera et al. 2021). Diese ist jedoch ebenso Grundvoraussetzung für den Praxiseinsatz wie eine positive Kosten-Nutzenrechnung für die Anwender*innen. Diese müssen auch die Sicherheit haben, dass die erforderliche Hard- und Software für einen

ausreichend langen Zeitraum am Markt erhältlich ist und dass die Kundenbetreuung für die laufende Wartung und Fehlerbehebung vom Anbieter garantiert werden können. Zudem müssen die Dateneigentümerschaft und die Datennutzungsrechte eindeutig und unter Berücksichtigung der Tierhalter*innen-Interessen geregelt sein.

Schließlich ist festzuhalten, dass der Nutzen eines PLF-Systems nur so gut sein kann, wie damit umgegangen wird. Die generierten Alarme könnten auch zu einer Überlastung der Tierbetreuer*innen führen und von diesen – ebenso wie die von den Tieren ausgesendeten Signale – einfach ignoriert werden. Um diesem Risiko systemadäquat zu begegnen, könnte auch die Reaktion auf die Alarme, d.h. das Öffnen und Schließen des Abferkelstandes, automatisiert werden. Damit würde jedoch die Fehleranfälligkeit im komplexen Abferkelbereich noch weiter erhöht werden. Nicht zuletzt würde dieser Ansatz der in weiten Teilen der Gesellschaft manifesten Idylle einer technik-fernen kleinbäuerlichen Tierhaltung erheblich zuwiderlaufen.

In der Technikfolgenabschätzung muss auch bedacht werden, dass durch PLF-Technologien größere Betriebe bevorzugt wären und die Kosteneffizienz von nicht tiergerechten Haltungssystemen weiter gesteigert würde. In einem kausal ausgerichteten Lösungsansatz des Problems der Kastenstandhaltung von Sauen im Abferkelbereich sollte deshalb das Konzept von ausreichend großen und optimal gestalteten „freien“ Abferkelbuchten verfolgt werden. Aber auch dabei kann die empathische Form der menschlichen Tierbetreuung durch valide PLF-Hilfsmittel zum Wohl von Mensch und Tier ergänzt werden.

Literaturverzeichnis

Castrén H, Algers B, De Passille AM, Rushen J, Uvnäs-Moberg K (1993). Preparturient variation in progesterone, prolactin, oxytocin and somatostatin in relation to nest building in sows, *Applied Animal Behaviour Science* 38(2), 91–102.

EFSA (2007). Animal health and welfare aspects of different housing and husbandry systems for adult breeding boars, pregnant, farrowing sows and unweaned piglets – Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. *The EFSA Journal* (2007) 572, 3-13.

King RL, Baxter EM, Matheson SM, Edwards SA (2019). Temporary crate opening procedure affects immediate post-opening piglet mortality and sow behaviour, *Animal* 13(1), 189–197.

Lambertz C, Petig M, Elkmann A, Gauly M (2015). Confinement of sows for different periods during lactation: effects on behaviour and lesions of sows and performance of piglets, *Animal* 9(8), 1373–1378.

Heidinger B, Stinglmayr J., Baumgartner J (2017). Projekt Pro-SAU: Ergebnisse zur Evaluierung von neuen Abferkelbuchten mit Bewegungsmöglichkeit für die Sau, *Leipziger Blaue Hefte* 469–470.

Maschat K, Dolezal M, Leeb C, Heidinger B, Winckler C, Oczak M, Baumgartner J (2020). Duration of confinement and pen-type affect health-related measures of welfare in lactating sows. *Animal Welfare*, 29(3): 339-352.

Marchant J, Rudd A, Mendl M, Broom D, Meredith M, Corning S, Simmins P (2000). Timing and causes of piglet mortality in alternative and conventional farrowing systems, *Veterinary Record* 147, 214.

Melišová M, Illmann G, Andersen IL, Vasdal G, Haman J (2011). Can sow pre-lying communication or good piglet condition prevent piglets from getting crushed?, *Applied Animal Behaviour Science* 134(3–4), 121–129.

Hales J, Moustsen VA, Nielsen MBF, Hansen CF (2015). Temporary confinement of loose-housed hyperprolific sows reduces piglet mortality. *Journal of Animal Science* 93(8).

Gómez Herrera Y, Anna Stygar A, Bowmans, IJ, Eddie Bokkers E, Pedersen LJ, Niemi J, Pastell M, Manteca X, Pol Llonch P (2021). A systematic review on validated Precision Livestock Farming technologies for pig production and its potential to assess animal welfare. *Frontiers in Veterinary Science* (in press).

Oczak M, Maschat K, Baumgartner J (2020). Dynamics of sows' activity housed in farrowing pens with possibility of temporary crating might indicate the time when sows should be confined in a crate before the onset of farrowing, *Animals* 10(1), 6.

Oczak M, Maschat K, Berckmans D, Vranken E, Baumgartner J (2015). Classification of nest-building behaviour in non-crated farrowing sows on the basis of accelerometer data, *Biosystems Engineering* 140(Suppl. C), 48–58.

Oliviero C, Pastell M, Heinonen M, Heikkonen J, Valros A, Ahokas J, Vainio O, Peltoniemi OAT (2008). Using movement sensors to detect the onset of farrowing, *Biosystems Engineering* 100(2), 281–285.

Singh C, Verdon M, Cronin GM, Hems-worth PH (2017). The behaviour and welfare of sows and piglets in farrowing crates or lactation pens, *Animal* 11(7), 1210–1221.

Traulsen I, Scheel C, Auer W, Burfeind O, Krieter J (2018). Using acceleration data to automatically detect the onset of farrowing in sows, *Sensors* 18(1), 170.

Vranken E, Berckmans D (2017). Precision livestock farming for pigs, *Animal Frontiers: The Review Magazine of Animal Agriculture* 7(1), 32–37.

Wischner D, Kemper N, Krieter J (2009). Nest-building behaviour in sows and onsequences for pig husbandry, *Livestock Science* 124(1–3), 1–8.

TierSchNutztV (2021). Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tier-schutz-Nutztierhaltungsverordnung – Tier-SchNutztV). BGBl. I S. 2043, zuletzt geändert durch Artikel 1a der Verordnung vom 29. Januar 2021 (BGBl. I S. 146).

1. THVO (2017). Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Frauen über die Mindestanforderungen für die Haltung von Pferden und Pferdeartigen, Schweinen, Rindern, Schafen, Ziegen, Schalenwild, Lamas, Kaninchen, Hausgeflügel, Strau-ßen und Nutzfischen (1. Tierhaltungsverord-nung). BGBl. II Nr. 485/2004. zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 151/2017.

„Towards Healthier Pigs“ Ansätze zur Optimierung von Schweinehaltungs- anlagen

Barbara Sturm (Prof. Dr. agr. habil.)^{1,2,3},
Sharvari Raut (Dr. agr.)^{1,3},
Hannah A. Graef (MSc.)³,
Simone Müller (Dr. agr.)⁴

¹ Leibniz Institute for Agricultural
Engineering and Bioeconomy (ATB),
Max-Eyth Allee 100,
14469 Potsdam, Germany

² Albrecht Daniel Thaer-Institute
of Agricultural and Horticultural Sciences,
Humboldt University of Berlin,
Hinter der Reinhardtstr. 6–8,
10115 Berlin, Germany

³ Department of Agricultural
and Biosystems Engineering,
University of Kassel,
37213 Witzenhausen, Germany

⁴ Department Animal Husbandry,
Thuringian State Institute for
Agriculture and Rural Development,
07743 Jena, Germany

In den letzten zehn Jahren hat die Anzahl der Schweinehaltenden Betriebe in Deutschland einen drastischen Rückgang erfahren: 2016 produzierten nur noch 40.267 Betriebe (BZL, 2019), während es 1999 noch 141.448 Betriebe waren (Windhorst und Bäurle 2011). Ursache dafür ist ein Konzentrationsprozess, der aufgrund der Rahmenbedingungen zu größeren Tierbeständen führte. Aktuell stehen 71,8 % der Mastschweine in Beständen mit mehr als 1.000 Tieren bzw. 69,8 % der Zuchtsauen in Anlagen mit mehr als 250 Tieren (AMI 2021). Damit verbunden ist eine neue Organisation der Arbeiterledigung, für die zusätzliches Fachpersonal eingestellt werden muss. In Abhängigkeit vom Halteverfahren und der Bestandsgröße variiert der notwendige Arbeitszeitbedarf für die Tierbetreuung, einschließlich erforderlicher Sonderarbeiten) für die Schweinemast zwischen 0,7 bis 1,3 Akh je Mastplatz und Jahr (KTBL 2012). Der darin enthaltene tägliche Zeitaufwand für Tier- und Technikkontrollen nimmt ca. 50 % ein. Dabei sind zweimal tägliche Tierkontrollen gemäß §4 Absatz 1, Satz 2 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV) be-

rücksichtigt. Zunehmende Aufwendungen in Verbindung mit den gestiegenen Anforderungen an die Produktionskontrolle und -überwachung, Dokumentation ermöglichen darüber hinaus gehende längere Tierbeobachtung nur, wenn zusätzliche Mitarbeiter eingestellt werden. Ein drastisch zunehmender Fachkräftemangel erschwert die Gesamtsituation.

In den letzten Jahren ist das Tierwohl in das öffentliche Bewusstsein gerückt. Der öffentliche Druck nach Transparenz der Produktion entlang der Wertschöpfungsketten stellt die Nutztierhaltung vor weitere Herausforderungen. Infrastruktur, Prozessabläufe und Regelungsstrategien in der Schweinehaltung beruhen oft auf bislang bewährten wissenschaftlichen Ergebnissen und Technologien. Diese können die Folgen des Klimawandels unzureichend berücksichtigen. Insbesondere in der warmen Jahreszeit ist daher nur eine eingeschränkte Klimaregelung in den Ställen möglich. Dies geht z. B. durch Hitzestress zulasten der aus Sicht des Tierwohls zu gewährenden Haltungsbedingungen. Neben Einbußen in der Leistung und der Gesundheit der Tiere entsteht ein erhöhter Energie- und Ressourcenbedarf.

Da die Mehrheit der in der EU gehaltenen Schweine in Gebäuden mit Zwangsbelüftung gehalten werden, ist die Umgebung, in der die Tiere gehalten werden, einer der wichtigsten Faktoren für ihre Leistung, ihre Gesundheit und ihr Wohlbefinden. *Abbildung 1* zeigt eine typische Haltungsbucht in einem EU-Schweinegestall.



Abbildung 1: Eine repräsentative Schweinebucht (PigSys Projekt).

bucht in einem EU-Schweinegestall.

Aktuell standardmäßig eingesetzte Regelsysteme arbeiten mit alters- bzw. haltungstagesabhängigen Zielwerten für die Raumtemperatur, welche ca. auf Kopfhöhe eines Menschen oder höher im Zentrum bzw. an mehreren Messpunkten des Abteils gemessen wird. Dabei wird das Raumklima (Temperatur, Luftqualität) der Haltungsabteile derzeit über den Luftaustausch bzw. Lüftungsraten geregelt, die sich an den geforderten Mindestluftwechselraten (DIN 18 910) in Abhängigkeit von der angestrebten Raumtemperatur orientieren.

Ziel ist es, einen Temperaturbereich zu gewährleisten, in der keine Energie zur Thermoregulation aufgewendet werden muss. Die sog. thermoneutrale Zone ist altersabhängig und liegt bei Absatzferkeln zwischen 22–27°C, während bei Mast- und Zuchtschweinen 18–24°C genügen. Diese klimatischen Bedingungen wären für Gesundheit und Leistung und auch das thermische Wohlbefinden optimal. Thermische Belastungen entstehen, wenn bestimmte Grenzen unter- bzw. überschritten werden und wirken als Stress. Insbesondere Hitzestress wirkt sich negativ auf das Verhalten aus. Dadurch kann es zu einer Reduktion der Futtermittelaufnahme und vermehrtem Schwanzbeißen kommen (Hillmann et al. 2004; Renaudeau et al. 2008; Weller et al. 2013; Nasirahmadi et al. 2017), wodurch hohe wirtschaftliche Verluste und vermindertes Wohlbefinden entstehen können.

Die zunehmende Anzahl heißer Wetterepisoden als Folge des Klimawandels stellt eine Herausforderung dar, ein angemessenes Raumklima zu schaffen (Jackson et al. 2017; 2018, 2020).

Indikatoren für das Verhalten der Tiere, welches Auskünfte beispielsweise über das thermische Wohlbefinden geben könnte, werden bisher nicht berücksichtigt. Geeignete Parameter wären hier z. B. das Liegeverhalten (Nasirahmadi 2017). Darüber hinaus gibt es bisher nur sehr wenige einheitlich definierte maschinenlesbare Indikatoren für das Verhalten und Wohlbefinden von Schweinen (Sturm et al. 2020a).

Von Interesse sind jedoch auch Stallklimaparameter wie z. B. Ammoniak- und CO₂-Konzentration der Stallluft, die bisher nur in Ausnahmefällen Berücksichtigung für die Stallklimaregelung finden. Auch die vorhandenen Systeme zur Fütterung laufen unabhängig von der Klimaführung und funktionieren ohne integrierten Informationsaustausch.

Ein System, das zum Teil bereits vorhandene Informationen zur Futtermittelaufnahme und Klimaführung mit neuen Informationen von technischen Sensoren zu den aktuellen Klimabedingungen und dem Tierverhalten (Liegemuster) verbindet, könnte als Frühwarnsystem in Form eines Entscheidungsunterstützungssystems (DSS) ein wertvolles Hilfsmittel zum Management von Tierhaltungsanlagen bereitstellen.

Das **Projekt PigSys** verfolgte einen skalenübergreifenden, multidisziplinären Ansatz um sicherzustellen, dass alle für die Entwicklung nachhaltiger, sozialverträglicher und wirtschaftlich tragfähiger Schweineproduktionssysteme relevanten Aspekte



Logo PigSys-Projekt
der Universität Kassel

adäquat im System berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck wurden ein Systemmodell der Massen- und Energieflüsse, ein DSS sowie neuartige Gebäudeklimaregelungen entwickelt, die eine nachhaltige Verbesserung der Systemleistung unterstützen. Weiterhin wurde eine Ökobilanzierung vorgenommen. Eine grafische Darstellung der Kernaspekte des **PigSys-Projekts** ist in *Abbildung 2* dargestellt.

Dynamisches Modell und Data-Warehouse-Plattform

Ein dynamisches und deterministisches Modell, **ThermiPig**, wurde durch die Kombination eines Schweinewachstums- und eines Bioklimamodells entwickelt. Das Modell berücksichtigt die lokalen Klimabedingungen, die Charakteristika der Gebäude und Abteile (Wärmedämmung, technische Ausstattung, Regelungssystem), des Managements, der Schweinerasse und der Fütterungsstrategie sowie deren Einfluss auf die multikriterielle Leistung der Schweine in Bezug auf (i) **Wachstumsleistung**, (ii) **Energieverbrauch**, (iii) **Stickstoffausstoß**, (iv) **Einfluss auf Futter- und Stromkosten** werden simuliert. Da bereits mehr als 400 Simulationen durchgeführt wurden, ist es möglich, die Folgen jeder Änderung in

der Konfiguration des gesamten Systems in Bezug auf die Wachstumsleistung, den wirtschaftlichen Ertrag und die Umweltauswirkungen zu bewerten (Brossard et al. 2019).

Eine **Data-Warehouse (DW)-Plattform** wurde entwickelt, um als Bindeglied (**Human-Machine-Interface**) zwischen den landwirtschaftlichen Hardwaresystemen und den Landwirten als Endnutzer zu dienen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um einen Überträger zwischen Datenanbietern und Datenkonsumenten und bietet anpassbare Einstellungen für die Verwaltung der Datenspeicherung, Verarbeitung, Analyse und Ausgabe. Kombiniert mit DSS-Modellen kann es als Datenerfassungs- und Analysesystem zur Simulation realistischer Szenarien weiterverwendet werden und hilft bei der Unterstützung fundierter Entscheidungen, die im Planungsprozess für neue Tierhaltungsbetriebe weiterverwendet werden können, um den Umweltschutz und die soziale Akzeptanz zu fördern. Die Architektur der im Rahmen des Projekts entwickelten **Data-Warehouse-Plattform** ist in *Abbildung 3* dargestellt (Komasilovs et al. 2018).

Visuelle Überwachung des Verhaltens und dessen Änderungen

Ein optisches System, das **Deep Learning** in Verbindung mit Methoden des maschinellen Sehens verwendet, wurde entwickelt. Dieses ermöglicht es, vollautomatisch das Liege- und Stehverhalten sowie die Aktivitäten von Schweinen in Abteilen zu überwachen und frühzeitig bei Problemen zu warnen. Daten, die von 2D-Videokameras aus Praxis- und Forschungsbetrieben in verschiedenen europäischen Ländern

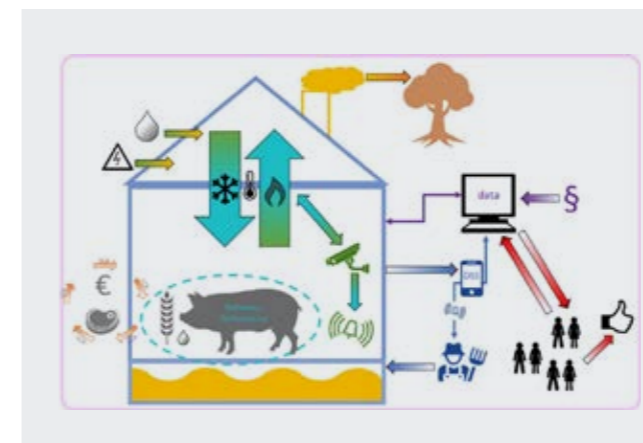


Abbildung 2: Rahmen des PigSys-Projekts (PigSys-Projekt).

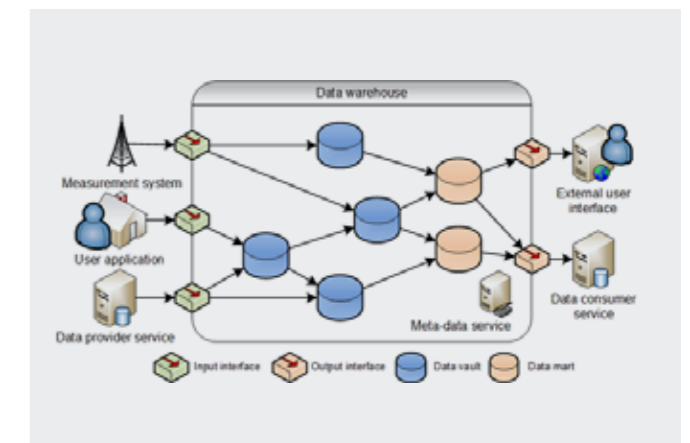


Abbildung 3: Data-Warehouse-Architektur (Komasilovs et al. 2018).

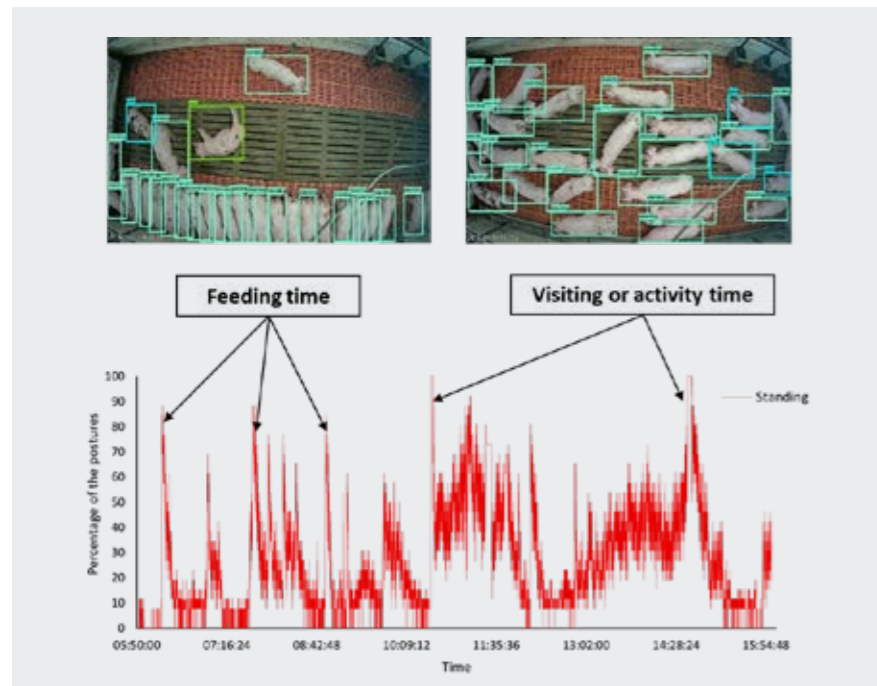


Abbildung 4: Ergebnisse der Bewertung der verschiedenen Tierhaltungen und Aktivitätsniveaus. Stehende Haltung (mint grünes Rechteck), auf dem Bauch liegend (hellblaues Rechteck) und seitliche Haltung (grünes Rechteck) (Nasirahmadi et al. 2019).

(Dänemark, Deutschland, Frankreich und Schweden,) gesammelt wurden, wurden zur Entwicklung, zum Training und zur Validierung der auf maschinellem Lernen und **Deep-Learning**-Techniken basierenden Algorithmen verwendet. Die entwickelten Modelle haben die Fähigkeit, die Verhaltensweisen sowohl in Echtzeit als auch offline zu bewerten. Die Ergebnisse aus der Testphase der entwickelten Modelle in ver-

schiedenen Haltungsbedingungen haben die Flexibilität und ausgezeichnete Robustheit gegenüber verschiedenen Schweinestallkonstruktionen, Lichtverhältnissen, Züchtung, Alter der Tiere und Hautfarbe gezeigt (Nasirahmadi et al. 2019; Sturm et al. 2020b). Die aus der kontinuierlichen Überwachung gewonnenen Ergebnisse sind in **Abbildung 4** beispielhaft dargestellt.



Neugierige Ferkel in der Bucht (Foto: Müller).

Zusätzlich wurden die entwickelten Modelle weiter auf einen Einplatinencomputer und einen mit Kamera ausgestatteten Raspberry Pi übertragen. Dadurch wird es möglich, das Tierverhalten in die Regelung des Stallklimas einzubeziehen.

In der ersten Entwicklungsstufe des Systems wurden die Daten aus den entwickelten Bildverarbeitungsalgorithmen zur Überwachung der Körperhaltung und des Liegemusters zur Entwicklung von Regelalgorithmen für eine verbesserte Klimasteuerung im Schweinestall verwendet. Es wurde eine adaptive Regelungsstrategie mit Modellreferenz implementiert, um eine kontinuierliche Messung und Querprüfung der Prozessparameter zu ermöglichen, indem die Differenz zwischen den Echtzeitdaten, die über nicht-invasive Geräte erfasst werden, gemessen wird. Umweltsensoren und Kamera und den Referenzdaten, die als Sollwerte bekannt sind, wurden für die weitere Anpassung und Optimierung des Regelmechanismus verwendet. Auf diese Weise wurden theoretisch nicht nur die Prozessbedingungen optimiert, sondern auch die Umweltbedingungen im Schweinestall verbessert. Raumklimasensordaten (NH_3 , CO_2 , Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit), die an verschiedenen Stellen im Raum installiert waren, wurden mit der Bootstrap-Forest-Analysemethoden analysiert und eine Sensordatenfusion wurde durchgeführt, um die beste Kombination und Interaktion von Sensordaten zu realisieren. Es wurde festgestellt, dass die NH_3 - und CO_2 -Konzentrationen sehr unregelmäßig sind und eine stark schwankende räumlich-zeitliche Verteilung bei unterschiedlichen Außenklimabedingungen (Jahreszeiten) aufweisen, was die Verwendung der entwickelten Regelungsmodelle im physikalischen Regelungssystem in bestehenden Betrieben gegenwärtig nicht möglich macht. Die durchgeführten Analysen des Systems haben eine direkte Korrelation zwischen der Gewichtszunahme der Schweine mit der NH_3 -Konzentration in den einzelnen Buchten ergeben. Weiterhin hat sich gezeigt, dass die NH_3 -Konzentration einen Einfluss auf den Aktivitätslevel hat.

Verbesserung der Umweltbedingungen mit kosteneffektiven Lösungen

Der zunehmend geforderte Schutz der Umwelt vor erheblichen Nachteilen, insbesondere Schutz der Vegetation und von Öko-



Ferkel in einer Bucht im Schweinestall (Foto: Müller).

systemen betrifft in der Schweinehaltung in besonderer Weise Ammoniak. Ammoniak entsteht beim enzymatischen Abbau des im Kot enthaltenen Harnstoffs durch die Urease des Harns. Kohlendioxid ist in der natürlichen Atmosphäre der Luft enthalten (ca. 400 ppm) und wird in Ställen durch die Atemluft der Tiere akkumuliert. Die vorhandene Stallluftkonzentration beider Gase ist eine Funktion der Belegungsdichte der Tiere sowie der Aktivität der Tiere in Zusammenhang mit der Lüftungsrate. Erhöhte Ammoniakkonzentrationen in der Stallluft können die Tiergesundheit, Leistungen und das Verhalten der Tiere negativ beeinflussen. Klinisches Anzeichen erhöhter NH_3 -Konzentrationen sind Husten, Niesen, Speichelfluss, Tränensekretion, schwarze Flecken im Augenwinkel (Stombuagh et al. 1969; Drummond et al. 1980; Donham et al. 1989). Darüber hinaus hat emittierendes Ammoniak negative Auswirkungen auf naturnahe Ökosysteme durch Versauerung und Nährstoffübersorgung, einhergehend mit einer Veränderung und Abnahme der Artenvielfalt.

Für die Schaffung einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit, sozialer Akzeptanz und der

Umweltleistung müssen die Ammoniakemissionen reduziert und die Hygienebedingungen verbessert werden. Eine kostengünstige Option zur Minderung von Ammoniakemissionen und gleichzeitig des Hitzestresses ist die Kühlung der Schweine mit Duschen über dem Spaltenboden sowie die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit im Liegebereich der Schweine. Es wurden Untersuchungen zur Kühlung der Schweine in Sommerperioden mit hohen Umgebungstemperaturen für 13 Durchgänge in zwei parallelen Abteilen pro Durchgang und im weiteren Vergleich einer Kontrollgruppe mit Duschen auf dem Spaltenboden bzw. erhöhter Luftgeschwindigkeit im Liegebereich durchgeführt. Der Einsatz der

Duschen über der Spaltenbodenfläche reduzierte signifikant die Anzahl der auf der Spaltenbodenfläche liegenden Schweine, verringerte die Buchtenverschmutzung und reduzierte die Ammoniakemission um 45 % während der Sommerdurchgänge (Abbildung 5) (Jeppsson et al. 2021).

Im Gegensatz dazu hatte die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit im Liegebereich eine

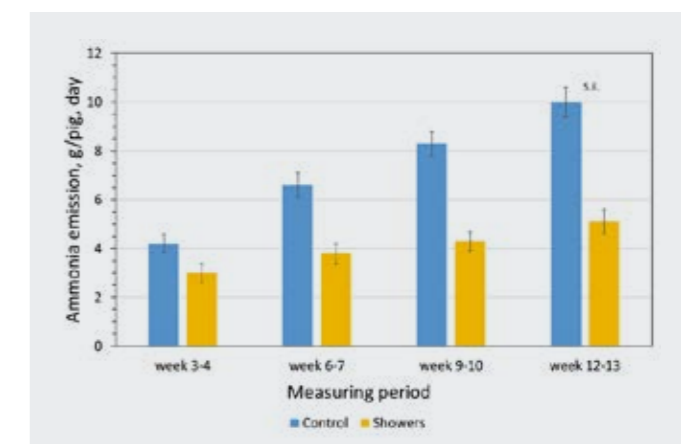


Abbildung 5: Durchschnittliche Ammoniakemission für vier Sommerchargen (Jeppsson, Olsson, Nasirahmadi, 2021).

geringere Auswirkung auf die Leistung mit einer Reduzierung der Ammoniakemission um nur 12 %. Während sowohl die Kühlung der Schweine mit Duschen als auch mit erhöhter Luftgeschwindigkeit im Liegebereich der Schweine die Umweltauswirkungen des Systems deutlich reduzierte, haben die Ergebnisse gezeigt, dass die Duschen insgesamt besser abschnitten, sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht.

Berücksichtigung des Tierverhaltens als Tierwohlindikator

Wohlbefinden ist dann gegeben, wenn die arteilgen Ansprüche nach Ernährung und Verhaltensbefriedigung erfüllt werden. Dabei ist die Einschränkung der arteilgen Bewegung nur unter Freiheit von Schmerz, vermeidbaren Leiden oder Schäden statthaft. Innerhalb der vom *Farm Animal Welfare Council (1992)* formulierten *fünf Freiheiten (Webster 2016)* können die Freiheit von Angst und Stress sowie die Freiheit zum Ausleben normaler Verhaltensmuster einen Ansatz für die praktische Messbarkeit bilden. Gelänge es, Hinweise dafür zu finden, dass sich bestimmte, definierte Umwelteinflüsse auf das typische Verhaltensmuster auswirken, könnten sie in ein Frühwarnsystem integriert werden. Voraussetzung wäre, einen abweichenden Aktivitätslevel zu beschreiben oder ein Verhalten zu erkennen, was vom normalen Verhalten abweicht.

Die Untersuchungen im PigSys-Projekt in einem Ferkelaufzuchtbetrieb ergaben, dass sich die staltklimatischen Bedingungen zwischen den Messorten (Buchten im vorderen,

linken bzw. im hinteren, rechten Bereich) eines Abteils teilweise stark unterscheiden. Als wesentlichster Unterschied kristallisierte sich die Schadgaskonzentration heraus, die sich im Mittel des Aufzuchtabschnittes in der Bucht im vorderen Abteilmittelbereich durch eine signifikant höhere Ammoniakkonzentration im Vergleich zur Bucht im hinteren Abteilmittelbereich charakterisieren ließen. Insbesondere im ersten Aufzucht-drittel (erfasster Aufzuchtabschnitt 42 Tage) wurden im vorderen Abteilmittelbereich temporär begrenzte Schadgasbelastungen festgestellt. Da das tierische Verhalten in den Buchten permanent aufgezeichnet wurde, sollte geprüft werden, ob sich die staltklimatischen Unterschiede auf das Tierverhalten auswirken. Diesem Ansatz nachzugehen, regten die Aussagen von *Drummond et al. (1980)* an, wonach hohe NH₃-Konzentrationen (> 100 ppm) anfangs zu Lethargie führten, bei weiterer Exposition mit > 50 ppm jedoch auch erhöhte Tieraktivität zu beobachten war. *Smith (1996)* beschrieb, dass Schweine in Wahluntersuchungen NH₃-arme/freie Zonen bevorzugen.

Über den Buchten waren *Full HD 2 Videokameras (VIVOTEK IB836BA-HF3 Bullet)* angebracht, die das Verhalten der Schweine während des Untersuchungszeitraumes filmten. Aus dem Filmmaterial an elf aufeinander folgenden Tagen (11.–22. Aufzuchttag) wurden die Momentaufnahmen je Sekunde von 5:12 morgens bis 17:12 abends mit Hilfe der über Machine Learning-Modell entwickelten Bildverarbeitungs-algorithmen evaluiert und die Anteile stehender und liegender Schweine als Datensatz zur weiteren Auswertung ausgelesen. Auswahlkriterien für die zu analysierenden Tage war, dass sie aufeinander folgen, so dass sich die gleichaltrigen weiblichen Absatzferkel (Absetzalter 28 Tage) in einem vergleichbaren Entwicklungsstadium befinden.

In den Analysen der Aktivitätsverhalten, aggregiert auf Stundenwerte (*Abbildung 6*), wurde ersichtlich, dass

das Verhalten der Schweine an allen Tagen in beiden Buchten einem ähnlichen Muster folgt: Beginnend mit einer deutlichen Bewegungsaktivität in den Morgenstunden ab 5:00 (Zusatzbeleuchtung wurde eingeschaltet, Fütterungsbeginn ab 5:20) bis 7:00 Uhr folgte im Zeitraum bis 9:00 Uhr eine Ruhephase. Diese ging dann in die größte Aktivitätsphase von 10:00–12:00 Uhr über. Gegen 11:00 Uhr wurde wieder gefüttert. In den Nachmittagsstunden nach 15.00 Uhr ruhten die Tiere größtenteils. Bis zum Beobachtungsende um 17:12 erfolgte keine weitere Fütterung.

Wesentlich ist, dass sich der Anteil stehender Tiere zwischen den beiden Buchten nicht nur signifikant (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test), sondern auch mit moderatem Effekt (Effektgröße *r* nach *Pallant (2011)*) unterscheidet: Am dargestellten Tag standen im Durchschnitt des Beobachtungszeitraumes in der Bucht 3 (im vorderen, linken Abteilmittelbereich) 43,3 % der Tiere, während in der Bucht 16 (im hinteren, rechten Abteilmittelbereich) 36,8 % der Tiere ($p = 0,011$; $r = 0,300$; $n = 73$) standen. Die Ammoniakkonzentration (kontinuierlich gemessen mit Dräger Polytron® C300) im Tierbereich unterschied sich zwischen den beiden Buchten eines Abteils im Mittel des Haltungsabschnittes hochsignifikant und mit großem Effekt um 12,4 ppm NH₃ (Bucht 3: $17,6 \pm 6,3$ ppm, Bucht 16: $5,2 \pm 1,9$ ppm, $p = 0,000$; $r = 0,863$; $n = 11632$).

Natürlich ist das Verhalten größtenteils genetisch determiniert, so dass äußere Parameter weniger Einfluss zeigen können. Dennoch konnten mittels Bootstrap-Forest-Analyse für beide Messorte gute Modelle erstellt werden, in denen die untersuchten Einflussparameter (CO₂, NH₃, Außentemperatur, relative Luftfeuchte außen, Luftgeschwindigkeit am Ablüfter, Buchtentemperatur und Windgeschwindigkeit außen) ca. 26 bis 33 % der Varianz des Aktivitätsverhaltens der Schweine erklärten. Dabei waren immer Kohlendioxidkonzentration und/oder die Ammoniakkonzentration die einflussreichsten Parameter. Allerdings sind diese immer nur innerhalb des Abteils, Messortes und Untersuchungszeitraumes anwendbar und aufgrund korrelierender Einflussparameter auch nur dann, wenn die gleichen Bedingungen herrschen. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass Schadgaskonzentrationen das Verhalten von Schweinen beeinflussen.

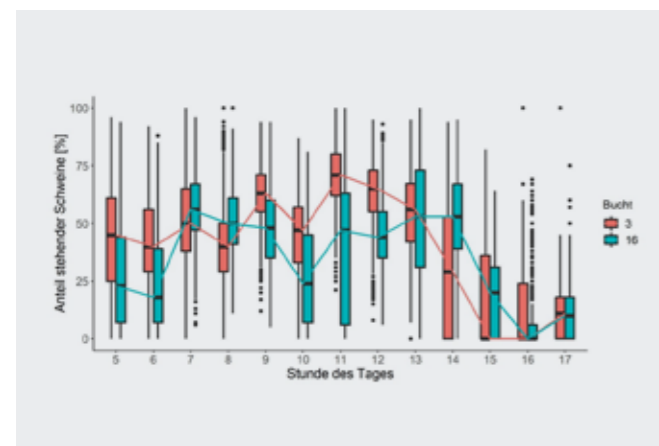


Abbildung 6: Anteil stehender Schweine im Tagesverlauf am 27.02.2020 je Bucht (signifikanter Unterschied zwischen beiden Buchten)

Schlussfolgerung:

Die entwickelten Systeme aus dem *PigSys-Projekt* sind in der Lage, in bestehende Managementsysteme integriert zu werden und bieten darüber hinaus neuartige Funktionen. Die im Projekt untersuchten Parameter erlaubten die nachhaltige:

– *Integration der Bewertung der dynamischen Auswirkung der bioklimatischen Bedingungen auf die Leistung der Schweine, sowohl auf individueller als auch auf Raumebene*

– *Integration einer verbesserten Berücksichtigung der Variabilität der Schweine und der Dynamik der Leistung im bioklimatischen Teil des Modells.*

Die Ergebnisse des *PigSys Projektes* zeigen klar, dass für die Verbesserung der Haltungsbedingungen und der Entwicklung zukunftsweisender Haltungssysteme in der europäischen Schweinehaltung eine Integration der verfügbaren Informationen zu den Tieren (Verhalten, Leistung, Tierwohl), Fütterung, Umwelt (Standortbedingungen, Bedingungen im Abteil) und technische Umgebung unabdingbar ist. Zukünftig müssen die Tiere und deren Bedürfnisse an ihre Umwelt ins Zentrum der Entwicklung der technischen Systeme und der Regelungstechnik rücken.

Literaturverzeichnis

AMI Markt Bilanz, Vieh und Fleisch (2021). References Daten | Fakten | Entwicklungen | Deutschland | EU | Welt. AMI GmbH 04/2021. ISSN 2190-0817

Brossard L, Cadero A, Dourmad JY, Renaudeau D, Garcia-Launay F, Marcon M, Quiniou N (2019). Combining a bioclimatic and a growth model to assess the effect of management practices and building ambiance on growing pig performances at the batch level. *MODNUT (9th Workshop on Modelling Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals)*

BZL (2019). Entwicklung viehhaltender Betriebe in Deutschland. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, www.bzl-datenzentrum.de/tierhaltung/viehhaltende-betriebe-grafik, Zugriff: 29.08.2019

DIN 18910-1: Deutsches Institut für Normung e.V. (2004). Wärmeschutz geschlossener Ställe, Wärmedämmung und Lüftung – Teil I Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe.

Donham KJ, Haglund P, Petersen Y, Rylander R, Belin L (1989). Environmental and health studies off arm workers in Swedish swine confinement buildings. *British Journal of Industrial Medicine*. 46: 31–37

Drummond JG, Curtis SE, Simon J, Norton HW (1980). Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *J Anim Sci*. 50:1085–1091.

Gasparino E, Lopes PS, Guimarães SEF (2013). Effect of heat stress and feeding phosphorus levels on pig electron transport chain gene expression. *Animal* 7, 1985–1993.

Hillmann E, Mayer C, Schrader L (2004). Lying behaviour and adrenocortical response as indicators of the thermal tolerance of pigs of different weights. *Animal Welfare* 13, 329–335

Jackson P, Guy JH, Edwards SA, Sturm B, Bull S (2017). Application of dynamic thermal engineering principles to improve the efficiency of resource use in UK pork production chains. *Energy and Buildings*, 139, pp. 53-62.

Jackson P (2018). Evaluation of housing system technology to improve the welfare and resource-use efficiency of finishing pigs under current and future climatic scenarios. Dissertation. New Castle University

Jackson P, Nasirahmadi A, Guy JH, Bull S, Avery PJ, Edwards SA, Sturm B (2020). Using CFD modeling to related pig lie location to related environment variability in finishpens. *Sustainability* 12(5), 19–28. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12051928>

Jeppsson K, Olsson A, Nasirahmadi A (2021). Cooling growing/finishing pigs with showers in the slatted area: Effect on animal occupation area, pen fouling and ammonia emission. *Livestock Science*, Volume 243, 2021.

KTBL (2012). Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/13. KTBL Darmstadt (<http://www.ktbl.de>)

Komasilovs V, Kviesis A, Zacepins A, Bumanis N (2018). Development of the data warehouse architecture for processing and analysis of the raw pig production data, *AGROFOR International Journal*, Volume 3, Issue No. 3, pp. 64–71.

Nasirahmadi A (2017). Development of automated computer vision systems for investigation of livestock behaviours. Disser-

tation Dr. agr., Universität Kassel

Nasirahmadi A, Sturm B, Edwards S, Jeppsson KH, Olsson AC, Müller S, Hensel O (2019). Deep Learning and Machine Vision Approaches for Posture Detection of Individual Pigs. *Sensors* 2019, 19, 3738.

Nasirahmadi A, Hensel O, Edwards SA, Sturm B (2017). A new approach for categorizing pig lying behaviour based on a Delaunay triangulation method, *Animal* 11, 131–139

Pallant J (2011). Wilcoxon signed rank test. 3. Aufl. *SPSS Survival Manual*, Allen & Unwin, Crows Nest.

Pexas G, Mackenzie SG, Wallace A, Kyriazakis I (2020). Kostenwirksamkeit von Maßnahmen zur Minderung der Umweltbelastung in einem europäischen Schweineproduktionssystem. *Journal of Agricultural Systems*, 2020, 182, 102843. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102843>

Pexas G, Mackenzie SG, Jeppsson K, Olsson A, Wallace A, Kyriazakis I (2021). Environmental and economic consequences of pig-cooling strategies implemented in a European pig-fattening unit. *Journal of Cleaner Production* 290, 125784

Renaudeau D, Kerdoncuff M, Anais C, Gourdiere JL (2008). Effect of temperature level on thermal acclimation in large white growing pigs. *Animal* 2, 1619–1626.

Stombuagh DP, Teague HS, Roller WL (1969). Effects of atmospheric ammonia on the pig. *J. Animal Sci*. 28:844–847

Sturm B, Nasirahmadi A, Müller S, Kulig B (2020a). Smart Livestock Farming – Eine Bestandsaufnahme. *Züchtungskunde* 92, 433–450

Sturm B, Raut S, Kirchhofer P, Müller S, Nasirahmadi A (2020b). Combining sensors for better climate control. <https://www.pigprogress.net/Home/General/2020/11/Combining-sensors-for-better-climate-control-661447E/>

Windhorst HW, Bäurle H (2011). Analysen zu Strukturen und Entwicklungen in der Sauenhaltung in Deutschland. *Mitteilungen* Heft 77, Vechta, ISSN: 0938-8567

Webster J (2016). Animal Welfare: Freedoms, Dominions and “A Life Worth Living”. In: *Animals: an Open Access Journal from MDPI*. Band 6, Nr. 6, 24. Mai 2016, ISSN 2076-2615, doi: [10.3390/ani6060035](https://doi.org/10.3390/ani6060035), PMID 27231943, PMC 4929415

Sensor unterstützte Milchviehhaltung

Kathrin Asseburg¹,
Andreas Pelzer²

¹Mitarbeiterin Haus Düsse –
Digitalisierung in der Innenwirtschaft

²Leitung Rinderbereich Haus Düsse –
Referent für Rinderhaltung

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen, Tierhaltung,
Tiergesundheit, Haus Düsse,
59505 Bad Sassendorf, Germany

Die Digitalisierung rückt in diesen schwierigen Zeiten immer mehr in den Fokus und es gibt wohl keinen Bereich in unserem Leben, in denen die Potenziale der Digitalisierung zur Zeit nicht intensiv diskutiert werden. In der Landwirtschaft blicken wir auf eine lange Tradition im Bereich der Digitalisierung zurück.

Datenerfassung und -management, Robotic und Sensor unterstützte Technologien sind seit vielen Jahren fester Bestandteil der modernen Tierhaltung. Mit der Einführung der Leistungsprüfung in der Tierzucht vor gut 100 Jahren wurden vor allem in der

Rinderzucht die Grundsteine gelegt, in denen eine breite wissenschaftliche Basis und Kompetenz in der Datenerfassung, Auswertung und Verarbeitung fest verankert wurde. Diese Grundlagen flossen früh in die elektronische Datenverarbeitung ein und bieten auch heute noch die Basis für die meisten Herdenmanagementprogramme in der Milchviehhaltung. Bis heute sichern diese Daten den wertvollen Informationsfluss zwischen Tierzucht, Fütterung und Tiergesundheit und geben dem Landwirt die relevanten Informationen und Entscheidungshilfen zur physiologischen Situation seiner Milchkuhe.

Viele Firmen haben sich in den vergangenen Jahren intensiv bemüht, digitale und intelligente Lösungen zur Optimierung von Tierwohl, Lebensmittelqualität und Arbeitsökonomie zu entwickeln und diese zu vereinen. Dabei entstanden allerdings viele Insellösungen, die dem Milchviehhalter in der Handhabung und der gesamtbetrieblichen Analyse sowie einer zielorientierten Nutzung bis heute viel abfordern. Viele dieser Technologien sind spezifisch und oft fokussiert auf den einen Prozess oder auf die eine Aussage. Häufig fehlen die verbindenden Elemente, die die einzelnen Informationen zusammenbringen.

Im Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse werden in der Milchviehhaltung unterschiedliche digitale Assistenzsysteme von Sensorik bis Robotic vor allem im Rahmen der Aus- und Weiterbildung eingesetzt. Dabei werden die verschiedenen Sensoren und digitalen Technologien in der Milchviehhaltung so eingesetzt und für die Landwirte aufbereitet, dass der praktische Wissenstransfer sichergestellt und wichtige Entscheidungshilfen für die Praxis gegeben werden können.

Die relevanten Daten für den Landwirt basieren auf unterschiedlichen Quellen und es gilt, die wichtigsten Informationen so zusammenzubringen und zu bewerten, dass auf Basis dieser Ergebnisse, produktions-technische Entscheidungen zu treffen sind. Der Klassiker in der Datenerfassung ist die Milchkontrolle. Seit Generationen wird im Rahmen der Milchleistungsprüfung bundesweit elf Mal jährlich von jeder Kuh eine Milchprobe gewonnen und im Labor untersucht. Neben der Milchmenge geht es um die Feststellung der Milchinhaltsstoffe in Bezug auf die Stoffwechsellage nach Fett und Eiweiß oder um die Gesundheit mit den Zellzahlwerten. Immer häufiger stellt sich die Frage, ob dieses System der monatlichen Kontrolle durch ein „on Farm

Permanent System“, ein System, das diese Kontrollen täglich auf den Betrieben durchführt, verbessert werden kann. Sind die Sensoren vor Ort heute so gut, dass sie die entsprechenden Informationen zur Stoffwechselbewertung und Eutergesundheit verlässlich diagnostizieren können?

Somit spielen neben Datenverarbeitung und -management auch Sensoren immer mehr eine entscheidende Rolle in der Milchviehhaltung. Sie erfassen on Farm Daten und steuern Prozesse. Mit ihren Daten werden Informationen zu den Tieren generiert, die dem Landwirt helfen, relevante, produktions-technische Entscheidungen treffen zu können. Grundvoraussetzung für die produktionsorientierte Datenanalyse sind geeignete Algorithmen, durch die das Verfahren mithilfe definierter Regeln eindeutig beschrieben ist und in der Auswertung bei denselben Voraussetzungen immer das gleiche Ergebnis erzielt wird.

Sensoren wurden in den vergangenen Jahren in erster Linie im Melkprozess eingesetzt. Sie erfassen den Milchfluss, die Melkdauer, die Milchmenge und steuern Prozesse während des Melkens wie z. B. die Steuerung der Stimulation, der Pulsation sowie der Nachmelk- und Abnahmeautomatik. Darüber hinaus sind sie heute auch

in der Lage, die Farbe oder die Inhaltsstoffe in der Milch zu analysieren und dem Landwirt entsprechende Informationen zu den Kühen zukommen zu lassen.

Einen Teil der Sensoren, mit denen heute gearbeitet werden kann, stellt dieser Artikel vor und es wird deutlich, dass der Einsatz heute bereits so vielfältig ist, dass die entsprechenden Informationen, die rund ums Tier 24/7 erfasst werden auch intelligent und zielgerichtet ausgewertet werden müssen.

Zur Entscheidungsfindung sind in der Regel unterschiedliche Datenquellen zu nutzen. In der *Abbildung 1* wird deutlich, wie die entsprechenden Schritte miteinander in Verbindung stehen. Je ganzheitlicher ein System oder eine Handlung gesehen und bearbeitet wird, umso erfolgreicher wird eine produktionsgerechte Umsetzung der unterschiedlichen Prozesse oder Entscheidungen sein.

In welchen Bereichen der Milchproduktion Sensoren verwendet werden können, zeigt die *Abbildung 2*. Im Folgenden wird die Vielfalt an verfügbaren Sensoren im Lebenszyklus eines Rindes dargestellt.

Bereits vor der Geburt informieren Sensoren den Landwirt über die beginnende Kalbung. Dazu wird zum Beispiel über einen

Pansenboli die Körpertemperatur der Kuh gemessen – mit dem Platzen der Fruchtblase kommt es zu Temperaturveränderungen. Das System fügt an dieser Stelle Sensor- und Nichtsensordaten in der Steuerungseinheit zusammen, um den Hinweis „Geburt“ generieren zu können. Alternativ kann der Geburtsbeginn über einen Lagesensor, der an der äußeren Scham des Tieres befestigt ist, erkannt werden. Dabei erfasst der Sensor, wenn diese sich weitet und sendet dem Landwirt den Hinweis für das Einsetzen des Geburtsvorgangs.

Responder werden bereits seit einigen Jahren zur kontaktlosen Identifizierung der Rinder verwendet. Diese werden bereits von Kälbern getragen, damit diese ihre täglichen Milchrationen an den Tränkeautomaten erhalten können. In diesem Lebensabschnitt besteht bei einzelnen Systemen die Möglichkeit, dem Landwirt zusätzliche einfache visuelle Hinweise über auffällige Tiere zu bieten. Farbige Leuchten an den Respondern markieren automatisch die Kälber, die eventuell nicht ausreichend getrunken haben oder ungewöhnlich inaktiv sind. Zusätzlich sind diese Informationen auf den Endgeräten wie PC, Tablet oder Smartphone verfügbar.

Die einfachen Responder zur kontaktlosen

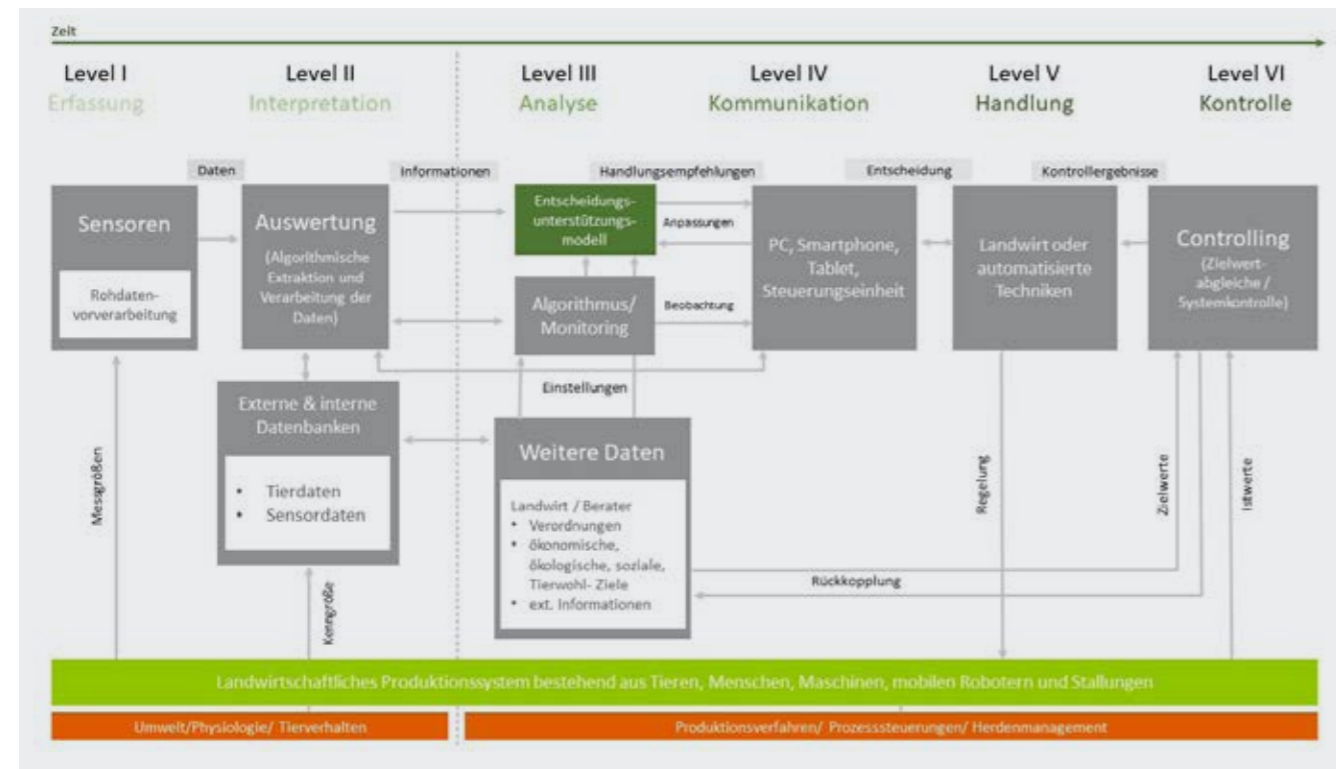


Abbildung 1: Entscheidungsunterstützungsmodell geändert in 2021 nach Rutten et al. (2013).



Abbildung 2: Arbeitsprozesse und -schritte in der Milchviehhaltung, die durch Sensoren unterstützt bzw. abgelöst werden können.

Identifizierung der Tiere sind lange abgelöst durch Responder, die mit Sensoren das Wiederkauen der adulten Tiere aufzeichnen.

Zusätzlich werden mit Beschleunigungssensoren Aktivitätszeiten erfasst, die durch Auswertungen der Inaktivitätszeiten, die Aktivität eines Tieres errechnen. Daraus lassen sich physiologische Parameter ableiten. Die Brunstüberwachung erfolgt beispielsweise auf dieser Art sensorgesteuert. Der Sensor erfasst im Zeitraum der Brunst eine erhöhte Aktivität des Tieres und ergänzend werden die Nichtsensor Daten aus dem Rechner hinzugezogen, um über den aktuellen Laktationstag, den aktuellen Laktationsabschnitt zuordnen zu können. Mit Hilfe dieser Daten wird geprüft, ob eine Brunst vorliegen kann. Passen die Informationen zueinander, wird der Hinweis „Brunst“ generiert.

In Verbindung mit Ortungs- und Trackingsystemen besteht die Möglichkeit, den genauen Standort der Kuh im Stall zu bestimmen. Das erspart vor allem dem Landwirt das oft langwierige Suchen der Tiere für Routinemaßnahmen, wie beispielsweise bei der Besamung oder der Trächtigkeitsuntersuchung. Die Information und Dokumentation über den Aufenthaltsort der Kühe liefert dem Landwirt zusätzlich die täglichen Fress-, Liege- und Stehzeiten der Tiere. Über diese wird ein Verhaltensmuster für jedes Einzeltier erstellt. Kommt es zu Abweichungen dieses Verhaltensmusters, wird der Landwirt darüber informiert und kann entsprechend reagieren.

Ein Großteil der Milchviehställe verfügt über Lüftungs- und Kühltechnik um die Kühe vor hohen Temperaturen im Sommer zu schützen. Hitzestress zu vermeiden,

bedeutet zu agieren, bevor er entsteht. Dazu sind Sensoren an den technischen Einrichtungen verbaut, die durchgehend klimatische Veränderungen erfassen. Dabei wird hauptsächlich die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit erfasst. Aus den erfassten Klimadaten werden Signale generiert, die die Steuerung der Kühlungs- und Lüftungseinrichtungen ausführen. Auch die Beleuchtung in Milchviehställen kann über Sensoren gesteuert werden. Abhängig von der Verfügbarkeit und Intensität des Tageslichtes wird diese ein- bzw. ausgeschaltet.

Mit dem Beginn der Laktation eines Rindes werden täglich viele unterschiedliche Daten von Sensoren aus der Melktechnik für jedes Einzeltier erfasst. Es können Milchqualitätsparameter und Milchinhaltstoffe (z. B.: Eiweiß-, Fett- und Zellzahlgehalte, Milchtemperatur und Leitfähigkeit) mit verschiedenen Sensoren gemessen werden.

Die zuvor beschriebenen Melktechnikensensoren wurden auf Haus Düsse in einer Stichprobenuntersuchung, ohne wissenschaftliche Absicherung mit den Zellzahlwerten des Landeskontroll-Verbandes verglichen.

**Versuchsfrage:
Dient die Leitfähigkeitsmessung und die Zellzahlbestimmung des automatischen Melksystems (AMS) als tägliches Arbeitsinstrument, zur zeitgerechten Erkennung akuter Mastitiden?**

Die Milchviehherde des Versuchs- und Bildungszentrum Haus Düsse besteht aus zwei Gruppen. Etwa zwei Drittel der Herde wird in einem Boxenlaufstall gehalten und

in einem Gruppenmelkstand gemolken. Ein Drittel der Herde befindet sich in einem zweiten Boxenlaufstall. Dieser Teil der Herde wird mit einem AMS gemolken (Abbildung 3).

Für den Vergleich wurden zwölf Tiere aus der AMS-Gruppe von Haus Düsse ausgewählt. Die Auswahl erfolgte aus den Milchleistungsprüfungen (MLP) des vergangenen Jahres. Für die Analyse wurden die Tiere ausgewählt, deren Zellzahlgehalte pro ml Milch am Tag der MLP über dem Grenzwert lagen. Bei mehrlaktierenden Kühen lag dieser Grenzwert bei einem Zellzahlgehalt > 500.000 Zellen/ml Milch und für alle erstlaktierenden Tiere bei einem Zellzahlgehalt > 300.000 Zellen/ml Milch.

Die Ergebnisse der monatlichen Milchkontrolle wurden für das Einzeltier mit den individuellen Ergebnissen der Zellzahlmessung und Leitfähigkeitsbestimmung des automatischen Melksystems (AMS) verglichen. Berücksichtigt für die Auswertung wird jeweils ein Korridor von 7 Tagen vor und nach der MLP.

Das automatische Melksystem schätzt über einen automatisierten Schalmtest den Zellzahlgehalt der Milch für das Einzeltier im Gesamtgemelk. Das System ist in der Lage über eine intelligente Messmethodik ressourcenschonend zu arbeiten. Wenn ein Einzeltier unauffällig ist, wird die Schätzung nur bei jeder zweiten Melkung durchgeführt. Weicht der Zellzahlgehalt von zwei aufeinanderfolgenden Melkungen erheblich voneinander ab, wird jede Melkung beprobt – solange, bis das Ausgangsniveau wieder erreicht ist. Dies führt dazu, dass in den Auswertungen nicht bei jeder Melkung eine Messung durchgeführt bzw. dokumentiert wurde. Zusätzlich verlagert sich die Anzahl der Melkungen der Tiere zeitweise von Tag zu Tag: Somit können sich beispielsweise sieben Melkungen in Folge auf zwei Tage verteilen. Diese Punkte sind bei der Analyse der Ergebnisse zu beachten.

Die Leitfähigkeit wird im AMS für das Einzeltier und für jedes Viertel, bei jeder Melkung individuell erfasst. Dargestellt ist jeweils der höchste Wert bzw. das auffälligste Viertel pro Melkung. Dabei wird der Wert vom Herdenmanagementprogramm des AMS generiert und entspricht nicht der Einheit Millisiemens pro Zentimeter (mS/cm), die üblicherweise für die Messung von Leitfähigkeiten verwendet wird.



Abbildung 3: Automatisches Melksystem Haus Düsse (Foto: Kathrin Asseburg).

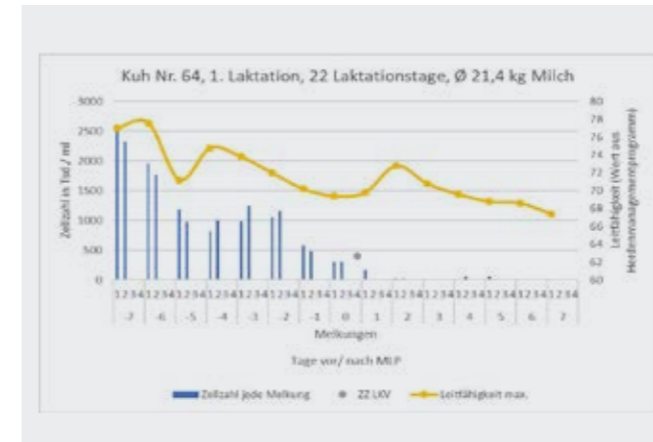


Abbildung 4: MLP 22.01.2020 – Behandlung Mastitis 13.01.2020 (Tag -9).

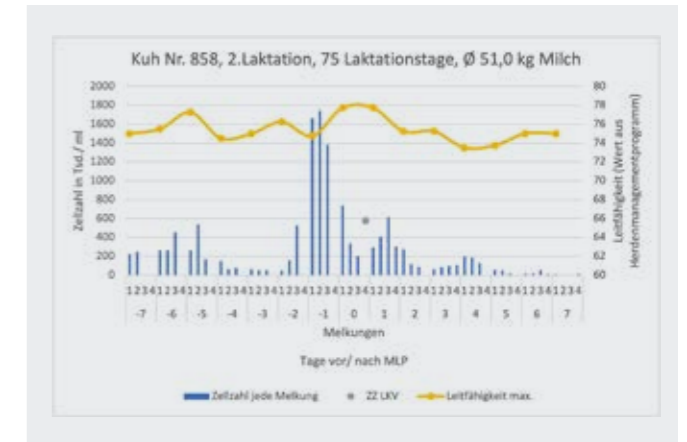


Abbildung 5: MLP 21.08.2019 – Behandlung subklinische Mastitis 16.07.2019.

Die gelbe Kurve zeigt den Verlauf der Leitfähigkeit in dem überprüften Zeitraum und die blauen Balken verdeutlichen den Zellzahlgehalt (automatisierter Schalmtest) pro Melkung. Im Zusammenhang dieser Parameter lässt sich beim AMS herausfinden, auf welchem Viertel sich die Mastitis ankündigt.

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse von Kuh Nr. 64. Hier lag bereits vor dem Untersuchungszeitraum eine Erkrankung des Euters vor. Deutlich zu sehen jedoch, dass der Zellgehalt, durch die frühzeitige Diagnose und die darauf, im frühen Stadium der Mastitis, folgende Behandlung, auch sehr schnell wieder gesunken ist. Durch die tägliche Überwachung konnte beobachtet und bestätigt werden, dass die Behandlung erfolgreich war.

Die Kuh 858, deren Ergebnisse in der Abbildung 5 abgebildet sind, wurde am Tag der MLP durch den LKV mit einem Zellzahlgehalt von 577.000 Zellen/ml aus-

gewiesen. Nur einen Tag vor der Prüfung lag der Zellgehalt dieses Tieres über 1 Mio. Zellen/ml. Dieser Peak wird nur durch die Zellzahlmessung des Roboters deutlich. Durch die engmaschige Kontrolle, war eine Verhinderung einer klinischen Mastitis möglich.

Abbildung 6 zeigt das Tier Nr. 763. Hier ist zu sehen, dass die MLP bei Einzeltieren zu Fehleinschätzungen führen kann. Die einmalige Messung von 834.000 Zellen/ml Milch führte dazu, das Tier als auffällig einzustufen. Wichtig ist es zu beobachten, wie sich der Zellzahlgehalt in den folgenden Tagen verhält. Dabei hilft der Sensor im AMS, der zeigt, dass sich das Niveau schnell wieder im Normalbereich befindet.

Die Abbildung 7 zeigt, wie die Leitfähigkeit bei einer entstehenden Mastitis ansteigt. Bereits einen Tag vor dem Anstieg der Zellzahl zeigt die Leitfähigkeit auf dem betroffenen Viertel einen Anstieg.

Bei der Auswertung der Zusammenhänge von Leitfähigkeit und Zellzahl wurde in diesem Praxisversuch festgestellt, dass die Leitfähigkeit, die durch das Herdenmanagementprogramm ausgewiesen wird, nicht jeden Fall von einer erhöhten Zellzahl im Vorfeld sicher anzeigt. Um genauere Aussagen über diesen Zusammenhang treffen zu können, müssten zu dem Versuch noch die Befunde der Einzeltiere hinzugezogen werden. Allerdings dient die Leitfähigkeitsmessung, durch die viertelindividuelle Messung, zur Identifizierung des betroffenen Euterviertels. Die Sensoren im AMS für die Überwachung der Eutergesundheit helfen dem Landwirt frühzeitig Euterentzündungen zu erkennen und zu behandeln. Dadurch wird an erster Stelle die Tiergesundheit verbessert. Nicht unerheblich ist auch die Kostenersparnis. Herr Lührmann (Unternehmensberater der Landwirtschaftskammer Niedersachsen) teilt in einem persönlichen Gespräch die aktuellen Zahlen dazu mit.

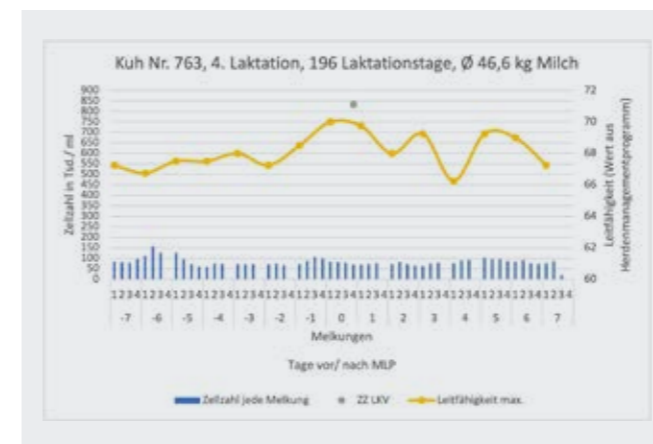


Abbildung 6: MLP 21.03.2020 – keine Behandlung.

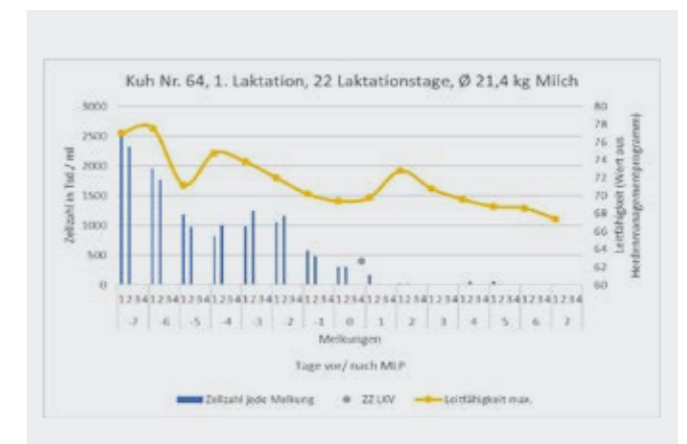


Abbildung 7: MLP 13.05.2019 – keine Behandlung.



(Foto: Kathrin Asseburg)

Die Kosten für eine klinische Mastitis betragen durchschnittlich 561,00 € pro Kuh. Diese nicht unerhebliche Summe der Kosten wird häufig unterschätzt, da die Summanden zum Teil für den Landwirt nicht direkt sichtbar sind. So muss zum Beispiel die Mehrarbeit des Landwirts mit durchschnittlich 45,00 € pro Kuh und der Milchverlust im Laufe der Laktation, der durch die Mastitis entstanden ist, mit 147,00 € pro Kuh berücksichtigt werden.

Deutlich wurde, dass Sensoren in der Milchviehhaltung dabei helfen können, Gesundheitsparameter zu überwachen, Krankheiten zu erkennen und zu vermeiden und vor diesem Hintergrund geeignet sind, Kosten einzusparen. Wichtig ist dabei die Einsicht, dass die anfallenden Daten regelmäßig ausgewertet und auch in der Gesamtkonstellation beachtet werden. Für eine erfolgreiche Digitalisierung in der Tierhaltung wäre positiv, wenn die Daten enger zueinander geführt würden und die komplexen Auswertungen automatisiert erfolgen könnten. Bei der Datenspeicherung und -Auswertung in der Milchviehhaltung kommen auf die Landeskontrollverbän-

de besondere Aufgaben zu. Hier wäre Erfahrung, Kompetenz und das notwendige Netzwerk vorhanden, gemeinsam mit Praxis und Wissenschaft die Datenqualität und Datenkompetenz weiter zu verbessern.



(Foto: Imke Sassen)

Kann das digitale Farmer Assistenz System „Chickenboy“ Gesundheit und Wohlbefinden von Broilern verbessern helfen?

Jörg Hartung (Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c.)

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover,
Bünteweg 17p, 30559 Hannover,
Germany

Joerg.Hartung.iR@tiho-hannover.de

Die Produktion von Fleisch hat sich in den letzten 30 Jahren aufgrund der Nachfrage einer schnell wachsenden Weltbevölkerung nach Lebensmitteln tierischen Ursprungs mehr als verdoppelt (Ritchie und Roser 2017). Den stärksten Zuwachs verzeichnete die Geflügelfleischproduktion. So wurden 2019 weltweit rund 25,9 Milliarden Hühner gehalten. Das waren rund 80 % mehr als im Jahr 2000 und die Produktion von Geflügelfleisch erreichte im Jahr 2020 etwa 134 Millionen Tonnen (Destatis 2021). Diese Steigerungen waren nur durch die gezielte Züchtung extrem leistungsfähiger Mastrassen, angepasste Fütterungsregime und die Entwicklung intensiver Stallhaltungsformen mit hohen Besatzdichten auf spezialisierten Betrieben möglich.

Gleichzeitig nahmen jedoch in den letzten Jahren, besonders in vielen Staaten der Europäischen Union (EU), Bedenken hinsichtlich Gesundheit und Wohlergehen der so gehaltenen Tiere zu, und immer mehr Bürger fordern heute einen besseren Schutz und eine bessere Überwachung der großen Broilerherden, um mindere Luftqualität und beeinträchtigtes Wohlbefinden der Tiere rechtzeitig erkennen zu können. Für diese vielfältigen Aufgaben stehen allerdings den Tierbetreuern aus ökonomischen Überlegungen nur begrenzte Zeiträume zur Verfügung, so dass die Tierüberwachung weder permanent noch individuell erfolgen kann.

Kritik an einer Ausweitung der Tierhaltung kommt aus umwelthygienischer Sicht seitens des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP). Nach Ritchie und Roser (2013) werden etwa 77 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen der Welt durch die Tierhaltung direkt oder zur Futtergewinnung genutzt. Die zunehmende Ausdeh-

nung von Acker- und Weideland zerstört natürliche Lebensräume und führt zu einer Verringerung der biologischen Vielfalt. Düngemittel und Pestizide verschärfen die Situation weiter. Darüber hinaus sind Treibhausgasemissionen aus der Tierhaltung ein wichtiger Faktor für den Klimawandel. Laut der kürzlich veröffentlichten UNEP-Studie „Auswirkungen des Lebensmittelsystems auf den Verlust der biologischen Vielfalt“ sind eine stärker pflanzliche Ernährung und eine Änderung der Art und Weise der Lebensmittelherstellung erforderlich, um diesen Entwicklungen wirksam entgegenzuwirken (Benton et al. 2021).

Andererseits zeigt die aktuelle Covid-19 Pandemie, wie wichtig die sichere Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln für jede Gesellschaft ist und wie schnell mangelnde Versorgung und Hunger sich ausbreiten können, wenn diese fundamentalste Grundlage des Menschen nicht gegeben ist. So wurde die nationale Lebensmittelproduktion, einschließlich der Landwirte und Landarbeiter, auf die gleiche „systemrelevante“ Ebene gestellt wie der Lebensmitteleinzelhandel und das Gesundheitspersonal, das an der Bekämpfung von COVID-19 beteiligt ist. Gleiches gilt für die globalen Lebensmittelsysteme, die man auch als gleichwertig mit den Gesundheitssystemen ansehen kann, damit Hunger und Unterernährung nicht ganze Staaten und Regionen, wie z. B. die ärmeren Länder in Afrika südlich der Sahara, aber auch anderswo, destabilisieren. Dazu müssen die Landwirte in der Lage sein, ihre Produktion und ihre Produktivität aufrechtzuerhalten und in sie zu investieren, um erschwängliche Lebensmittel zu produzieren, damit Bedrohungen dieser Art zumindest weitgehend vermieden werden können (Schmidhuber 2020; Schmidhuber und Qiao 2020). Nun kann man durchaus der Ansicht sein, dass die derzeit hohe und weiter steigende weltweite Fleischproduktion durch mehr pflanzliche Nahrung ersetzt werden sollte, dennoch wird Fleisch als Lebensmittel tierischer Herkunft noch lange als Proteinquelle in der menschlichen Ernährung eine wichtige Rolle spielen (z. B. FAO 2013; Tome 2012).

Somit kommt der Tierhaltung eine wichtige Aufgabe bei der sicheren Versorgung der Bevölkerung (food security) mit wichtigen Lebensmitteln zu, andererseits muss sich die moderne Tierhaltung den kritischen Fragen einer zunehmend urbanen Gesell-

schaft stellen, die den Verzehr von Lebensmitteln tierischer Herkunft neben Lebensmittelqualität vermehrt nach Kriterien wie Tierschutz, Umweltschutz, Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit bewertet. Die Nutztierhaltung und ihre Landwirte sollten diese gesellschaftlichen Bedenken nicht nur als Kritik ansehen, sondern zum Anlass nehmen, um über ihre bisherigen Produktionsmethoden nachzudenken und nach sinnvollen und zukunftsorientierten Innovationen zu suchen (Giersberg und Meijboom 2021).

Ein neuer Ansatz hat sich in den vergangenen Jahren unter dem Namen Präzisionsviehhaltung (Precision Livestock Farming, PLF) entwickelt und hat z. B. im Bereich des automatischen Melkens (Cogato et al. 2021) oder bei der sensorbasierten Brunsterkennung (Abeni et al. 2019) oder bei der Früherkennung von Atemwegsproblemen bei Schweinen durch Hustengeräuschanalyse bereits weite Anwendung in der Praxis gefunden (Exadaktulos et al. 2008).

In der Broilerhaltung dagegen werden moderne IT-Technologien und PLF noch wenig eingesetzt (Rios et al. 2020), obwohl in den großen Herden mit häufig 40.000 Tieren und mehr die Überwachung von Bestand und Einzeltier schwierig ist, zumal die Betreuungszeit des Tierbetreuers auf die kurzen Zeitabschnitte der Inaugenscheinahme bei den zwei täglichen Stalldurchgängen (TierSchNutzV 2006) begrenzt ist. Autonom am Boden fahrende Roboter wie „Sputnic“ (Tibot, Frankreich) oder der „Oktopus“ (Espace Emeraude, Frankreich) dienen vorrangig der Auflockerung der Einstreu, sind aber bei fortschreitender Mast wegen der heranwachsenden Tiere häufig kaum noch einsetzbar und liefern keine oder nur sehr wenig Informationen über die Tiere und ihre Umweltqualität.

Farmer Assistenz System (FAS) – „Chickenboy“

Das **Farmer Assistenz System (FAS)**, auch als „Chickenboy“ bezeichnet (Faromatics SL, Spanien), läuft dagegen auf an der Stalldecke angebrachten Schienen und ermöglicht eine quasi kontinuierliche Überwachung der Tiere und der Haltungsumwelt in Echtzeit (Ren et al. 2020). Seine Sensoreinheit schwebt in etwa 70cm Höhe über dem Stallboden und vermeidet damit jedes Kollisionsrisiko mit den Tieren, bleibt jedoch jederzeit mit seinen Kameras und Messeinheiten dicht in Tiernähe.

Farmer Assistenz System



Abbildung 1: Farmer Assistenz System (FAS), auch „Chickenboy“ genannt, auf der Laufschiene in einem Broilerstall (Fahrtrichtung nach rechts) und unten angebrachter Sensorbox (Fotos: Jörg Hartung).

Die **Abbildung 1** zeigt den Aufbau des Gerätes. In der Topeinheit mit den auf der Monoschiene laufenden Antriebsrädern ist die Antriebsbatterie untergebracht. Von dort werden die aufgenommenen Daten über eine Antenne in die Daten-Cloud übertragen. Dort oben ist auch die Topkamera angebracht. Mit dieser Topkamera kann die **„frei für die Tiere nutzbare Bodenfläche“** über einen Algorithmus bestimmt werden. Damit wird ein Maß für die Verteilung der Tiere im Stall angegeben und somit auch indirekt die Besatzdichte in verschiedenen Teilen des Stalles. Der Teleskoparm und ein Datenkabel verbinden die Topeinheit mit der in Tiernähe befindlichen Sensorbox. Dazwischen in Griffhöhe für den Betreuer befindet sich die Kontrolleinheit mit Ein/Aus Schaltern für den Antriebsmotor und die Datenübertragung. Mit Hilfe eines Druckknopfes kann der Teleskoparm auf die gewünschte Höhe über dem Stallfußboden eingestellt werden. Durch Eindrücken des roten Notstoppschalters kann das FAS im Falle eines Risikos sofort komplett stillgelegt

werden. An der Sensorbox sind die Fühler für die Erfassung der Parameter der Stallluftqualität angebracht. In der Frontplatte ist ein Abstandssensor eingebaut, der das FAS anhält, wenn ein unüberwindliches Hindernis im Wege steht. Kontinuierlich werden erfasst die **Lufttemperatur** (T °C), die **relative Feuchte der Luft** (RF Vol.%), die **Luftgeschwindigkeit** (m/s) sowie die **Konzentrationen an Kohlendioxid** (CO₂) und **Ammoniak** (NH₃). Ein **Lux-Meter** (Licht) und ein **Schalldruckpegelmess**er (Dezibel, dB(A)) ergänzen die Palette der Sensoren. Für die Sensoren können Richt- und Grenzwerte definiert werden. Bei Über- oder Unterschreitung der gewünschten Normwerte können unmittelbar Meldungen an den Tierbetreuer übermittelt werden.

In der Bodenplatte der Sensorbox und an beiden Seiten rechts und links sind Kameras angebracht, die Aufnahmen von den Tieren und vom Stallfußboden machen. Damit können etwa 90 % der Stallgrundfläche abgedeckt werden. Mit Hilfe der Kameras, die parallel jeweils ein Normalbild und

ein Infrarotbild von den Tieren und den auf dem Stallfußboden liegenden Exkrementen erstellen, können z. B. tote Tiere und von der üblichen Norm abweichende Ausscheidungen der Tiere mit Hilfe von speziell entwickelten Algorithmen und künstlicher Intelligenz erkannt werden.

Die Erkennung toter Tiere gelingt einmal über die Körpertemperaturmessung und zum anderen über das klinisch-pathologische Bild des toten Tieres. So zeigen, z. B. beim plötzlichen Herztod, die Tiere oft eine typische Rückenlage (**Abbildung 2, links**). Für die Nutzung der Kameras spielen Algorithmen eine wesentliche Rolle. Je mehr typische Bilder dem Algorithmus zur Verfügung gestellt werden, desto sicherer kann eine Diagnose gestellt werden.

Tierärztlich besonders interessant ist die Entwicklung des Algorithmus, der Anzeichen von beginnenden Darmstörungen bis hin zu Darmerkrankungen anhand von Veränderungen an den Ausscheidungen der Tiere mit Hilfe künstlicher Intelligenz erkennen



Abbildung 2: Links. Die Detektion eines toten Tieres über die Bodenkamera und den Algorithmus. Rechts. Identifikation von verdächtigen Exkrementen über Kamera und Algorithmus (Bild: Faromatics).

kann (**Abbildung 2, rechts**). Dies kann für eine frühzeitige Behandlung von großer Bedeutung sein, wenn dadurch Schwere und Länge einer Erkrankung durch sofortige Maßnahmen vermindert werden kann. Frühes Eingreifen kann Tierleid, wirtschaftliche Verluste und oftmals den Einsatz von Antibiotika vermeiden helfen. Diese noch junge Technologie kann bereits im Sinne einer **„veterinärmedizinischen Telemedizin“** genutzt werden, wenn die vom Algorithmus erkannten Bilder der Exkremente direkt an den betreuenden Tierarzt übermittelt werden. Er kann dann eine erste Beurteilung vornehmen und entscheiden, sofort den Bestand zu besuchen oder therapeutische Maßnahmen einzuleiten. Algorithmen zur Erkennung von nassen Einstreubereichen und von tropfenden Nippeltränken sind in der Entwicklung. Dies ist im Hinblick auf die Ausbildung von Pododermatiden durch feuchte Einstreu von Bedeutung.

Wichtig ist zu erwähnen, dass alle anfallenden Daten in einer geschützten **„Cloud“** gespeichert werden und gegen Zugriffe von außen nach aktuellem Wissensstand geschützt sind. Nur der Landwirt und von ihm autorisierte Personen sowie der Betreiber in der Servicefirma erhalten Nachricht von Abweichungen und Störungen mit Angabe des Problemortes im Stall über Mobil-Phone oder PC. Mit diesem Data-Mapping wird eine kontinuierliche und qualifizierte Tierüberwachung rund um die Uhr möglich, die den Tierbetreuer oder Tierarzt direkt zu dem technischen Problem im Stall oder zu dem toten Tier oder zu den fraglichen Exkrementen führen kann. Neben einer besseren Tiergesundheitsüberwachung kann auf diese Weise auch die Leistung einer Herde stabilisiert oder sogar verbessert werden. Geringere Tierverluste durch Gesundheitsvorsorge wirken außerdem ressourcenschonend, da weniger Tiere sterben, die bereits

über mehrere Wochen gefüttert und betreut wurden. Ein weiterer wichtiger Wert dieser neuen intelligenten Technologie liegt darin, dass der Landwirt durch die Möglichkeit der lückenlosen **„real time“** Fernbetreuung seine Tiere besser verstehen lernt, wie auch erste Erfahrungen in der Praxis zeigen (**Hartung et al. 2017**). Zudem kann die lückenlose Transparenz, die durch die Echtzeitüberwachung der Tiere gegeben ist, möglicherweise helfen, das Vertrauen des Verbrauchers in eine tierschutzgerechte Haltung und Betreuung von Masthühnern zu erhöhen.

Neben dem Sofortalarm stehen dem Tierbetreuer, Landwirt und Tierarzt Tages- und Wochenberichte zu jedem einzelnen Parameter zur Verfügung. Die **Abbildung 3** gibt ein Beispiel einer ungleichen Verteilung der relativen Luftfeuchte in einem Praxisbetrieb, die sich etwa ab 2 Wochen nach Neubelegung in den Tagesberichten zunehmend

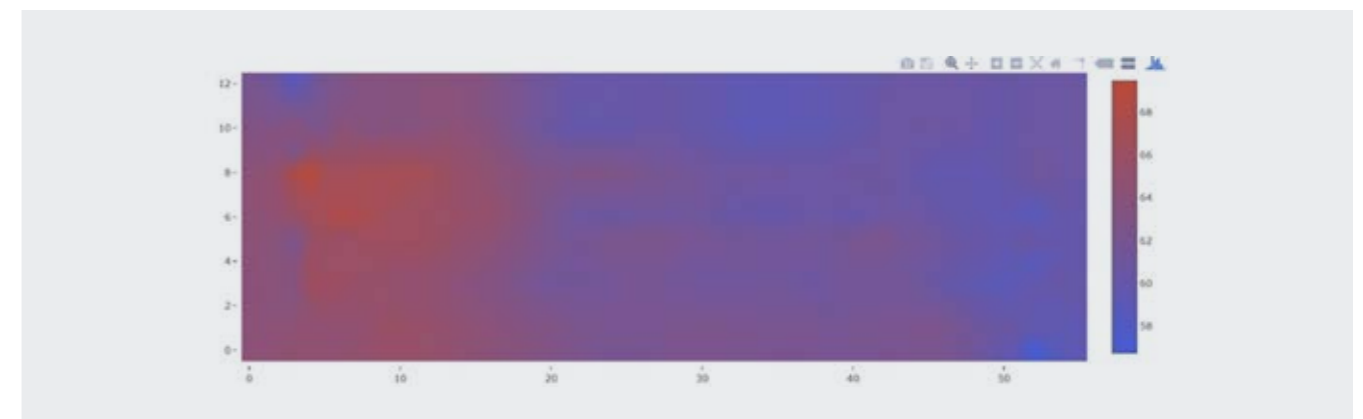


Abbildung 3: Ungleichmäßige Verteilung der relativen Feuchte der Luft in einem Broilerstall, aufgezeichnet im Mittel über 24 h. Stallmaße 55 x 12 m. Belegung 14.000 Tiere. Tunnellüftung von links nach rechts.

abbildete. Der Grund dafür waren nicht angemessen eingestellte Zuluftöffnungen in dem Stall, die bei der Wartung vergessen worden waren. Aber auch ungleiche Besatzdichten, wenn z. B. Unterteilungen der Stallfläche in Gruppen vorgenommen wurden, können durch die über die Stallgrundfläche gleichmäßig verteilen, permanent laufend Messungen der Temperatur, der relativen Luftfeuchte und der Schadgase rasch erkannt werden.

In *Abbildung 4* ist ein Beispiel eines Tagesberichtes über den Verlauf der Konzentrationen an CO₂ und NH₃ in der Luft eines Broilerstalles wiedergegeben. Während die NH₃-Konzentrationen in einem niedrigen Bereich verharren, liegt die CO₂-Konzentration im ganzen Messabschnitt deutlich über der für Broilerställe genannten Obergrenze von 3000 ppm (*TierSchNutzV 2006*). Der Grund waren an diesem Tag niedrige Außentemperaturen und eine mit offener Flamme im Stall betriebene Gasheizung, durch die in erheblichem Umfang CO₂ freigesetzt wurde. Der Tagesbericht gibt jeweils die Spanne und den Mittelwert des gemessenen Parameters in dem Messzeitraum an. Dies trifft auch auf die hier nicht im Bild gezeigten Parameter zu.

Ein besonderer Wert dieser neuen intelligenten Technologie liegt darin, dass die Landwirte früher als bisher auf Gesundheitsprobleme, Unwohlsein der Tiere und technische Defekte im Stall reagieren können. Außerdem kann die Produktion stabilisiert und die Transparenz für den Verbraucher

erhöht werden. So verursachen offensichtlich bislang nicht erkannte und damit unbehandelte Krankheitsverläufe in den Herden europaweit erhebliche Schwankungen in Herdengesundheit und Produktion, wie die in vielen Betrieben von Durchgang zu Durchgang stark variierenden EPI (= European Production Index) und EPEF (= European Productivity Efficiency Factor) zeigen (z.B. *Limbergen van et al. 2020*). Das FAS kann hier mit seiner in Echtzeit zur Verfügung stehenden Informationssicht für ein frühzeitiges Eingreifen des Tierbetreuers sorgen und Verluste vermeiden helfen.

Die *Abbildung 5* zeigt als Beispiel Daten aus einem Stall, in dem der Algorithmus des FAS zahlreiche auffällige Veränderungen des Kotes der Tiere im Verlauf eines Mastdurchgangs signalisiert hat (blaue Säulen,

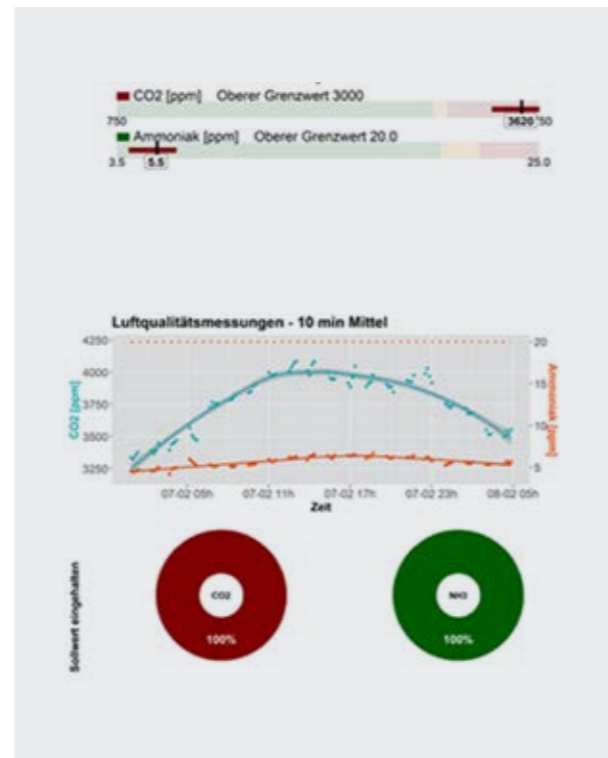


Abbildung 4: Beispiel eines Messberichtes von Kohlendioxid (CO₂) und Ammoniak (NH₃) über 24 h in einem Broilerstall, Winter, Gasheizung im Stall.

Anzahl Ordinate rechts). Die rote Punktlinie gibt die Differenz der durchschnittlichen Tagesgewichte der Tiere der Herde in Gramm (Ordinate links, g) zu der Sollgewichtskurve (*Aviagen 2019*) für ROSS 308 Herden an, in *Abbildung 5* als „O-Linie“ erkennbar. Die Befunde zeigen den Zusammenhang zwischen der Gewichtsabweichung zu „normal“ und der Zu-

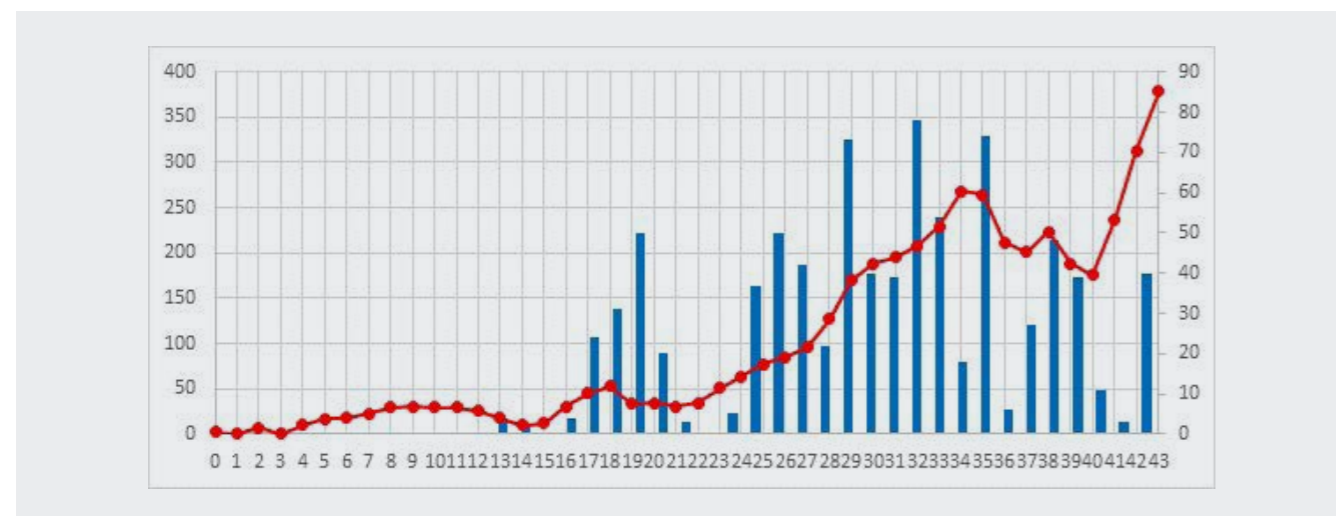


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen dem gehäuften Auftreten verdächtiger Kotbeschaffenheit angezeigt durch das FAS (blaue Säulen, Ordinate rechts) und dem Verlauf der Differenzen der durchschnittlichen Tagesgewichte der Tiere der Herde (rote Punkt-Linie, Ordinate links, in g) zu der Sollgewichtskurve („normal“ ist O-Linie angestrebt) für ROSS 308 Herden. Die Zahlen 0–43 auf der Abszisse geben die Masttage an.

nahme der Beobachtungen „auffälliger“ Kotbeschaffenheit. Gelingt es, aufgrund der ersten Hinweise durch das FAS rasch Managementmaßnahmen zu ergreifen, wie z. B. das Ansäuern des Trinkwassers zur Erhöhung der Darmstabilität, kann eine weitere und längerfristige Ausbreitung einer sich möglicherweise anbahnenden latenten Darminfektion oder von Verdauungsbeschwerden in der Herde vermindert oder verhindert werden. Dies bedarf noch weiterer Bestätigungen in Praxisbetrieben, wäre aber im Erfolgsfall ein wichtiger Beitrag zu Tiergesundheit und Tierschutz.

Diskussion

Die kurz vorgestellte neue Technologie und die Erfahrungen in Broiler-Farmen zeigen das große Potenzial des FAS zur Verbesserung der Tierbetreuung. Das FAS ist ein nützliches Instrument, mit dem Landwirte und Tierärzte die Tiere besser verstehen können. Sie haben damit die Möglichkeit, das Befinden der Tiere in Echtzeit zu überwachen und zu bewerten, ohne selbst permanent im Stall zu sein. Die Daten ermöglichen es, Krankheiten früher zu erkennen und damit gegebenenfalls Leiden und Verluste zu verringern und Ressourcen zu schonen. Das FAS ersetzt nicht die persönliche Beobachtung der Tiere und die persönliche Wahrnehmung der Stallatmosphäre durch Landwirt und Tierbetreuer während des Stalldurchgangs, es stellt lediglich ein modernes technisches Hilfsmittel dar, das objektiv wichtige Zustands- und Entscheidungsdaten liefert.

Das System beobachtet die Broiler quasi in Echtzeit. Es sendet Stallklimainformationen an den Tierbetreuer und Bilder z. B. eines erkrankten Tieres oder von krankheitsverdächtigen Exkrementen zur raschen Diagnose an den Tierarzt. Eine frühzeitig eingeleitete Therapie kann einen Krankheitsverlauf verkürzen und u.U. den massiven Einsatz von Antibiotika reduzieren oder ganz vermeiden helfen. Ebenso können sofortige Maßnahmen zur Verbesserung des Stallklimas oder der Einstreuqualität Schwere und Länge von Störungen in der Haltungsumwelt beseitigen und damit verbundene Schäden an den Tieren sowie Schmerzen und Leiden der Tiere reduzieren.

Durch die kontinuierliche Überwachung mit dem FAS wird das Vertrauen der Landwirte in ihre eigene Produktion gestärkt und durch frühzeitiges Handeln kann die Leistung der Herde stabilisiert werden. Data-

Mapping führt den Betreuer direkt zu dem technischen Problem oder zu dem Hilfe benötigenden Tier oder zu dem toten Tier. Diese Fakten können möglicherweise auch wieder mehr Vertrauen bei den Verbrauchern in eine tiergerechtere Haltung von Masthühnern schaffen. Ein solches Precision Livestock System wie das FAS soll und wird den Landwirt niemals ersetzen können, es kann aber eine wertvolle Hilfe für den Landwirt bei seinem Bemühen um mehr Tierschutz, Tiergesundheit und Produktionssicherheit sein und zur Verbesserung der Lebensqualität von Tier und Mensch beitragen.

Die Entwicklung von intelligenten und digitalisierten Überwachungssystemen in der Tierhaltung ist bei weitem noch nicht abgeschlossen und bietet noch viel Platz für Innovationen und Verbesserungen. Dabei sollte künftig vermehrt auch an Technologien gedacht werden, die in modernen alternativen Haltungsformen, wie z. B. in der Freilandhaltung von Nutztieren, eingesetzt werden können.

Zusammenfassung

Die Produktion von Geflügelfleisch hat aufgrund der Nachfrage einer schnell wachsenden Weltbevölkerung nach Lebensmitteln tierischen Ursprungs im Jahr 2020 mit 134 Millionen Tonnen einen neuen Höchststand erreicht. Diese Steigerung war nur durch die Entwicklung spezifischer Züchtungen, spezialisierter Betriebe mit intensiven Haltungsformen, angepasster Fütterung und hohen Besatzdichten möglich. Gleichzeitig nehmen seit Jahren in der Gesellschaft Bedenken hinsichtlich Gesundheit und Wohlergehen der so gehaltenen Tiere zu, und immer mehr Bürger fordern einen besseren Schutz und eine bessere Überwachung der großen Broilerherden, um Erkrankungen, schlechte Luftqualität und beeinträchtigtes Wohlbefinden rechtzeitig erkennen und mindern zu können. Allerdings stehen den Tierbetreuern aus ökonomischen Gründen nur begrenzte Zeiträume zur Überwachung und Versorgung der Tiere zur Verfügung.

Es wird daher ein neues **Farmer Assistenz System** (FAS) vorgestellt, das quasi kontinuierlich weite Teile der Haltungsumwelt und die Tiere selbst mit Sensoren und Kameras beobachten und überwachen kann. Bei festgestellten Normabweichungen wird der Tierbetreuer automatisch über Mobil-Phone oder PC informiert. Das FAS läuft Batterie getrieben auf an der Stalldecke montieren

Schienen und deckt mit seinen Messsystemen etwa 90 % der Stallgrundfläche ab. So werden räumlich über die Stallgrundfläche verteilt kontinuierlich Temperatur und relative Feuchte der Luft sowie die Konzentrationen an Ammoniak und Kohlendioxid gemessen. Mit einem Kamerasystem können tote Tiere und anomale, krankheitsverdächtige Exkremente der Tiere erkannt und gemeldet werden. Alle Daten werden in einer geschützten „Cloud“ gespeichert. Neben dem ständigen Datenzugriff erhält der Landwirt täglich einen Bericht, in dem alle erfassten Daten in Form von Tabellen und Graphiken zusammengefasst sind. Abweichungen und Störungen bei Einrichtungen und Tieren können dem Betreuer mit Angabe des Problemortes im Stall gemeldet werden. Dieses Data-Mapping führt ihn direkt zu dem technischen Problem oder zu dem Hilfe benötigenden Tier oder zu dem toten Tier. Der Wert dieser neuen intelligenten Technologie liegt darin, dass die Landwirte ihre Tiere besser verstehen lernen können, und früher als bisher auf Gesundheitsprobleme, Unwohlsein der Tiere und technische Defekte im Stall reagieren können. Außerdem kann die Produktion stabilisiert und die Transparenz für den Verbraucher erhöht werden. Das FAS soll und kann den Landwirt nicht ersetzen. Es kann ihn aber nachhaltig unterstützen. Die Erfahrungen in Broiler-Farmen zeigen das große Potenzial des FAS zur Verbesserung der Lebensqualität von Tier und Mensch.

Literatur

Abeni F, Petrer F, Galli A (2019). A Survey of Italian Dairy Farmers' Propensity for Precision Livestock Farming Tools. *Animals*, 9, 202; doi: 10.3390/ani9050202.

Benton TG, Bieg C, Harwatt H, Pudasaini R, Wellesley L (2021). Food system impacts on biodiversity loss. *Research paper* Feb. 2021. The Royal Institute of International Affairs Chatham House, 10 St James's Square, London SW1Y 4LE).

Aviagen (2019). Broiler Performance Objectives ROSS 308. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-e&q=Aviagen+Ross308+Performance+Objectives+2019>

Cogato A, Brščić M, Guo H, Marinello F, Pezzuolo A (2021). Challenges and Tendencies of Automatic Milking Systems (AMS): A 20-Years Systematic Review of Literature and Patents. *Animals*. 11(2): 356. doi: 10.3390/ani11020356.

Destatis (2021). Statistisches Bundesamt. *Globale Tierhaltung*, Fleischproduktion und Fleischkonsum.

Exadaktylos V, Silva M, Aerts JM, Taylor CJ, Berckmans D (2008). Realtime recognition of sick pig cough sounds. *Computers and Electronics in Agriculture*. 63(2):207–14.

FAO (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. *Paper 92*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Giersberg MF, Meijboom FLB (2021). Smart Technologies Lead to Smart Answers? On the Claim of Smart Sensing Technologies to Tackle Animal related Societal Concerns in Europe over Current Pig Husbandry Systems. *Frontiers in Veterinary Science*. Vol. 7. Article 588214.

Hartung J, Banhazi T, Vranken E, Guarino M (2017). European farmers' experiences with precision livestock farming systems. *Animal Frontiers*, 7(1), Champaign: American Society of Animal Science, 2017, 38-44. doi:10.2527/af.2017.0107.

Limbergen van T, Sarrazin S, Chantziaras I et al. (2020): Risk factors for poor health and performance in European broiler production systems. *BMC Vet Res* 16, 287. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02484-3>

Ren G, Lina T, Yinga Y, Chowdhary G, Tinga KC (2020). Agricultural robotics research applicable to poultry production: A review. *Computers and Electronics in Agriculture* 169, 105216.

Rios HV, Waquil PD, Soster de Carvalho P, Norton T (2020). How are Information Technologies Addressing Broiler Welfare? A Systematic Review Based on the Welfare Quality® Assessment. *Sustainability*, 12, 1413. doi: 10.3390/su12041413.

Ritchie H, Roser M (2013). "Land Use". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/land-use>' [Online Resource]

Ritchie H, Roser M (2017). Meat and Dairy Production. Published online at OurWorldInData.org. (2019). Retrieved from: <https://ourworldindata.org/meat-production>.

Schmidhuber J (2020). COVID-19: From a global health crisis to a global food crisis? *Food Outlook*. Special feature. www.fao.org/3/ca8833en/CA8833EN.pdf

Schmidhuber J, Qiao B (2020). Comparing Crises: Great Lockdown versus Great Recession. *Rome, FAO*. <https://doi.org/10.4060/ca8833en>.

TierSchNutzV (2006). Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (*Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung – § 19 Abs. 2*, zuletzt geändert 29.01.2021. BGBl. I S. 2043.

Tome D (2012). Criteria and markers for protein quality assessment – a review. *British Journal of Nutrition*, Vol. 108, Issue S2, pp. S222 - S229. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114512002565>



(Fotos: Eva Zeiler)



Mit künstlicher Intelligenz das Wohl von Mensch und Tier steigern

Denise Vandeweyer (Dr.)

E-Mail: neurinos@gmail.com

Mobil: +491705517942

neurinos ist ein deutsches Tech Startup aus dem Raum Niederbayern. Wir entwickeln KI basierte Software, die es unter anderem ermöglicht Geburten, Krankheiten, Verhaltensanomalien oder Betäubungszustände von Tieren auf landwirtschaftlichen Betrieben, während des Transports oder in Schlachthöfen zu erkennen, zu differenzieren und an betreuende Personen zu melden. Für die Umsetzung dieser Use Cases setzen wir kostengünstige und robuste Sensoren (v. a. Kameras und Mikrofone) in Kombination mit der von uns selbst entwickelten Software ein.

Alle Use Cases wird man auf unserer Plattform finden können. Diese halten wir für externe Entwicklungen offen, um ähnlich

eines App-Stores möglichst viele Nutzer und aber auch dritte Entwickler erreichen zu können.

Als Team setzen wir uns aus Spezialisten aus den Bereichen künstliche Intelligenz, Veterinärmedizin und Prozessmanagement zusammen. Wir haben es uns zur Mission gemacht die Prozesse in der tierischen Erzeugungskette zum Wohl von Mensch und Tier zu verbessern.

Die bisher in Entwicklung befindlichen Use Cases

neurinos Detect

neurinos Detect dient zum einen der Geburtserkennung und -überwachung bei Nutz-, Hobby- und Zuchttieren, zum anderen der frühzeitigen Registrierung und Meldung von Verhaltens- und Bewegungsanomalien wie Koliken, Lahmheiten, Festliegen, Verletzungen und Allgemeinerkrankungen. Über ein individuell auf den User zugeschnittenes Meldesystem können Tierhalter in Echtzeit bzw. im Notfall über beginnende Geburten und Geburtsverzögerungen

sowie andere krankhafte Zustände informiert werden. So kann bei Komplikationen und Krankheiten gezielt und rechtzeitig eingegriffen oder tierärztliche Hilfe hinzugezogen werden. Es gibt hierbei kaum Beschränkungen zur Örtlichkeit. Tiere können in offenen und modernen Ställen, während des Transports oder aber auch in schlecht beleuchteten Ställen überwacht werden. (Abbildung 2)

neurinos Numb

Mit Hilfe von neurinos Numb kann eine unzureichende Betäubung bzw. ein Wiedererwachen aus der Betäubung vor Eintritt des Todes in Schlachtprozessen zuverlässig erkannt und eine Nachbetäubung eingeleitet werden. So wird eine Tötung bei unzureichend oder nicht ausgeschaltetem Bewusstsein, welche laut Tierschutzgesetz (§4 TierSchG) untersagt ist, verhindert.

neurinos Protect

neurinos Protect dient der Identifizierung und Abwehr von Beutegreifern und Wildtieren, die eine Gefahr für Tiere in Weide- und



Abbildung 1: Team Neurinos (v.l.n.r.: Dr. André Roskopf, Dr. Katharina Mühlbauer, Dr. Denise Vandeweyer und Alex Vandeweyer, Foto: Robert Schlenstedt)



Abbildung 2: Kuh und neugeborenes Kalb kurz nach der Abkalbung (Foto: Dr. Katharina Mühlbauer)

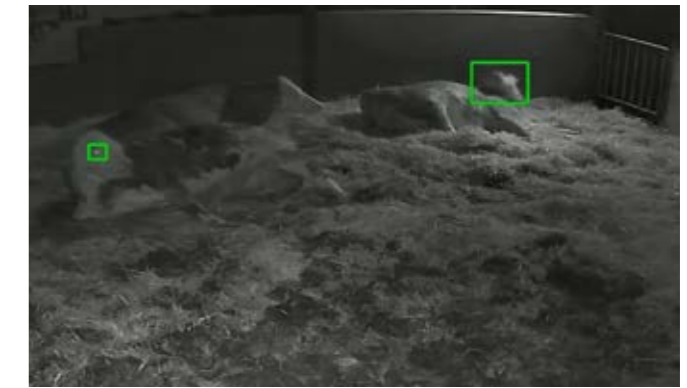


Abbildung 3: Erkennung von Bewegungsabläufen während der Geburt. (Foto: Dr. Andre Roskopf)



Abbildung 4: Überwachte Ablammung. (Foto: Dr. Denise Vandeweyer)

Freilandhaltung darstellen. So können z. B. Wölfe, Füchse, Wildschweine oder Greifvögel sicher identifiziert werden und bei der Annäherung an Tierbestände ein Alarm beim Besitzer sowie Maßnahmen zur Vertreibung und Vergrämung eingeleitet werden. Unnötige Tierverluste und die Übertragung von Tierseuchen wie die Schweine- oder Geflügelpest können hierdurch vermindert werden.

Plattform

Die Idee zur Plattform ist ein zentraler Gedanke, wenn es um die Frage der einfachen Verfügbarkeit einzelner Use Cases, der Erweiterung des Gesamtangebots an Use Cases oder die zentrale Anbindung an öffentliche Dokumentationstools geht. Basis ist die Idee der solidarischen Datenhaltung, die es keinem einzelnen Teilnehmer erlaubt sich überproportional an Datenmengen zu bereichern.

Die Plattform wird grundsätzlich offen gestaltet. Das bedeutet, dass auch Dritte hier Entwicklungen bereitstellen können, die von

den Nutzern dann ähnlich wie in einem App-Store gekauft, gebucht oder gratis heruntergeladen werden können. Dies soll einerseits als Anreiz an die Allgemeinheit dienen Use Cases für landwirtschaftliche oder nachgelagerte Zwecke zu entwickeln, andererseits soll die zentrale Verfügbarkeit Skaleneffekte mit Blick auf die Nutzerzahlen ermöglichen.

Ausblick

Wir freuen uns sehr über das große Interesse an unserer Idee. In den vergangenen Monaten haben wir sehr viele Gespräche mit Landwirten, Tierärzten, Vereinen, Universitäten und Hochschulen geführt und konnten dadurch eine sehr positive Grundeinstellung zu unseren Ideen wahrnehmen und diese weiter verbessern.

Wir nutzen dieses Momentum und erweitern unsere bisher ausschließlich im eigenen Team getriebenen Entwicklungen, durch verschiedene Forschungsprojekte in Zusammenarbeit mit der Ludwig-Maximilians-Universität München, den bayerischen

Staatsgütern in Grub, dem Bildungszentrum Triesdorf sowie der Hochschule Landshut. Daneben dürfen wir uns auch über großes Interesse und die Unterstützung von verschiedenen privaten Trägern und Landwirten freuen.

Noch im Jahr 2021 werden wir mit neurinos Detect das erste funktionsfähige Produkt präsentieren, das auf unserer Plattform verfügbar sein wird.

Wir freuen uns immer über weitere Anregungen oder Kooperationsmöglichkeiten. Sollten wir ihr Interesse hierfür geweckt haben kontaktieren Sie uns!

Ihr Team neurinos

Rinder

Eine Machbarkeitsstudie über den Einsatz einer Tiefenschärfe-Kamera für die dreidimensionale Körper Vermessung von Milchkühen in Laufställen

Pezzuolo A, Guarino M, Sartori L, Marinello F

A Feasibility Study on the Use of a Structured Light Depth-Camera for Three-Dimensional Body Measurements of Dairy Cows in Free-Stall Barns. Sensors 2018, 18, 673; doi:10.3390/s18020673

Zusammengefasst von Elke Rauch

Häufige Kontrollen des Körperwachstums von Nutztieren können dazu beitragen, Probleme im Zusammenhang mit Unfruchtbarkeit oder anderen Auswirkungen auf das Wohlergehen der Tiere zu reduzieren und gesundheitliche Anomalien zu erkennen. In den letzten zehn Jahren wurden diverse optische Methoden vorgeschlagen, um Informationen über verschiedene Parameter zu erhalten, ohne direkten Kontakt zum Tier, da dies meist Stress hervorruft. Diese Studie zielt darauf ab, ein neues Überwachungssystem zu evaluieren, das geeignet ist, das Wachstum von Kälbern und Kühen durch eine dreidimensionale Analyse ihrer Körperteile regelmäßig zu überprüfen. Das innovative System basiert auf den Aufnahmen einer **kostengünstigen Tiefenschärfe-Kamera** (Microsoft Kinect™v1). Die Leistungsfähigkeit der Kamera wird durch eine Unsicherheitsanalyse und ein geeignetes Kalibrierungsverfahren nachgewiesen. Bei zehn Wiederholungsmessungen wird eine erweiterte Messunsicherheit zwischen 3 und 15 mm angegeben. Bestimmtheitsmaß $R^2 > 0,84$ und Abweichungen von weniger als 6 % von manuellen Messungen wurden im Allgemeinen bei Kopfgröße, Hüftabstand, Widerrist zur Schwanzlänge, Brustumfang, Hüfte und Widerristhöhe festgestellt. Umgekehrt wurden geringere Leistungen festgestellt bei der Tiefe der Tiere ($R^2 = 0,74$) und der Rückenneigung ($R^2 = 0,12$).

Eine häufige Überwachung des Körperzustands der Tiere ist hilfreich, um Veränderungen des Gesundheitszustandes frühzeitig

zu erkennen und folglich die Anzahl von Komplikationen im Zusammenhang mit Unfruchtbarkeit, Lahmheit oder anderen Erkrankungen zu verringern. In Bezug auf junge Kälber sind die ersten Lebensmonate kritisch, da das Wachstum der Tiere durch das Auftreten verschiedener Krankheiten oder andere Stressoren, wie z.B. die Enthornung, beeinträchtigt werden kann. Ebenso ist bei jungen und adulten Kühen die Messung des Körperzustands und des Wachstums wichtig, um das Tierwohl zu überwachen und dadurch ebenfalls eine hohe Produktivität zu erzielen.

Ein alternativer Ansatz, der es ermöglicht, die mit der Verwendung von manuellen Direktmessungen verbundenen Grenzen zu überwinden, ist die Einführung von Techniken, die auf optischen Erfassungsinstrumenten basieren.

In den letzten Jahren konzentrierte sich viel Forschungsarbeit auf die Verwendung von Bildanalysen zum automatischen Wiegen von Tieren oder dem Schätzen von verschiedenen Körperparametern, die eine oder mehrere **zweidimensionale** (2D) Ansichten kombinierten, um die erforderlichen Messungen zu erhalten. 2D-Bilder bieten jedoch nur eine zweidimensionale Projektion des Tieres und das Fehlen der dritten Dimension schränkt die Anwendung von Tiefeninformationen ein. Darüber hinaus wird die zweidimensionale Wahrnehmung stark durch Perspektive, Entfernung und spezifische Wellenlänge oder angewendete Filter beeinflusst.



(Foto: Eva Zeiler)

Der vorliegende Beitrag diskutiert die messtechnische Implementierung einer kostengünstigen **3D-Tiefenkameratechnologie**, um quantitative Parameter des Tierkörpers zu gewinnen, insbesondere von Hüft- und Widerristhöhe, Rückenneigung, Körperlänge, Hüftabstand, Kopfgröße und Brustumfang.

Microsoft Kinect™ erfasst mit einer RGB-Kamera (8-Bit-VGA-Auflösung mit 640x480 Pixel) synchronisierte Farb- und Tiefenbilder mit einer Rate von 30 Bildern pro Sekunde. Der Kinect-Tiefensensor besteht aus einem IR-Laserprojektor und einem monochromen 640x480-Pixel-IR-CMOS-Sensor. Aufgrund der häufigen Bewegungen der Kühe ist die Messung insbesondere an Kopf, Beinen und Schwanz des Tieres sehr schwierig. Daher kann die Datenerhebung von mehreren Positionen aus zu einer vollständigeren und umfassenderen Datenanalyse beitragen.

Für die vorliegende Untersuchung, die darauf abzielte, die potenzielle Anwendung einer kostengünstigen Tiefenschärfe-Kamera für die häufige Überwachung von Kälbern und Kühen zu definieren, wurden die vier Scan-Sets mit einem auf einem Stativ befestigten Kinect-Gerät erstellt.

Das **Unsicherheitsbudget** (z.B. Messgeräteaflösung und Kalibrierung, Kuhhaltung zum Messzeitpunkt, Algorithmusunsicherheit bei der Definition von Referenzpunkten an der Kuh) wurde sowohl für die manuelle als auch für die berührungslose Analyse geschätzt.

Das System wurde implementiert, um eine schnelle Darstellung und Überwachung verschiedener Körperparameter von 20 Rindern zu ermöglichen. Die Versuche wurden in einem Laufstall mit einer durchschnittlichen Lichtintensität von 95 lx durchgeführt, die in der Nähe der Tiere unter Verwendung eines Luxmeters gemessen wurde.

Zum Vergleich wurden dieselben Kühe einer Reihe von manuellen Messungen unterzogen, um dieselben Körperparameter zu bewerten. Ein solcher Ansatz erforderte einen geringeren Abstand (weniger als 0,5 m) zwischen dem Tier und dem Beurteiler, was zu einer erhöhten Nervosität der Kuh führte. Im Gegensatz dazu konnten in wenigen Sekunden mehrere Dutzend 3D-Daten vom Microsoft Kinect™v1-Sensor gesammelt werden. Konkret standen für jedes Tier im Durchschnitt 40 Messungen zur Verfügung, die zur Parameterextraktion verwendet wurden. Die 3D-Daten wurden mit kommerziell erhältlicher Software (SPIP™) nachbearbeitet (u.a. Datenkorrektur, Bildfilterung, Extraktion relevanter Parameter).

Insbesondere in Bezug auf die Hüftweite sind die Ergebnisse der dreidimensionalen Analyse denen der manuellen Messung mit einem linearen Regressionskoeffizienten von 0,969 ($R^2 = 0,983$) sehr ähnlich. Eine gute Übereinstimmung kann, insbesondere bei Kühen, bei denen die Hüftknochen deutlich stärker hervortreten, vorhergesagt werden. Immer wenn die Knochenstrukturen nicht klar erkennbar sind, kann die Lokalisierung anatomischer Merkmale mehrdeutig sein, insbesondere bei manuellen Messungen.

Ein ähnlicher Trend zeigt sich in der Körperlängenanalyse, die als Abstand zwischen Widerrist und Schwanzansatz geschätzt wird. Tatsächlich wird eine akzeptable Übereinstimmung mit der manuellen Methode durch den linearen Regressionskoeffizienten gleich eins und dem Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,970$ gezeigt. Ein weiterer grundlegender Parameter für die Bestimmung bzw. Beurteilung von Wachstum und Körpergewicht ist die Größe der Tiere. In dieser Hinsicht haben durchgeführte Messungen einige Grenzen aufgezeigt; hauptsächlich aufgrund eines Schattenphänomens am Boden, das durch den Körper der Kuh selbst verursacht wird. Dies hat zur Folge, dass bei Bildern, die von der Oberseite des Tieres nach unten aufgenommen

wurden, relativ große Teile des Bodens nicht rekonstruiert werden, was die Höhenmessung stört. Um diese Leistung zu verbessern, kann es ratsam sein, anstelle von Messungen von oben laterale Scanansätze zu verwenden, um so die höhere laterale Messauflösung und Linearität im Vergleich zu vertikalen zu nutzen. Der Brustumfang kann mit der kombinierten Messanalyse von oben und seitlich gemessen werden. Eine akzeptable Übereinstimmung mit der manuellen Methode zeigt der lineare Regressionskoeffizient nahe eins und das Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,984$. Die Kopf-messung wird weniger für die Überwachung des Körperwachstums verwendet, ist jedoch leicht zugänglich, daher sollte dieser Parameter in den Modellen der Entwicklung berücksichtigt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die experimentellen Untersuchungen relativ hohe Bestimmtheitsmaße gezeigt haben, insbesondere für Parameter, die sich aus dreidimensionalen Messungen auf Oberflächen geringer Tiefe ergeben, wie Hüftabstand, Widerrist bis Schwanzansatz oder Kopfgröße. Eine etwas geringere Genauigkeit wird erreicht, wenn Analysen an Körperformen mit hohem Seitenverhältnis oder an rein dreidimensionalen Formen durchgeführt werden, z.B. Körpergröße oder Brustumfang. Die geringsten Leistungen werden beobachtet, wenn Parameter aufgrund von Ungenauigkeiten des Systems als Kombination mehrerer Parameter geschätzt werden z.B. Rückneigung oder Tiefe des Tieres.

Die Methode muss vor der Markteinführung technisch verfeinert werden, um eine automatische Datenerfassung und -extraktion zu ermöglichen. Darüber hinaus müssen auch Untersuchungen unter Praxisbedingungen durchgeführt werden, um die Auswirkungen einer längeren Staubexposition auf den Kinect-Infrarotprojektor oder -sensor und das Vorhandensein großer Vibrationen (z.B. häufige Passage von Traktoren oder anderen Fahrzeugen in der Nähe der Geräteinstallation) zu verstehen. Angesichts der Tatsache, dass Milchviehbetriebe im Allgemeinen ihre Bestandsdichten erhöhen, ist die Möglichkeit, manuelle durch berührungslose Messungen zu ersetzen, von großem Interesse, um eine Optimierung des Herdenmanagements basierend auf der Überwachung der Gesundheit, des Wohlbefindens und des Wachstums der einzelnen Kühe zu ermöglichen.

Evaluierung und Validierung eines automatischen Kiefernbelegungsrekorders (RumiWatch) für das Fress- und Wiederkauverhalten von Milchkühen während des Weidegangs und der Zufütterung

Rombach M, Münger A, Niederhauser J, Südekum KH, Schori F

Evaluation and validation of an automatic jaw movement recorder (RumiWatch) for ingestive and rumination behaviors of dairy cows during grazing and supplementation. J. Dairy Sci. 101:1-13, https://doi.org/10.3168/jds.2016-12305

Zusammengefasst von Lara Schmelting

Die Erfassung des Fress- und Wiederkauverhaltens von Milchkühen kann dabei helfen, Krankheiten zu erkennen, den Fortpflanzungsstatus zu kontrollieren und die Futteraufnahme zu überwachen. Da die Direktbeobachtung von Kühen auf der Weide zeitaufwändig und schwer umzusetzen ist, wurden verschiedene Systeme für die automatisierte Erfassung des Tierverhaltens entwickelt. Zu diesen gehört auch das **RumiWatch System** (RVWS; Itin und Hoch GmbH, Liestal, Schweiz), welches bisher bei Tieren mit Weidezugang nicht umfassend validiert wurde. Ziel der beschriebenen Studie war daher, das System für die Erfassung des Fress- und Wiederkauverhaltens von Milchkühen während des Weidegangs sowie der Zufütterung im Stall zu validieren. Weiterhin sollte überprüft werden, ob eine Verfeinerung des von der **Software RumiWatch Converter 0.7.3.2** verwendeten Algorithmus zu einer Verbesserung der Genauigkeit des Systems führt.

Das Experiment wurde als Cross-Over-Design mit drei Treatments und drei Durchgängen durchgeführt. Jeder Durchgang umfasste 21 Tage, die sich auf eine zweiwöchige Anpassungs- und eine einwöchige Versuchsphase aufteilten. Für die Untersuchung standen 18 (Red-) Holsteinkühe zur Verfügung, die basierend auf ihrem Körpergewicht, ihrer energiekorrigierten Milchleistung und ihren Tagen in Milch gleichmäßig auf drei Gruppen aufgeteilt wurden. Die Tiere aller Gruppen befanden sich tagsüber von 07:30 bis 15:00 Uhr

und nachts von 17:30 bis 05:00 Uhr am Folgetag gemeinsam auf einem 0,3 ha großen Paddock einer Rotationsweide. Die individuelle Grünfuturaufnahme auf der Weide wurde über **Anwendung der N-Alkan-Doppelindikator-Methode** nach Mayes et al. (1986) geschätzt. Zwischen den Weidezeiten wurden die Tiere im Laufstall gemolken und beprobt. Zwei der drei Versuchsgruppen wurden im Stall über **Wiegetröge** (Insentec B.V., Marknesse, Niederlande) zugefüttert. Dabei erhielt eine Gruppe 10 kg TM/d Maissilage (Zufütterung A) und eine Gruppe 8.2 kg TM/d Maissilage kombiniert mit 1.8 kg DM/d Eiweißfuttermittel (Zufütterung B). Aus den unterschiedlichen Arten der Zufütterung ergaben sich drei Treatments: Grasens ohne Zufütterung, Grasens mit Zufütterung A und Grasens mit Zufütterung B. Jedes Tier durchlief alle drei Treatments und diente somit selbst als Referenz.

Für die **Validierung des RumiWatch Systems** wurde das Tierverhalten an je fünf Tagen in der Anpassungs- und in der Versuchsphase mit dem RumiWatch Halfter erfasst. Das System kombiniert zwei Sensoren: einen Drucksensor, der über einen Propylenglykol-gefüllten Schlauch durch Kieferbewegungen verursachte Druckveränderungen erfasst, und einen dreiaxigen Beschleunigungssensor, der die Bewegungen des Kopfes in drei Richtungen registriert. Der Drucksensor befindet sich im Nasenband, während der Beschleunigungssensor zusammen mit einer Speicherkarte in einer wasserfesten Box am rechten Seitenband des Halters befestigt ist. Am linken Seitenband befinden sich in einer weiteren wasserfesten Box die Batterien. Die Sensoren erfassten in der Untersuchung die Daten mit einer Frequenz von 10 Hz. Im Anschluss an die Erhebung wurden die Daten mithilfe des **RumiWatch Managers** (Version 2.1.0.0) ausgelesen und durch die **Evaluationssoftware RumiWatch Converter** (C2; Version 0.7.3.2) verarbeitet. Im Rahmen der Untersuchung wurde ein neuer **RumiWatch Converter** (C11; Version 0.7.3.11) entwickelt, der die Daten des Beschleunigungssensors in die Erkennung des Fress- und Wiederkauverhaltens mit einbezieht. Der Fokus der Studie lag dabei auf folgenden von den Convertern ausgegebenen Verhaltensvariablen: Wiederkauschläge pro Bolus, Anzahl der Wiederkauboli, Bisse (Abbeißen von Weidengras bzw. Aufnahme von Futter), Dauer

des Beißens, Zahl der Kauschläge (Bisse + Kauschläge zur Zerkleinerung), Fressdauer, Zahl der Wiederkauschläge und Wiederkaudauer.

Parallel zur Datenerfassung mit dem RWS wurden Direktbeobachtungen bei allen Tieren auf der Weide, sowie bei den zugefütterten Gruppen im Stall durchgeführt. Die Beobachtungen begannen, um eine Gewöhnung der Tiere an das Halfter zu erlauben, vier Tage nach Anbringung. Die Beobachtungen wurden in Sequenzen

von 10 min aufgeteilt, in denen jeweils ein Tier kontinuierlich beobachtet wurde. Insgesamt wurde ein Tier 300 min auf der Weide und 100 min im Stall beobachtet. Über Tablets wurden die verschiedenen Variablen des Fress- und Wiederkauverhaltens erfasst und in Excel-Tabellen aufbereitet und zusammengefasst. Die über die Direktbeobachtung erfassten Verhaltensvariablen wurden mit den von den Convertern ausgegebenen Werten verglichen. Die Daten wurden auf drei Datensätze aufgeteilt: ein Datensatz



(Foto: Eva Zeiler)

mit Sequenzen bei der Zufütterung, ein Datensatz mit Sequenzen beim Grasens und ein Datensatz bestehend aus einer Kombination aus Sequenzen bei der Zufütterung und beim Grasens.

Für die Zufütterung wurden insgesamt 121 Sequenzen zwischen Direktbeobachtung und RWS verglichen. C2 wies geringere Abweichungen für alle Verhaltensvariablen im Vergleich mit der Direktbeobachtung auf als C11. Lediglich für Wiederkauschläge pro Bolus war die Abweichung zwischen den Convertern und der Direktbeobachtung gleich. Gleichmaßen waren auch der **relative Vorhersagefehler** (*relative prediction error, RPE*) und die **Limits of Agreement** (LoA) bei C2 für alle Variablen, ausgenommen Wiederkauschläge pro Bolus, geringer. Dennoch konnten keine signifikanten Unterschiede in der Erkennung der einzelnen Variablen zwischen C2 und C11 festgestellt werden. Die beiden Converter erkannten die Verhaltensvariablen bei der Zufütterung gleichermaßen gut.

Insgesamt 425 Sequenzen wurden für das Grasens zwischen Direktbeobachtung und RWS verglichen. Für alle Variablen wurde eine geringere Abweichung zwischen C11 und Direktbeobachtung als zwischen C2 und Direktbeobachtung ermittelt. Ebenso waren der RPE und die LoA bei C11 für alle Variablen geringer. Signifikante Unterschiede bestanden für die Variablen Bisse, Dauer des Beißens, Zahl der Kauschläge, Fressdauer, Zahl der Wiederkauschläge und Wiederkaudauer zwischen C2 und Direktbeobachtung, sowie zwischen C2 und C11.

Für die Kombination aus Zufütterung und Grasens wurden insgesamt 242 Sequenzen zwischen Direktbeobachtung und RWS verglichen. Geringere Abweichungen wurden für die Variablen Bisse und Dauer des Beißens beim Vergleich zwischen C2 und Direktbeobachtung festgestellt, während für die Variablen Wiederkauschläge pro Bolus, Zahl der Wiederkauschläge und Wiederkaudauer die Abweichung zwischen C11 und Direktbeobachtung geringer war. Vergleichbare Abweichungen wurden für die Variablen Zahl der Boli, Zahl der Kauschläge und Fressdauer ermittelt. RPE und LoA waren für C11 für alle Variablen geringer als für C2. Signifikante Unterschiede zwischen C2 bzw. C11 und Direktbeobachtung wurden für die

Variablen Zahl der Boli, Bisse, Dauer des Beißens, Zahl der Kauschläge und Fressdauer ermittelt. Zwischen den Convertern bestand für keine Variable ein signifikanter Unterschied. Die beiden Converter erkannten die Verhaltensvariablen im kombinierten Datensatz gleichermaßen gut.

Insgesamt erkannte C11 die meisten Verhaltensvariablen, insbesondere beim Grasens, mit einer höheren Genauigkeit und konnte besser zwischen Futturaufnahme und Wiederkauen unterscheiden. Die Autoren begründen dies damit, dass bei C11 die Daten des Drucksensors mit denen des Beschleunigungssensors genutzt werden, während C2 nur die Daten des Drucksensors nutzt. Eine zusätzliche Präzisierung des Algorithmus könnte durch die Unterscheidung von Kieferbewegungen zum Abbeißen und Kieferbewegungen zum Zerkleinern innerhalb des Fress- bzw. Graseverhaltens erreicht werden.

Technische Mitteilung: Validierung eines kommerziell verfügbaren Systems zur kontinuierlichen und automatischen Aktivitätsüberwachung von Milchkühen

Tullo E, Fontana I, Gottardo D, Sloth KH, Guarino M

Technical note: Validation of a commercial system for the continuous and automated monitoring of dairy cow activity

Zusammengefasst von Lara Schmeling

Der Einsatz von Informationstechnologie auf Milchviehbetrieben ermöglicht eine Steigerung des Tierwohls und eine Verbesserung des Tierkomforts. Das System **GEA CowView** (GEA Farm Technologies, Bönen, Deutschland) repräsentiert eine solche Technologie. Basierend auf der Lokalisierung der Tiere in einem virtuell erstellten Stallplan, der die verschiedenen Funktionsbereiche umschreibt, erkennt und überwacht das System die verschiedenen Verhaltensweisen und -aktivitäten. Ziel der beschriebenen Studie war die Validierung des Systems anhand von Videobeobachtungen.

Dazu wurden fünf Tiere ausgewählt und mit dem **CowView System** am Halsband

ausgestattet. Zusätzlich wurden Sensoren im Stall verteilt angebracht. Das System lokalisiert die Tiere über Triangulation von Ultra-Breitband-Signalen zwischen dem System am Halsband und den Sensoren im Stall. Über Zuordnung zu einem **Funktionsbereich** (z.B. Futtertisch) wird das **Verhalten** (z.B. Fressen) sowie seine Startzeit und Dauer erfasst. Für die Validierung wurden parallel Videobeobachtungen mit einer unter dem Stalldach befestigten Kamera durchgeführt. Die Videos wurden im Anschluss manuell ausgewertet, indem das Verhalten bzw. die Position des Tiers im Stall, sowie die Startzeit und Dauer des Verhaltens bzw. der Position im Stall auf Sekundenbasis klassifiziert wurde. Die ausgewerteten Videodaten stellten den Goldstandard für die Validierung des Systems dar. Es wurde evaluiert, wie genau das System die Aktivitäten Stehen und Gehen, sowie die Positionen Laufgang, Liegebox, Futtertisch und Wassertrug erkennt. Während die Position Futtertisch der Verhaltensweise „Fressen“ zugeordnet werden kann, entspricht die Position Liegebox lediglich der Verhaltensweise „in der Liegebox“, gibt aber keine Auskunft darüber, ob das Tier liegt oder nicht.

Der finale Datensatz für die Validierung, bestehend aus klassifizierten Videodaten und den vom **CowView System** erfassten Daten, umfasste 37h. Die Dauer der Verhaltensweisen bzw. Positionen diente zur Berechnung der Genauigkeit, der Sensitivität, der Spezifität und des positiven sowie negativen Vorhersagewerts.

Der Output des **CowView Systems** wies Korrelationskoeffizienten $> 0,82$ für alle Verhaltensweisen bzw. Positionen auf. Lediglich für die Verhaltensweise Gehen wurde eine **niedrigere Korrelation** (0,53) ermittelt, die zeigt, dass das System Schwierigkeiten hatte, diese Verhaltensweise zu erkennen und von anderen zu unterscheiden. Sensitivität und Spezifität sowie der positive und negative Vorhersagewert waren insbesondere für die **Positionen Liegebox und Futtertisch hoch** ($> 0,95$). Die Genauigkeit lag für alle Verhaltensweisen bzw. Positionen bei mindestens 0,93. Die Verlässlichkeit des Systems macht es laut Autoren zu einem wertvollen Werkzeug für das Management großer Milchviehherden. Die Erkennung der Verhaltensweisen Gehen und Stehen könnte allerdings in weiteren Untersuchungen verbessert werden.

Schweine

Precision livestock farming für Schweine

Vranken E, Berckmans D 2017

Precision livestock farming for Pigs. Animal Frontiers, Volume 7, Issue 1, January 2017, 32–37

Zusammengefasst von Elke Rauch

Um eine genaue und kontinuierliche Überwachung der einzelnen Tiere in einem modernen Tierhaltungsbetrieb zu gewährleisten, benötigen Landwirte heute zuverlässige und kostengünstige Technologien, die sie bei der täglichen Bewältigung ihrer Aufgaben unterstützen. **Precision Livestock Farming (PLF)** scheint die einzig realistische Möglichkeit zu sein, Landwirte und andere Akteure in der Tierproduktionskette in naher Zukunft zu unterstützen und gleichzeitig der steigenden Nachfrage nach Fleisch gerecht zu werden.

PLF beinhaltet eine Reihe von Praktiken, die es dem Landwirt ermöglichen sollen, trotz der zunehmenden Intensivierung der Tierhaltung, Kontakt zu einzelnen Tieren zu halten. Ziel ist es, durch Beobachtung, Verhaltensinterpretation und Kontrolle einer möglichst kleinen Tiergruppe eine wirtschaftlich, ökologisch und sozial nachhaltige Bewirtschaftung zu erreichen. PLF-Technologien können zur Überwachung der Tiergesundheit und des Tierschutzes eingesetzt werden. Viele Daten werden bereits von den stalleigenen Computern automatisch erfasst. In der Praxis nutzen die Schweinehalter diese Informationen jedoch kaum.

Beim PLF wird das Tier als „Sensor“ verwendet und Algorithmen überführen die gemessenen Tierreaktionen in Schlüsselindikatoren um eine optimale Leistung, ein verbessertes Tierwohl und die Nachhaltigkeit des Betriebs zu erzielen. In einer weiteren Entwicklungsphase werden PLF-Anwendungen den Landwirt bei seinen täglichen Managemententscheidungen unterstützen und Frühwarnungen generieren, wenn im Produktionsprozess etwas schiefläuft.

Das PLF-Konzept ist in der europäischen Schweineindustrie noch relativ neu. Einige PLF-Technologien wie Monitore zur Überwachung von Husten bei Schweinen, automa-

tische Wiegegeräte und Kamerasysteme sind jetzt kommerziell erhältlich, aber die Business-Intelligence-Software befindet sich noch in der Entwicklung und wird ständig verbessert.

Die erhobenen Daten der Sensoren (z. B. Aktivitätsmessungen mit einer Kamera oder Geräuschmessungen mit einem Mikrofon) beziehen sich auf Tierschutz- und Gesundheitsindikatoren. Wenn die Sensorsignale von ihren erwarteten Werten abweichen, wird der Landwirt alarmiert. Auf diese Weise kann der Landwirt sofort eingreifen, bevor die erkannte Änderung der Tierreaktion die Produktionsleistung negativ beeinflusst. Diese reichen von der Lösung technischer Probleme wie beispielsweise einer verstopften Futterlinie über die Anpassung der Klima- und Futtersteuerung bis hin zum Beginn einer „sanften“ medizinischen Vorsorgebehandlung bei den Tieren. In den meisten Fällen verhindert eine präventive medizinische Behandlung die weitere Ausbreitung von Atemwegserkrankungen im Stall, und der Einsatz von Antibiotika kann reduziert oder sogar ganz ausgeschlossen werden.

Die Mehrheit der verfügbaren PLF-Verhaltenssensoren überwachen nicht die einzelnen Schweine, sondern bestimmte Bereiche im Stall. Trotz eines zunehmenden Trends zu größeren (100+) Gruppen werden die meisten Schweine in Europa in einem Abteil mit kleineren Gruppen (8–25 Schweine pro Bucht) gehalten. Die meisten Sensorausgaben beziehen sich auf eine Gruppe von Schweinen auf Stall- oder Abteilebene. Die Systeme erzeugen zuverlässigere Ergebnisse als ein menschlicher Beobachter, da sie kontinuierlich, also 24 h/Tag, verfügbar sind.

Die am häufigsten verwendeten PLF-Sensoren für Schweine sind: Wasserzähler, Tiergewichtssensoren, Futterversorgungsmonitore, Kamerasysteme zur Messung der Tieraktivität und -verteilung sowie die Geräuschüberwachung bei Atemwegserkrankungen.

Aufgrund der steigenden Nachfrage nach Fleisch wird die Größe der Betriebe wachsen. Die Landwirte werden mehrere Stalungen (teilweise an verschiedenen Standorten) bedienen und haben weniger Zeit, sich um jedes einzelne Tier zu kümmern. Daher ist der Einsatz von automatisierten Überwachungssystemen, die dem Betriebsleiter aktuelle Informationen liefern, die einzige gangbare Option, um die Gesund-

heit, das Wohlergehen und die optimale Leistung der Tiere zu gewährleisten.

Identifizierung von Tieren

Die Identifizierung einzelner Tiere in der Bucht wird es den Tierhaltern ermöglichen, ihre Tiere wieder als Individuen und nicht als gesamten Bestand zu behandeln. Die individuelle Identifizierung und Überwachung von Tieren ist ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Produkten tierischer Herkunft durch die Lieferkette.

Überwachung der Wasseraufnahme

Die Überwachung des Wasserverbrauchs ist eine der einfachsten und effektivsten Möglichkeiten, die ein Landwirt zur Überwachung der Leistung seiner Tiere verwenden kann. Die Wasseraufnahme kann auf Stallebene, Abteilebene oder sogar auf Einzeltierebene überwacht werden. Unterschiede zwischen erwartetem und gemessenem Wasserverbrauch sind sofort sichtbar und ermöglichen eine Reaktion, bevor Auffälligkeiten das Wohlergehen oder die Gesundheit der Tiere beeinträchtigen können. Darüber hinaus warnt das System beim Überschreiten des minimalen oder maximalen Durchflusses und erkennt frühzeitig Verstopfungen oder Undichtigkeiten.

Automatische Gewichtserkennung

Eine gute Möglichkeit um die Wachstumsleistung der Schweine zu optimieren, ist eine genaue und gut umsetzbare Methode zum regelmäßigen Wiegen von Schweinen ohne Arbeitsaufwand. Mehrere Forschungsteams versuchten, ein auf Bildanalyse basierendes Wiegesystem für Schweine zu entwickeln, darunter wissenschaftliche Teams in Großbritannien, Dänemark, den USA und Australien. Die Bedeutung der Bildanalyse in der Landwirtschaft wächst von Tag zu Tag, insbesondere in der Nutztierhaltung, da Bildverarbeitungsprogramme in der Lage sind wichtige Informationen zur Wettbewerbsfähigkeit des Betriebs, insbesondere Tiergesundheit, Wachstumseffizienz, Gewicht und Schlachtkörperzusammensetzung der Tiere zu liefern.

Das Prinzip der automatisierten Gewichtserkennung durch Videobildanalysen ist theoretisch recht einfach, in der Praxis jedoch anspruchsvoller. Zuerst muss der Schweinekörper vom Stallhintergrund segmentiert werden. Danach werden am segmentierten Schweinekörper Merkmale des Schweinekörpers ermittelt und daraus die schweinebezogenen Merkmale wie Körperoberfläche, Körperlänge und -breite usw. berechnet. Im letzten Schritt ergeben diese erhobenen Merkmale mittels eines mathematischen Modells das Tiergewicht. Aktuelle kommerzielle Systeme erreichen dabei eine Genauigkeit von weniger als 1,5 kg Abweichung.

Überwachung des Verhaltens von Schweinen mit eYeNamic

eYeNamic (Fancom BV, Panningen, Netherlands) ist ein System, das sowohl in Schweine- als auch in Geflügelfarmen eingesetzt wird. Das kamerabasierte System wird in Vogel-Perspektive positioniert und erzeugt eine Visualisierung der Bodenfläche. Die Analysesoftware übersetzt die aufgenommenen Bilder in Verteilungs- und Aktivitätsindizes. Diese Indizes sind ein Maß für die Position und Bewegung der Tiere und deren Verhalten. Bildverarbeitungstechnologie und mathematische Modellierung führen zu einer häufigeren Überwachung der Tiergesundheit und des Wohlbefindens von Nutztieren.

Veränderungen der Aktivität können durch anormales Verhalten aufgrund von Aggression, Lahmheit oder anderen Bewegungsproblemen verursacht werden.

Überwachung von Atemwegserkrankungen bei Schweinen

Atemprobleme sind in Schweinebeständen sehr häufig und verursachen erhebliche wirtschaftliche Verluste. Eine frühzeitige Behandlung von Problemen ist entscheidend, um die wirtschaftlichen Verluste und den Einsatz von Antibiotika im Prozess zu reduzieren. Ein Frühwarnsystem ermöglicht eine frühere Behandlung, weniger erkrankte Tiere und eine schnellere Genesung der Tiere.

Der Monitor zur Überwachung von Husten bei Schweinen ist ein Instrument für die

automatisierte und kontinuierliche Überwachung von Husten innerhalb eines Abteils. Er kann der Frühwarnung dienen und zeigt auch die Wirkung von Behandlung und Präventivmaßnahmen (z. B. Unterschied zwischen verschiedenen Impfstoffen) an.

Frühwarnungen mit PLF Systemen

Die Entwicklung von Frühwarnsoftware ermöglicht die automatisierte Analyse von PLF-Daten, die den Landwirt bei Auftreten gezielt zum Problem führt. Die durch Verhaltensänderungen von Tieren erzeugten Warnungen können in Dashboards auf PCs oder mobilen Geräten gemeldet werden. Landwirte werden somit direkt zum Ort des Problems geführt, das spart Zeit und vermeidet Produktionsausfälle. Da die meisten Landwirte heute nur noch etwa 70 % des genetischen Potenzials ihrer Herden ausschöpfen können, sind die Autoren der Meinung, dass die Frühwarnfunktion zu einer um 10 % höheren Leistung führen kann.

Automatische Erfassung des Tierwohls

Das Interesse an der automatisierten Überwachung des Tierwohls von Schweinen wächst. Tierwohl ist multifaktoriell und daher schwer zu messen. Das europäische Forschungsprojekt *Welfare Quality* hat ein Protokoll zur Beurteilung des Tierwohls entwickelt. Diese Bewertung wird von einem geschulten Experten durchgeführt und dauert ca. 3 h. Dies ist ein zeitaufwändiger und komplizierter Prozess und zudem eine Momentaufnahme.

Precision Livestock Farming bietet Möglichkeiten, die Tierwohlbewertung zu automatisieren. Es gibt bereits heute viele PLF-Sensoren, um die Bewertung mehrerer Tierwohlkriterien wie Hunger, Durst und Wärmekomfort zu automatisieren. Andere Tierwohlkriterien lassen sich indirekt aus den automatisierten PLF-Messungen ableiten. Kamera- und Tonsysteme ermöglichen eine objektive Bewertung des Verhaltens, daher konzentriert sich die Forschung nun auf die objektive Bewertung von Tierschutzkriterien auf Basis von PLF-Maßnahmen. Auf diese Weise wird der Tierschutz rund um die Uhr und ohne die Notwendigkeit eines Experten objektiv bewertet.

Tierische Laute ... Echtzeit-Geräuschanalyse zur Gesundheitsüberwachung von Nutztieren

Berckmans D, Hemeryck M, Berckmans D, Vranken E, van Waterschoot T

Animal Sound ... Talks! Real-time Sound Analysis for Health Monitoring in Livestock, International Symposium on Animal Environment and Welfare, October 2015, Chongqing, China

Zusammengefasst von Elke Rauch

Precision Livestock Farming (PLF) ist eine Technologie zur Tierhaltung, die den lebenden Organismus in den Mittelpunkt stellt und die Ausrüstung zur Messung der Reaktion des Tieres bereitstellt. Tonbasierte PLF-Techniken haben gegenüber anderen Technologien wie Kameras oder Beschleunigungsmessern erhebliche Vorteile. Abgesehen davon, dass Mikrofone kontaktilos und relativ günstig sind, ist keine direkte Sichtverbindung erforderlich, während große Tiergruppen mit einem einzigen Sensor in einem Raum überwacht werden können. Das Ziel der Autoren war es, ein Beispiel für ein erfolgreiches schallbasiertes PLF-Produkt vorzustellen, um andere zu ermutigen, in Zukunft ebenfalls schallbasierte PLF-Forschungen durchzuführen. Ergebnisse von fünf verschiedenen Anwendungsfällen zur automatischen Überwachung des Gesundheitszustandes der Atemwege werden diskutiert, um die Wirksamkeit des Überwachungsmonitors für Atemgeräusche als Frühwarninstrument in einem Schweinestall zu zeigen. Es wird gezeigt, dass das Tool zur Früherkennung von Tierreaktionen aufgrund technischer Probleme (Belüftungsprobleme) und gesundheitlicher Probleme bei einer Vielzahl unterschiedlicher Bedingungen in kommerziellen europäischen Schweineställen funktioniert.

In den letzten Jahren haben mehrere Faktoren die traditionelle Viehwirtschaft unter Druck gesetzt. Erstens ist die weltweite Fleischnachfrage mit dem anhaltenden Wachstum der Weltbevölkerung extrem gestiegen. Ein weiterer spezifischer Trend für Verbraucher in Industrieländern ist die zunehmende Sorge um eine ethische und umweltfreundliche Fleischproduktion. Darüber hinaus besteht ein klarer Bedarf an

einer Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes in der Intensivhaltung. Da der Einzelhandelsmarkt den Preis als primäres Wettbewerbsmittel nutzt, sehen sich Tierhalter mit immer geringeren Gewinnspannen pro Tier konfrontiert, was sie wiederum dazu zwingt, die Effizienz zu steigern. Dies führt zu einer geringeren Anzahl von Betrieben mit mehr Tieren pro Betrieb.

Erstens zielt PLF nicht darauf ab, den Landwirt zu ersetzen, sondern soll ein Instrument zur Entscheidungsunterstützung sein und das Tier als wichtigster Teil des biologischen Produktionsprozesses sehen. Drei Bedingungen sind für eine gute Überwachung und Kontrolle wichtig: die Tiervariablen müssen kontinuierlich überwacht werden, die Vorhersage der Tiervariablen sollte in Bezug auf Umweltveränderungen zuverlässig sein und die Vorhersage muss mittels Online-Messungen in einen Analysealgorithmus integriert werden.

Verschiedene Arten von Sensoren werden verwendet, um PLF in einer praktischen Einrichtung zu ermöglichen, z.B. Kameras, Beschleunigungsmesser, Durchflussmesser. Eine besonders interessante Art von PLF-Techniken verwendet Mikrofone, um Schall zu erfassen. Diese Geräusche enthalten viele nützliche Informationen über das Tier und seine Umgebung. Die Tonaufnahme mit einem Mikrofon ist kontaktlos, unabhängig von Lichtverhältnissen (diese stellen unter Praxisbedingungen für viele Kameras oft ein Problem dar) und ermöglicht die Überwachung großer Tiergruppen mit einem einzigen Sensor. Sie ist relativ günstig, benötigt keine direkte Sicht auf die überwachten Tiere, meistert einen großen Temperaturbereich, kann im Innen- und Außenbereich eingesetzt werden und hat eine akzeptable Lebensdauer.

In letzter Zeit sind eine Reihe von Beispielen für die schallbasierte PLF-Technologie bei verschiedenen Tierarten aufgetaucht, z.B. die Überwachung der Futteraufnahme von Masthühnern durch Pickgeräusche, Brunsterkennung von Sauen anhand von Lautäußerungen oder akustische Überwachung von Schweinen zur Erfassung des thermischen Komfortbereiches.

In einem EU-finanzierten Verbundprojekt EU-PLF wurden verteilt auf 10 Mastschweinebetriebe (60 Maststuden in 40 Abteilen) in ganz Europa Geräusche von Mastschweinen erfasst. Die verschiedenen Betriebe wiesen deutlich unterschiedliche klimati-

sche Bedingungen, Haltungsformen, Genetiken und unterschiedliches Management auf. Der Landwirt und der ortsansässige Tierarzt hielten ihre Befunde in Logbüchern fest, ohne Zugriff auf den eingesetzten Überwachungsmonitor in Echtzeit zu haben. Zusätzlich führten ausgebildete Personen zu einzelnen Zeitpunkten während der Mastdurchgänge Beurteilungen zur Tiergesundheit und des Wohlbefindens durch.

Die zur Aufnahme der Töne verwendete Hardware war ein SOMO+Tonaufnahmegerät von SoundTalks (Leuven, Belgium). Die Mikrofone wurden mittig über den überwachten Tieren (z.B. einer Bucht) angebracht. Die Mikrofone wurden in einer Höhe von 2 Metern angebracht, um nah genug an den Tieren zu sein, aber nicht zu nah, damit die Tiere sie erreichen könnten. Die Aufzeichnungen erfolgten kontinuierlich in Dateien von 5 Minuten Länge. Die eingebettete Soundkarte war ohne Lüfter und durch ein versiegeltes Gehäuse vor der Umgebung im Stall geschützt. Das Mikrofon wurde durch eine dünne und flexible Abdeckung geschützt, um die Schallerfassung im gewünschten Frequenzbereich, d.h. von 1 kHz bis 5 kHz, nicht zu stören.

Die Idee, die automatisierte Hustenerkennung bei Schweinen als Frühwarninstrument für Atemwegserkrankungen in einem Schweinestall einzusetzen, ist nicht neu. Der Zusammenhang zwischen automatisch

gemessenem Husten und Anomalien im Atemverhalten von Schweinen wurde in drei vorab gelaufenen klinischen Feldstudien umfassend validiert. Als Diagnostik für die klinischen Tests dienten beispielsweise Serumproben. Die Serumproben wurden getestet auf Schweineinfluenza-Virus (SIV), Mycoplasma Hyopneumoniae (M. Hyo) und Porcines Reproduktives- und Atemwegssyndrom-Virus (PRRSV). Die Arbeit zeigte, dass die automatisierte Hustenmessung für alle drei Studien ein objektiver und unvoreingenommener Indikator für die Beurteilung der Atemwegsgesundheit von Schweinen war.

Diese Erkenntnisse wurden in einem kommerziellen Produkt umgesetzt. Das Ziel bei der Herstellung des kommerziellen Tools war nicht, alle einzelnen Schweinehusten-Geräusche automatisiert genau zu zählen, sondern ein robustes Tool zu haben, das frühzeitig und zuverlässig vor Atemwegsproblemen in einem kommerziellen Schweinestall warnt. Da sich die Hustengeräusche von Schweinen zwischen den Jahreszeiten, zwischen den Genetiken, zwischen der Art und auch dem Stadium einer Krankheit (Koinfektionen) und den Bedingungen (akustisch, klimatologisch, Management usw.) unterscheiden, müssen die unter Laborbedingungen entwickelten Algorithmen modifiziert werden, um ein robustes Instrument zu haben, das in der Praxis funktioniert. Der Atemwegsbelastungsindex (respiratory distress index,

RD-Index) ist ein Maß für die Belastung der Atemwege, bezogen auf die Anzahl der in der jeweiligen Bucht vorhandenen Tiere. RD-Werte unter 10 weisen normalerweise auf Momente mit geringer Belastung der Atemwege hin, während höhere RD-Werte auf Atemprobleme hinweisen. Die Autoren konnten anhand von 5 Fallbeispielen zeigen, dass eine Frühwarnung anhand des RD-Index oft mehrere Tage schneller war als die Beobachtung durch den Landwirt/Tierarzt, der die Atemwegserkrankung manchmal sogar nicht erkannte. Der Verlauf des Atemwegsbelastungsindex zeigte durch das Absinken der Werte sehr gut die Wirkung einer antibiotischen Behandlung der Schweine an. Der Mehrwert eines solchen Überwachungsmonitors für Atemgeräusche wird in diesem Fall deutlich, da der Anstieg der Belastung mehr als 2 Wochen früher hätte bemerkt werden können. Eine schnellere Behandlung der Tiere hätte zu einem geringeren wirtschaftlichen Verlust geführt (beispielsweise höhere durchschnittliche Tageszunahmen oder geringere Futterverwertung). Es ist klar, dass die kontinuierliche automatisierte Messung der Atemgeräusche ein viel klareres Bild der komplexen Atemwegssituation im Betrieb vermittelt. In Kombination mit Diagnostik und dem Wissen von Landwirt und Tierarzt erweist sich der Monitor zur Überwachung der Atemgeräusche als unterstützendes Hilfsmittel mit wirtschaftlicher Wirkung.

Zusammenfassend wurden in dieser Arbeit fünf verschiedene Fälle vorgestellt, um die Zuverlässigkeit der kontinuierlichen, automatisierten Überwachung von Atemnot bei Schweinen zu analysieren. Diese Arbeit zeigte, wie das Tool frühere Warnungen (bis zu 2 Wochen früher) ausgibt als in einer Situation, in der sich Landwirt und Tierarzt auf ihre eigenen Routinebeobachtungen ohne Monitor verlassen. Verschiedene Ursachen von Atemwegserkrankungen ((Ko-)Infektionen sowie technische Probleme beim Stallklima) führen nachweislich zu einer Zunahme der automatisch aufgenommenen Atemgeräusche.

Bedarfsgerechte Schweinefütterung: Ein Durchbruch in Richtung Nachhaltigkeit

Pomar E, Remus A 2019

Precision pig feeding: a breakthrough towards sustainability. Animal Frontiers, Volume 9, April 2019, 52-59

Zusammengefasst von Elke Rauch

Die bedarfsgerechte Fütterung ist ein großer Durchbruch in der Ernährung von Schweinen und einer der vielversprechendsten Wege zur Förderung von hochwertigem und sicherem Schweinefleisch mit der geringsten Umweltbelastung (60 % weniger Nährstoffausscheidung) und hohen Tierchutzstandards. Weniger Schadstoffe würden das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung verbessern sowie Gerüche, schädliche Abfälle und die Risiken von Wasser-, Luft- (z.B. Ammoniak- und Treibhausgasemissionen) und Bodenverschmutzung verringern. Das Management von Futtermitteln und Tieren mithilfe fortschrittlicher computergestützter Technologien ermöglicht es, Krankheiten frühzeitig zu erkennen und individuelle Behandlungen durchzuführen, um die Herdenleistung zu verbessern, den Antibiotikaeinsatz zu reduzieren und zu einer verbesserten öffentlichen Sicherheit beizutragen.

Die Schweineproduktionssysteme haben sich in den letzten drei Jahrzehnten dramatisch verändert. Heutzutage bestehen die größten Herausforderungen für die Schweineindustrie darin, die Futtermittel- und die Umweltbelastung zu maximieren und gleichzeitig die Produktionskosten und die Umweltbelastung zu minimieren. In Bezug auf die Umweltauswirkungen liegt das Problem hauptsächlich in der Stickstoff- und Phosphorausscheidung, die in den intensivsten Schweineproduktionsgebieten erschreckend hohe Werte erreicht. Die hohe Relevanz der Umweltbelastung hat Schweineproduzenten und Ernährungswissenschaftler auf der ganzen Welt gezwungen, die verwendeten Ernährungs- und Fütterungsprogramme zu überdenken. Die Ausscheidung von Nährstoffen kann reduziert werden, indem einem einzelnen Tier die erforderlichen Nahrungsmengen zugeführt werden. Dieses Vorgehen verbessert auch die Nährstoffeffizienz und senkt die Produktionskosten.

Herkömmlicherweise werden faktorielle Methoden genutzt um den Nährstoffbedarf von Schweinen zu schätzen, die in großen Gruppen gefüttert werden und während ihres gesamten Produktionszyklus über längere Zeit dasselbe Futter erhalten. Exakt an die Tierart angepasste Fütterung ist Teil des **Precision livestock farming (PLF)** und beinhaltet den Einsatz von Fütterungstechniken, die es ermöglichen, einer Gruppe von Tieren oder auch Einzeltieren die richtige Futtermenge mit der geeigneten Zusammensetzung rechtzeitig zuzuführen, um die Rentabilität, Effizienz und Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe zu verbessern.

Die praktische Anwendung der bedarfsgerechten Fütterung, insbesondere der individuellen, kann einen großen Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Nutztiere haben. Es ist eine vielversprechende Fütterungstechnik, um den ökologischen Fußabdruck von Schweineproduktionssystemen zu reduzieren. Sie bietet dem Schweineproduzenten unmittelbare und greifbare Vorteile, da die individuelle Fütterung von Schweinen mit täglich angepasstem Futter beispielsweise die Lysinaufnahme um mehr als 25 %, die Futterkosten um mehr als 8 %, die Stickstoff- und Phosphorausscheidung um fast 40 % und Treibhausgasemissionen um 6 % reduziert.

Die Futterkosten können bei verschiedenen Tierarten wie Schweinen, Geflügel und Rindern zwischen 60 und 70 % der Gesamtproduktionskosten ausmachen. Allerdings ist die Effizienz, mit der Nutztiere Nährstoffe im Futter in tierische Produkte umwandeln, im Allgemeinen gering. Das Protein im Futter, das nicht in tierische Produkte eingearbeitet wird, wird ausgeschieden und kann zu Umweltproblemen wie Nitratbelastung von Grundwasser und Verschmutzung von Oberflächenwasser führen. Die Ursachen der Nährstoffineffizienz sind schwer zu minimieren, da sie bei Verdauungs- und Stoffwechselprozessen auftreten.

Schweine werden in Gruppen aufgezogen und normalerweise mit dem gleichen Futter gefüttert, das allen Tieren der Gruppe während eines bestimmten Zeitraums zur Verfügung gestellt wird. Der Nährstoffbedarf variiert jedoch stark zwischen den Tieren innerhalb einer Gruppe und diese Bedürfnisse entwickeln sich im Laufe der Zeit nach individuellen Mustern. Angesichts der Tatsache, dass mit Nährstoffen unterversorgte Tiere eine reduzierte Leistung aufweisen,



(Foto: Eva Zeiler)

während die überversorgten Tiere eine nahezu optimale Leistung aufweisen, müssen Nährstoffe so bereitgestellt werden, dass der Bedarf der anspruchsvollsten Tiere in der Gruppe gedeckt wird, um eine optimale Produktionsleistung, in dem Fall Wachstum der Tiere, zu erzielen. In dieser Situation erhalten fast alle Tiere mehr Nährstoffe, als sie benötigen. Die Versorgung der Tiere mit einem hohen Nährstoffgehalt zur Maximierung der Herdenleistung ist in der kommerziellen Nutztierhaltung gängige Praxis, auch wenn maximales Wachstum keine maximale Wirtschaftlichkeit gewährleistet.

Produktionseffizienz (insbesondere Nährstoffeffizienz) und Umweltauswirkungen sind stark korreliert. Tatsächlich werden Nahrungsnährstoffe, die nicht vom Tier oder in tierischen Produkten zurückgehalten werden, über den Urin und den Kot, sowie als Treibhausgase (z.B. Methan) ausgeschieden. Eine Reduzierung der Nährstoffaufnahme ohne Einschränkung der Tierleistung ist daher der effizienteste Weg, um Nährstoffverluste zu reduzieren. Neben der Reduzierung der Proteinaufnahme und -ausscheidung werden auch die Futterkosten gesenkt.

Implementierung der bedarfsgerechten Fütterung

Die genaue Bestimmung der verfügbaren Nährstoffe in Futtermittelbestandteilen, die genaue Futterzusammensetzung und die Bestimmung des Nährstoffbedarfs einzelner Tiere oder Tiergruppen sollten in die Entwicklung von bedarfsgerechten Fütterungssystemen einbezogen werden. Die Anwendung dieser Art der Fütterung auf individueller Ebene ist nur möglich, wenn Messungen, Datenverarbeitung und Kontrollmaßnahmen auf das einzelne Tier angewendet werden können.

Datensammlung

Messungen am Tier, am Futter und an der Umgebung sind für die bedarfsgerechte Fütterung unabdingbar und diese Parameter müssen direkt und regelmäßig, möglichst kontinuierlich, gemessen werden. Wesentliche Messgrößen für diese Art der Fütterung in Mastschweinebetrieben sind die Futteraufnahme und das Körperge-

wicht. Die Verfügbarkeit und die schnelle Entwicklung neuer Geräte und aufkommender Sensortechnologien bieten ein großes Potenzial für andere Messungen (z. B. Körperzusammensetzung, körperliche Aktivität, Interaktionen zwischen Tieren), die eine genauere Einschätzung des Bedarfs und eine Echtzeit-Tierüberwachung ermöglichen.

Datenverarbeitung

Die mathematische Modellierung ist eine Methodik zum Verständnis und zur Quantifizierung komplexer biologischer Phänomene bei der Tierproduktion und bildet die Grundlage für die Datenverarbeitung von bedarfsgerechten Fütterungssystemen. Mathematische Modelle, die dafür entwickelt wurden, müssen jedoch so ausgelegt sein, dass sie mit Echtzeit-Systemmessungen in Echtzeit arbeiten. Damit unterscheiden sie sich strukturell von traditionellen Ernährungsmodellen, die so entwickelt wurden, dass sie retrospektiv arbeiten und bekannte Produktionssituationen simulieren.

Steuerung des Systems

Die gesammelten und verarbeiteten Informationen werden zur Steuerung des Produktionssystems verwendet. Im Rahmen der bedarfsgerechten Fütterung werden automatische Präzisionsfutterautomaten verwendet, um einzelnen Schweinen die richtige Menge und Zusammensetzung des Futters zu einem bestimmten Zeitpunkt zuzuführen. Im Ohr eingesetzte Kunststoff-Ohrmarken enthalten passive Transponder (RFID), die zur Identifizierung von Schweinen verwendet werden. Das Fütterungssystem identifiziert jedes Schwein, wenn sein Kopf in den Futterautomaten eingeführt wird, und das Futter wird gemischt und auf „Anfrage“ des Tieres (entsprechend der geschätzten optimalen Lysin-Konzentration) geliefert. Es wird eine Zeitverzögerung auferlegt, um sicherzustellen, dass Schweine jede Portion fressen, bevor sie eine neue Portion anfordern. Die Portionsgröße wird nach und nach erhöht und liegt zwischen 15 und 25 g. Schweine neigen dazu, den Futtertrog leer zu verlassen oder sehr kleine Futtermengen nach jedem Besuch zurückzulassen, wodurch sichergestellt wird, dass jedes Schwein die zugewiesene Menge an Mischfutter erhält.

Beim Vergleich des traditionellen dreiphasigen Fütterungssystems mit dem täglichen angepassten Fütterungssystem kamen die Autoren zu dem Schluss, dass die Proteinaufnahme um 7 % und die Stickstoffausscheidung um 12 % reduziert werden konnte. Die Kontrolle der zeitabhängigen und der Variation zwischen den Tieren kann weiter dazu beitragen, die Nährstoffaufnahme und -ausscheidung zu reduzieren. Andere Autoren konnten zeigen, dass diese tägliche Anpassung der Ernährung zu einer 27%-igen Verringerung der Gesamtlysin-zufuhr ohne nachteilige Auswirkungen auf das Wachstum der Schweine führte. Die Stickstoffausscheidung wurde um fast 30 % reduziert, wenn die Schweine mit täglich angepasstem Futter gefüttert wurden.

Zukunftsperspektiven

Um diese bedarfsgerechten Fütterungssysteme weiterzuentwickeln, ist es notwendig, das Verständnis verschiedener tierischer Stoffwechselprozesse zu verbessern. Diese Art der Fütterung basiert immer noch auf mathematischen Modellen und Ernährungskonzepten, die für eine durchschnittliche Population entwickelt wurden. Bei der Fütterung einzelner Schweine mit täglich angepasstem Futter sind diese traditionellen Ernährungskonzepte nicht korrekt und manchmal sogar falsch. Es ist notwendig, die Ernährungsbedürfnisse einer Population von denen eines Individuums zu unterscheiden.

Weitere Entwicklungen werden auch neue Erkenntnisse über die genetische Leistungsfähigkeit von Schweinen zur effizienten Nutzung von Nährstoffen, die Wechselwirkung zwischen Fütterungsprogrammen, Nahrungszusammensetzung und die verdauungs- und stoffwechselfeldynamische Verfügbarkeit von Nährstoffen beinhalten. Diese Modellverbesserungen werden den ökologischen Fußabdruck der Schweineindustrie weiter reduzieren, wobei die Futterkosten geschätzt um mehr als 12 %, die Stickstoff- und Phosphorausscheidung um mehr als 60 % und die Treibhausgasemissionen um mehr als 12 % gesenkt werden können.

Hühner

Lahmheitsbeurteilung mittels automatischer Aktivitätsüberwachung in konventionellen Masthuhnherden

Silvera AM, Knowles TG, Butterworth A, Berckmanns D, Vranken E, Blockhuis HJ

Lameness assessment with automatic monitoring of activity in commercial broiler flocks, Poultry Science Volume 96, Issue 7, (2017) 2013-2017

Zusammengefasst von Elke Rauch

Masthühner, die für die Fleischproduktion aufgezogen werden, werden seit Jahrzehnten auf schnelles Wachstum und hohe Fleischausbeute genetisch selektiert und werden in großen Herden mit hoher Besatzdichte intensiv aufgezogen. Eine Folge dieser Vorgehensweise ist ein erhöhtes Risiko für Lahmheit und verminderter Lauffähigkeit in der Herde. Die Zuchtbetriebe haben das Problem erkannt und 25 Jahre Selektion zur Verbesserung der Beingesundheit waren erfolgreich. Dennoch ist es wichtig, die Beingesundheit in einem Masthuhn Bestand zu überwachen. Beinprobleme können metabolische, entwicklungsbedingte oder infektiöse Ursachen haben und können das Wohlergehen betroffener Broiler beeinträchtigen. Das Tierwohl ist gefährdet, weil lahme Vögel keinen Zugang zu Futter und Wasser haben und die Tiere möglicherweise Schmerzen erleiden.

Lahmheit hängt auch negativ mit dem Endgewicht bei der Schlachtung zusammen und kann mit einer hohen Herdenmortalität in Zusammenhang gebracht werden. Es wurden mehrere Methoden entwickelt, um die Lahmheit in Masthühnerbeständen zu beurteilen. Um die genaue pathologische Ursache der Lahmheit zu bestimmen, ist jedoch eine Obduktion des Vogels erforderlich. Nicht-invasive Methoden umfassen die Latenz bis zum Ablegen der Tiere und die Beurteilung der Lauffähigkeit. Die „manuelle“ Beurteilung ist wahrscheinlich die am weitesten verbreitete. Bei dieser Methode wird die Lauffähigkeit (auch als Gait Score, GS bezeichnet) des Vogels zwischen 0 (keine Lahmheit erkennbar, physiologisches Gangbild) bis 5 (nicht in der Lage, sich zu bewegen) bewertet.

Diese Beobachtungsmethode ermöglicht die Beurteilung einer großen Anzahl von Vögeln bei einem Betriebsbesuch, aber an dieser Methode wird kritisiert, dass es sich um subjektives Empfinden handelt und teilweise auch keine ausreichende Übereinstimmung zwischen verschiedenen Beobachtern gegeben ist. Zudem ist diese Methode sehr zeitaufwändig und das Risiko der Übertragung von Krankheitserregern von Betrieb zu Betrieb ist gegeben.

Ein weiterer Ansatz, der eine zeitsparende, kontinuierliche und objektive Methode zur Beurteilung der Lahmheit darstellt, könnte durch die Verwendung derzeit verfügbarer Sensortechnologie zur automatischen Bewertung und Überwachung der Gehfähigkeit in der Masthuhnherde bereitgestellt werden. Es wurden mehrere experimentelle Methoden entwickelt. Beispiele sind die Verwendung von Kraftmessplatten oder Bildanalysetechniken, einschließlich der Verwendung optischer Flussmuster. Das eYeNamic TM System (Fancom BV, Panningen, Niederlande) verwendet Videokameras und Bildverarbeitungsmethoden, um eine relativ unkomplizierte Variable zu überwachen – die Aktivität der Masthühner. Das eYeNamic TM System wurde verwendet, um zu bestimmen, ob Korrelationen zwischen Broileraktivität und dem Grad der Lahmheit bestehen, wobei die Beurteilung der Lauffähigkeit als Referenz oder „Goldstandard“ verwendet wurde.

Deshalb haben sich die Autoren im aktuellen Experiment entschieden, die Vögel

durch die Anwesenheit eines Menschen in Bewegung zu setzen. Es wurde eine Bewertung der Aktivität vor und nach dem Durchlaufen eines Menschen durch die Herde vorgenommen. Die Aktivität wurde mittels dem eYeNamic TM System und an der Decke montierten Overhead-Kameras automatisch gemessen. Anschließend wurde bestimmt, ob Aktivitätsmuster, die um die menschliche Aktivität im Stall herum beobachtet wurden, mit der Lauffähigkeit in Zusammenhang standen.

Die statistische Analyse ermittelte dann, ob solche Aktivitätsänderungen mit der Gehfähigkeit (Lahmheit) der Tiere zusammenhängen. Dieses Experiment wurde in 5 kommerziellen Broilerfarmen in 4 europäischen Ländern (Italien, Spanien, Niederlande und 2 Betriebe im Vereinigten Königreich) durchgeführt. Insgesamt wurde die Lauffähigkeit von 16 Herden und 33 Assessment-Anlässen im Alter von 3, 4 und/oder 5 Wochen erhoben, während die automatisierte bildbasierte Aktivitätsberechnung kontinuierlich über die gesamte Aufzuchtzeit durchgeführt wurde.

Die gemessene Amplitude, die ein Maß für die direkte Reaktion der Vögel auf einen sich nähernden Menschen ist (das Wegbewegen zeigt ihre Lauffähigkeit) war signifikant mit der Lauffähigkeit verbunden und könnte daher verwendet werden, um die Lauffähigkeit in einer Herde vorherzusagen. Die Reaktion der Vögel (Δ Amplitude) ist in den Auswertungen als Aktivitätsspitze sichtbar und ein charakteristischer Abfall



Legehennen mit Transponder (Foto: Stefan Thurner).

wird angezeigt, wenn sich die Vögel von der Störung erholen und auf das Ausgangsniveau der Aktivität zurückkehren.

Im Allgemeinen zeigten die Mittelwerte der Lauffähigkeit im Laufe der Zeit nur geringe Schwankungen und alle Herden hatten niedrige **Gait Score-Werte** (3 Wochen = 1,4±0,6, 4 Wochen = 1,5±0,6 und 5 Wochen = 1,9±0,6 [Mittelwert ± SD]), was auf einen guten Gesundheitszustand der Beine hindeutet. Der beobachtete Trend zu einer Verschlechterung der Lauffähigkeit mit zunehmendem Alter wurde festgestellt und auch erwartet. Δ Amplitude und Alter standen in signifikantem Zusammenhang mit der Lauffähigkeit der Tiere.

Die in dieser Studie dargestellten Zusammenhänge sind vielversprechend für die zukünftige Entwicklung eines vollautomatischen kontinuierlichen Bewertungssystems. Dennoch muss die Leistung in mehr Herden getestet werden, bei denen die Variabilität der Lauffähigkeit der Tiere größer sein sollte. Sowohl die Lahmheit als auch das Aktivitätsniveau können zwischen einzelnen Herden und Betrieben variieren, was es wünschenswert macht, die Methode an einem Datensatz mit einer größeren Spanne der Lauffähigkeit der Tiere und ihres Aktivitätsniveaus zu testen.

Nichtsdestotrotz zeigen die Ergebnisse dieses Experiments, dass es einen Zusammenhang gibt, der einer weiteren detaillierten Untersuchung würdig ist und das Potenzial für eine kommerzielle Nutzung haben könnte. In der Studie von Dawkins *et al.* (2012) wurden positive Korrelationen zwischen der **Schiefe** (Skew) und der **Gipflichkeit** (Kurtosis) in den optischen Flussdaten und der Lauffähigkeit gefunden. Die Ergebnisse zeigten, dass es bereits mehrere Tage im Voraus möglich ist, die Lauffähigkeit der Tiere am 28. Masttag vorherzusagen.

Das Alter der Vögel hatte auch einen signifikanten und positiven Einfluss auf die Vorhersage der Lauffähigkeit. Dies steht im Einklang mit früheren Berichten und ist wahrscheinlich eine Begleiterscheinung des sehr schnellen Anstiegs des Lebendgewichts mit zunehmendem Alter.

Dass die Aktivitätsmessungen zu Beginn keinen signifikanten Effekt hatten, erklären sich die Autoren darüber, dass Masthühner im Allgemeinen eine geringe Aktivität aufweisen und 76 bis 86 % der Herde liegen. Die Messung der Basislinienaktivität ist

jedoch erforderlich, da sie für die Berechnung der Amplitude notwendig ist

Die vorliegenden Ergebnisse demonstrieren den potentiellen Wert der Verwendung von Bildanalysetechniken für die automatisierte Beurteilung von Lahmheiten in kommerziellen Broilerherden. Die Tatsache, dass die Vorhersage der Lauffähigkeit möglich war, selbst wenn die allgemeine Beingsundheit in den untersuchten Herden sehr gut war und die Ergebnisse keine großen Unterschiede aufwiesen (Gait Score: 1,4–1,9), legt nahe, dass zukünftige Forschungen ein automatisches und kontinuierliches On-Farm-Bewertungsverfahren entwickeln können.

Aktivitäts- und Standortbestimmung einzelner Legehennen in großen Gruppen mit moderner Technik

Siegford JM, Berezowski J, Biswas SK, Daigle CL, Gebhart-Henrich S, Hernandez CE, Thurner S, Toscano MJ

Assessing Activity and Location of Individual Laying Hens in Large Groups Using Modern Technology, Animals 2016, 6, 10; doi:10.3390/ani6020010

Zusammengefasst von Elke Rauch

Es wird zunehmend möglich, einzelne Tiere innerhalb großer Gruppen zu verfolgen, was Forschern eine neue und spannende Möglichkeit bietet. Während früher nur nicht unterscheidbare Gruppen einzelner Tiere beobachtet und zu Daten auf Abteilebene kombiniert werden konnten, können sich die Autoren jetzt auf einzelne Tiere innerhalb dieser großen Gruppen konzentrieren und ihre Aktivitäten über Zeit und Raum mit minimalen Beeinträchtigungen und Störungen verfolgen. Die Entwicklung ist insbesondere für die Geflügelindustrie relevant, da aufgrund des Verschwindens von Käfighaltungen die Herdengrößen immer größer und die Haltungsumgebungen der Tiere komplexer werden. Es wurden viele Anstrengungen unternommen, um das Verhalten und die Aktivität einzelner Vögel in großen Gruppen zu verfolgen, wobei verschiedene Methoden mit unterschiedlichem Erfolg verwendet wurden. Von den verwendeten Technologien hat jede Vor- und Nachteile, was den Ansatz für bestimmte

Haltungsumgebungen und Fragestellungen mehr oder weniger geeignet macht. In dieser Studie haben die Autoren mehrere derzeit verfügbare Tracking-Systeme in zwei Hauptkategorien (Frequenzidentifikation und Funksignalarbeit) unterteilt und die Stärken und Schwächen jedes einzelnen sowie die Umgebungen oder Bedingungen untersucht, für die sie am besten geeignet sind.

Einzelne Tiere in den Abteilen können Auswirkungen auf ihre miteingestellten Tiere haben und daher muss die Gruppe oder das Abteil als Versuchseinheit für eine angemessene statistische Analyse betrachtet werden. Wohlbefinden ist jedoch eine individuelle Erfahrung, da affektive Zustände wie Schmerz, Leiden und Hunger nur auf individueller Ebene erlebt werden können.

Angesichts des weltweiten Trends zur zunehmenden Größe von kommerziellen Tierproduktionseinheiten und der kürzeren Zeit, die die Landwirte mit ihren Tieren verbringen, sind Bewertungen und Untersuchungen auf Herdenebene üblich. Diese Technologie, auch einzelne Tiere verfolgen und bewerten zu können, ermöglicht auch ein besseres Verständnis der individuellen Variabilität, Anpassungsfähigkeit, und dem Zurechtkommen mit aktuell vorhandenen und geplanten Produktionssystemen. Tierchutzrelevante Probleme, mit denen sich die Legehennenindustrie konfrontiert sieht, würden von der Möglichkeit, einzelne Tiere zu verfolgen, stark profitieren. Die Technologie ist besonders relevant angesichts der weltweiten Verschiebung von Haltungssystemen mit Batteriekäfig, hin zu Alternativen. Es wird angenommen, dass der Ausstieg aus der Käfighaltung mit einer Vielzahl von Vorteilen für den Tierschutz und der Möglichkeit natürliches Verhalten auszuleben, verbunden ist. Dennoch bringen diese Alternativen auch eine Reihe an Problemen mit sich. So wird beispielsweise angenommen, dass die Schädigung des Brustbeins in offenen Haltungssystemen durch Kollision mit Haltungseinrichtungen trotz erhöhter Knochenbruchfestigkeit, die aus der größeren Bewegungsfreiheit resultieren sollte, zunehmen wird. In vielen Haltungssystemen werden typischerweise Hennen in Gruppen von mehr als 15.000 Tieren gehalten, was die Beobachtung einzelner Tiere mit traditionellen Methoden unmöglich macht.

Um zu beschreiben, wie Fortschritte in der Überwachung einzelner Tiere das Tierwohl

bei Geflügel verbessern kann, ist die vorliegende Arbeit in mehrere Abschnitte unterteilt. Die Autoren diskutieren zunächst Fragen, die sich auf diese Technologie und ihren Einsatz beziehen, und geben dann einen Überblick darüber, wie die Technologie verwendet werden kann, um die ausgeführten Verhaltensweisen zu identifizieren und Informationen über die Leistung und den Standort von einzelnen Tieren zu erhalten.

Die Anwendung von Technologien, die die Messung und Überwachung individueller Merkmale, die sich im Laufe der Zeit ändern, ermöglichen, bietet eine enorme Chance, ein neues Verständnis für das Verhalten der Vögel, ihrer Produktivität, Krankheiten und anderer interessanter Faktoren zu bekommen. Einmal gesammelt, können diese Zeitreihendaten auf rein deskriptive Weise analysiert werden oder sie können verwendet werden, um Hypothesen über die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Verhaltensweisen oder anderen Merkmalen von Interesse zu testen. Das Zeitintervall, in dem einzelne Verhaltensweisen gemessen oder aggregiert werden, beeinflusst die geeigneten statistischen Methoden und auch die Rückschlüsse, die aus den Messungen gezogen werden können. Schließlich ist es bei Studien auf Gruppenebene von entscheidender Bedeutung sicherzustellen, dass die Studienstichprobe für die Herde repräsentativ ist, auf die der Forscher die Studienergebnisse verallgemeinern möchte. Geschieht dies nicht, kann dies dazu führen, dass ein Selektionsbias – ein Bias, der aus einer unangemessenen Auswahl von Fokustieren resultiert – in die Studie einfließt. Die kontinuierliche Sammlung und Analyse individueller Daten von sehr vielen Einzeltieren ist derzeit eine technologische und analytische Herausforderung.

Zusammenhang zwischen Hühnergesundheit und Aktivität

Es ist allgemein anerkannt, dass ein krankes Tier ein schlechtes Wohlbefinden hat. Tiere verhalten sich anders, wenn sie krank, verletzt oder gestresst sind, und Verhaltensänderungen können Veränderungen des Gesundheitszustands oder des sozialen Status der einzelnen Henne widerspiegeln. Kranke Tiere zeigen eine quantifizierbare Abnahme von Fressen, Trinken, Aktivität

und sozialem Kontakt sowie eine Zunahme von Ruhe, Zusammenkauern und Zittern. Um jedoch ein Tier mit schlechtem Gesundheitszustand behandeln zu können, muss es zunächst als „krank“ identifiziert werden; eine Aufgabe, die mit den anhaltenden Trends in der Geflügelproduktion zu größeren Haltungseinheiten mit hoher Besatzdichte immer schwieriger wird. Verstärkt wird dieses Problem durch die natürliche Tendenz der Tiere, Krankheitssymptome zu unterdrücken, um die Aggression anderer Gruppenmitglieder oder die Aufmerksamkeit von Raubtieren zu vermeiden.

Einige Veränderungen können auch vorübergehend während der akuten Phase einer Krankheit auftreten. So sind krankheitsbedingte Verhaltensänderungen bei einer Legehennen, die in einer Gruppe von vielen gleich aussehenden Hennen gehalten wird, mit Ausnahme von schlimmen Verletzungen, derzeit kaum zu erkennen. Eine wirksame Überwachung ist erforderlich, um Krankheitsprobleme bei einzelnen Hennen schnell genug zu erkennen, um das Problem bei dieser Henne zu lindern oder zu verhindern, dass eine ganze Herde davon betroffen ist. Jedoch sollte erwähnt werden, dass es unwahrscheinlich ist, dass die Tierhalter einzelne Hennen in modernen, großen und modernen Systemen behandeln, im Gegensatz zu Milchvieh- oder Schweinehaltungsbetrieben. Der Unterschied zwischen den Systemen hängt höchstwahrscheinlich mit dem individuellen Wert einer einzelnen Legehennen zusammen. Die Autoren glauben, dass die Entwicklung einer Technologie, die die Verfolgung einzelner Hennen ermöglicht, die Identifizierung von Problemen und die Bereitstellung einer angemessenen Pflege unter Praxisbedingungen erleichtert.

Allgemeine Überlegungen bei der Verwendung von Sensortechnologie, die direkt am Huhn befestigt ist

Der Einsatz von Remote-Tracking-Technologien sollte minimale Eingriffe erfordern und die Beeinträchtigung des normalen Verhaltens von Vögeln minimieren. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die an den Vögeln angebrachten Geräte invasiv, einschränkend sind oder ein Verhedderungs- und Verletzungsrisiko darstellen. Daher ist es wichtig, dass die Systeme validiert werden.

In Studien zur Ökologie der Tiere wird allgemein empfohlen, dass die am Körper angebrachten Geräte weniger als 5 % des Körpergewichts des Tieres wiegen, um die Auswirkungen der Geräte auf Verhalten und Leistung zu minimieren. Aber nicht nur das Gewicht der Geräte sondern auch die Befestigungsmethode ist zu berücksichtigen. Aufgrund der hohen Kosten der Tracking-Technologie und der großen Gruppengrößen, ist es gängige Praxis, eine Stichprobe von Vögeln zur Bewertung auszuwählen. Diese muss repräsentativ für die Gruppe sein.

Methoden zur Identifizierung von Verhalten und Standort

Verhaltensidentifikation mit Beschleunigungsmessern

Informationen darüber, wie einzelne Legehennen ihre Haltungsumgebung nutzen sind wenig bekannt. Der Informationsmangel resultiert aus den methodischen Herausforderungen, die bei der Beschreibung des individuellen Tierverhaltens in großen Gruppen auftreten. Als eine Möglichkeit Verhaltensweisen aus der Ferne zu erfassen können Beschleunigungsmesser oder Sensoren verwendet werden. Am Körper angebrachte Beschleunigungsmesser reagieren auf Beschleunigungen, die sich aus der Bewegung des Individuums ergeben, sowie auf die Erdbeschleunigung. Bei geeigneter technischer Ausführung haben Beschleunigungssensoren das Potenzial, bestimmte Verhaltensweisen von Individuen anhand von Bewegungsdaten aus der Ferne zu erkennen. Die größte Herausforderung bei der Verwendung von Beschleunigungsmessern zur genauen Erkennung bestimmter Verhaltensweisen bei Hühnern besteht darin, dass Größe und Gewicht des Sensors keine signifikanten Veränderungen im natürlichen Verhalten des Vogels bewirken sollten und zweitens, dass die von Hennen während der Bewegung erzeugte Beschleunigung beträchtlich kleiner als die von größeren Tieren und daher der Bereich der erhaltenen Beschleunigungsmesserverwerte relativ klein ist. Daten von Beschleunigungsmessern haben die folgenden Attribute: Zeit, Beschleunigung entlang der x-Achse, Beschleunigung entlang der y-Achse und möglicherweise Beschleunigung entlang der (dritten) z-Achse.

Zusätzlich zu den vom Sensor gesammelten Daten zeichnete zeitgleich ein menschlicher Beobachter den Zeitpunkt der Ausführung bestimmter Aktivitäten auf. Anschließend wurden die Daten des Sensors mit denen des Beobachters kombiniert; 50 % der Daten wurden verwendet, um das Modell zu trainieren, die restlichen 50 % der Daten wurden daraufhin als Testdatensatz verwendet. Um spezifische Verhaltensweisen unter Verwendung von Entropie und Beschleunigung zu identifizieren, muss die Genauigkeit des verwendeten Softwareprogramms validiert werden. Dazu gibt es unterschiedliche Ansätze. Beispielsweise wurden die meisten Fehler beim Erkennen des Stehens durch die falsche Klassifizierung des Verhaltens als Sitzen verursacht, das ein anderes Verhalten in der statischen Klasse darstellt. In ähnlicher Weise wurde die Mehrzahl der Fehlklassifizierungen von Trinkverhalten als Futteraufnahme gewertet, ein weiteres Verhalten in der Klasse der Ressourcennutzung. Die Verwendung eines dreiachsigen Beschleunigungsmessers zum Erfassen der Z-Achse würde wahrscheinlich einige dieser Probleme beheben.

Die Genauigkeit nimmt mit der Fenstergröße zu, jedoch gibt es auch Nachteile, die gegen den potenziellen Nutzen abgewogen werden müssen. Ist das Stichprobenfenster beispielsweise zu groß, werden Verhaltensweisen, die durch kürzere Dauern gekennzeichnet sind, möglicherweise nicht isoliert erfasst, sondern das Fenster enthält Beschleunigungsdaten, die sich auf Fragmente vorhergehender oder nachfolgender Verhaltensweisen beziehen. Wenn das Fenster alternativ zu kurz ist, erzeugt das Sensorsystem möglicherweise nicht genügend Informationen für eine genaue Klassifizierung des Verhaltens durch die Software. Daher müssen Fenster unterschiedlicher Länge getestet werden, wenn ein Sensorausgabefunktion bestimmt wird.

Funkfrequenz-Identifikation (Radio-frequency identification, RFID)

Potenzielle Anwendungen für RFID-Systeme sind zahlreich und können in einer Vielzahl von Kontexten verwendet werden. Kurz gesagt verwenden RFID-Systeme eine eindeutig codierte Identifizierungseinheit, die typischerweise als Transponder bezeichnet wird, die in der Nähe einer mit Strom versorgten Antenne von einer Leseeinheit registriert und die Transponderidentität an einen Zentralcomputer gesendet wird.

Bestimmte RFID-Systeme haben unterschiedliche Kapazitäten, einschließlich der Nähe, mit der der Transponder von den Antennen identifiziert werden kann und ob mehrere Transponder gleichzeitig identifiziert werden können.

Die RFID-Systeme funktionieren, indem der Transponder mit seiner Antenne durch das elektromagnetische Feld der Leseantennen mit Strom versorgt wird, das dann ein eindeutig codiertes Signal an die Empfangseinheit sendet, die die Transpondernummer zusammen mit Uhrzeit und Datum entschlüsselt. Auf diese Weise haben die RFID-Systeme gegenüber anderen Systemen den großen Vorteil, dass die (am Vogel befindlichen) Transponder keine externe Stromquelle benötigen und somit in Größe und Gewicht minimiert werden können. Die RFID-Systeme können grundsätzlich als mobiles System verwendet werden, was eine relativ einfache Installation an verschiedenen Orten über einen Zeitraum ermöglicht. Schließlich ist auch die Geschwindigkeit des verfolgten Tieres (oder des angeschlossenen Transponders) ein wichtiger Aspekt bei der Entscheidung, welche Art von RFID-System verwendet werden sollte und wie es angeordnet werden soll.

Reichweitennutzung mit RFID

Die RFID-Technologie registrierte den tatsächlichen Durchgang der Hennen durch das Schlupfloch versus den reinen Aufenthalt im Schlupfloch. In einer Studie wurde über verschiedene Herden hinweg zwischen 5 und 10 % der Vögel verfolgt. Antennen wurden auf beiden Seiten jedes Schlupflochs platziert, die den Stall/die Veranda und die Veranda/Freiland miteinander verbanden. Die Breite der Schlupflöcher reichte von 1,2 bis 4,6 m und je nach Größe des Lochs waren bis zu 12 Antennen nebeneinander gelegt, um die gesamte Breite beider Seiten des Schlupflochs abzudecken. Die Aufnahme von Antennen auf beiden Seiten des Durchgangs war notwendig, um die Richtung des Übergangs einer Henne zwischen zwei Bereichen zu bestimmen und erforderte daher die Registrierung von **zwei Ereignissen – Eintritt in das Schlupfloch** in einem Bereich (z.B. innerhalb des Stalls) gefolgt von **Ausgang aus dem Schlupfloch** in einen zweiten Bereich (z.B. auf die Veranda). Eine weitere Studie fand mit einem breiten Schlupfloch mit Tunnel statt, der in der Breite variiert werden konnte. Die Erkennungssicherheit

wurde anhand von Videoaufnahmen über mehrere Tage der gesamten Herde bewertet und ergab eine Erkennungssicherheit von 97,6 % bei einer Breite von 70 cm (n = 3.113 Passagen), 99,3 % bei einer Breite von 55 cm (n = 606 Passagen) und 99,8 % bei einer Breite von 40 cm (n = 582 Durchgänge).

Während eine Anordnung mit RFID-Antennen auf beiden Seiten der Schlupflöcher ein hohes Maß an Abdeckung bietet, um eine genaue Registrierung der Hennen sicherzustellen, erfordert sie jedoch eine relativ hohe Anzahl von Antennen und zugehöriger Hardware, was leider die Anschaffungskosten erhöht. Als Alternative, die die relativen Vorteile von RFIDs bei reduzierten Kosten ermöglicht, haben die Forscher eine Methode verwendet, bei der Antennen verbaut werden, die im Schlupfloch selbst platziert wurden. Während diese Konfiguration die Anzahl der benötigten Antennen reduziert, besteht die Hauptnachteile darin, dass das System die Bewegungsrichtung der Henne beim Verlassen des Lochs nicht erkennen kann und somit nur die Anwesenheit der Henne im Loch aufzeichnen kann. Mit anderen Worten, wenn eine Henne von den Antennen registriert wurde, hatten die Autoren keine Möglichkeit festzustellen, ob sich die Henne von innen nach außen bewegte oder umgekehrt.

Eine andere Variante, die die Platzierung von Antennen auf beiden Seiten des Schlupflochs ersetzte, wurde von Forschern verwendet, die Lichtschranken in Kombination mit einer RFID-Konfiguration zur Durchgangsregistrierung einsetzten, um die Bewegungsrichtung der Hennen aufzuzeichnen. Probleme bei diesem Aufbau treten dann auf, wenn zu viele Tiere gleichzeitig den Durchgang passieren, weil es dann zu verpassten RFID-Messungen kommen kann. Aber auch das Springen über andere Tiere führt zu Datenverlust, da manche Tiere dadurch außerhalb der Leseweite der Antennen waren. Ebenso führt das Rennen der Tiere statt langsamerem Laufen zu nicht registrierten Tieren. Diese Probleme wurden im endgültigen Setup durch eine Änderung der Höhe und Verringerung der Breite der Schlupflöcher behoben. Andere Probleme, die bei der Verwendung von RFID-Systemen auftreten, sind Tiere, die über längere Zeiträume innerhalb des Le seabstands der Antennen bleiben, was zu mehreren hundert Ablesungen desselben Vogels während eines einzigen Besuchs am



Bodenantennen (Foto: Sabine Gebhardt-Henrich).

Loch führen kann. Das Problem kann durch Software-Modifikationen behoben werden, indem RFID-Tags nur einmal gelesen werden, während sich eine Henne im Lesebereich befindet.

In Validierungstests begann die Genauigkeit der Registrierung für Tags, die sich schneller als 1,5 m/s bewegten, stark zu sinken, obwohl die Anpassung an ein 32-Bit-System die maximale Geschwindigkeit auf 3,2 m/s erhöhen könnte. Die Geschwindigkeit der Hennen, die die Schlupflöcher passierten, war wahrscheinlich höher, wenn sie aufgrund beängstigender Ereignisse oder weil der Landwirt sie am Ende des Tages hineinjagte, auf die Veranda oder in den Stall zurückkehrten. Die Registrierungs Wahrscheinlichkeit wurde auch durch andere Eigenschaften der Schlupflöcher beeinflusst. Hennen wurden beispielsweise eher registriert, wenn die Schlupflöcher über Rampen erreicht wurden, als wenn sie sich auf der gleichen Höhe wie der Boden des Stalls befanden. Mögliche Lösungen sind das Aneinanderlegen von zwei Antennen (im Prinzip größere Antennen), das Anbringen von Transpondern an beiden Beinen zur Erhöhung der Registrierungs Wahrscheinlichkeit oder der Einsatz

eines RFID-Systems mit höherer Frequenz. Darüber hinaus haben größere Transponder und Antennen größere Lesereichweiten, und die Zeit, die der Transponder zum Lesen benötigt, variiert mit der Frequenz und dem Protokoll.

Verfolgung der Eiablage mit RFID-Systemen

Obwohl Versuche unternommen wurden, Nester zur individuellen Leistungserfassung von Legehennen zu entwickeln, ist nach Kenntnis der Autoren die individuelle Produktivität in großen Legehennenbeständen über längere Zeiträume nur mit dem Einsatz von Fallen- oder Muldennestern erfolgreich getestet worden. Das Weihenstephaner Muldennest ist ein Einzelnistkasten, der in Gruppenhaltungen zur Erfassung des individuellen Legeverhaltens und der Legeleistung sowie einzelner Eiqualitätsparameter eingesetzt werden kann, da er eine Zuordnung jedes Eies zur Henne ermöglicht. Die Transpondersignale werden verwendet, um die Anzahl der Nistkastenbesuche pro Tag durch jede Henne und die Dauer jedes Nistkastenbesuchs zu bestimmen. Das System ist in der Lage zu erkennen (durch Gewicht

und Reihenfolge der Transponderlesungen), wenn das Nest von mehr als einer Henne besetzt ist. Der trichterförmige Nestboden wird von der Henne gut angenommen und animiert sie, eine Position mit dem Kopf zum Nestausgang gerichtet einzunehmen, wodurch das Ei sofort nach dem Legen aus dem Nest rollt. Der Ausgang des Eies sorgt dafür, dass das Ei der aktuellen Henne registriert wird.

Funksignalstärke (RSS)

Die Funksignalstärketechnologie verwendet die aktive Übertragung von Funkfrequenzsensoren, die mit Funksignalstärkeindikatoren (Received Signal Strength Indicator, RSSI) ausgestattet sind. Im Allgemeinen arbeitet das System mit Geräten, die mit einem speziellen Geschirr auf dem Rücken von Vögeln angebracht sind, die ein Signal aussenden, das von Empfangseinheiten erfasst wird, die die Signalstärke registrieren, die dann verwendet werden kann, um die relative Position einer Henne zu schätzen. Das Gesamtgewicht des Sensorpakets betrug ungefähr 10 g und wurde in einem geformten Gehäuse unter Verwendung eines Nylon-Geschirrs auf dem Rücken einer Henne befestigt. Das Gehäuse wurde

passend zur Hühnerfederfarbe gefärbt und für die gute Sichtbarkeit mit einer Nummer beschriftet. Nach Versuchen, den Sensor an anderen Stellen zu befestigen, wurde festgestellt, dass die Montage des Sensors auf dem Rücken der Henne zu einer maximalen Sensorstabilität führte, während eine ausreichende 900-MHz-Funksignalqualität aufrechterhalten und jegliche Gewebeschädigung der Henne oder Verhaltensänderungen vermieden wurden.

Mit dieser Technologie wurde eine zugehörige Datenanalyse entwickelt, um den Standort von Legehennen zu verfolgen. Diese spezielle Technologie wurde auch in Verbindung mit Beschleunigungsmessern verwendet, um Verhaltensweisen aus der Ferne zu identifizieren. Ein zusätzliches Problem bei diesem am Körper montierten System war, dass die von den Vögeln getragenen Sensoren aktive Transponder waren und daher eine Stromquelle benötigten. Aufgrund der geringen Größe der Henne, müssen der Sensor und die Stromquelle klein und leicht sein. Im Gegensatz dazu benötigen die Transponder des RFID-Systems keine Stromquelle, sondern bieten einen eingeschränkten Erfassungsbereich, der auf das Nahfeld der Antennen beschränkt ist, wo der Transponder mit Strom versorgt und gelesen wird. Mehrere logistische Herausforderungen betrafen auch die tatsächliche Anbringung des von Vögeln getragenen Sensors. Die gleiche Henne muss bei jedem Einsatz des Sensorsystems ohne große Störung der Herde identifiziert und gefangen werden, und es sind mehrere Hennen mit Sensoren innerhalb einer Herde erforderlich, um eine repräsentative Stichprobengröße zu erhalten.

Abschließend kamen die Autoren zu dem Schluss, dass es bedeutende technologische und statistische Innovationen der letzten 20 Jahre ermöglichen, unseren Fokus über den der Herde hinaus auf den eines Individuums zu verlagern. Mit dieser Verschiebung können nun Zusammenhänge, Risikofaktoren und Ursachen/Wirkungen untersucht werden, die zuvor in den großen Gruppen nicht analysiert werden konnten. In der Vergangenheit beschränkten sich die Bemühungen auf Einzelbeobachtungen kleiner Vogelgruppen, die dann auf große kommerzielle Herden hochgerechnet wurden. Jetzt ist bekannt, dass die Dynamik innerhalb dieser beiden Referenzrahmen nicht gleich ist und daher die Extrapolation oft fehlschlagen kann.

Fische

Precision Fish Farming: Ein neues Modell zur Verbesserung der Produktion in der Aquakultur

Føre M, Frank K, Norton T, Svendsen E, Alfredsen J, Dempster T, Eguiraun H et al.

Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture, Special Issue: Engineering Advances in Precision Livestock Farming Review, biosystems engineering 173 (2018) 176-193

Zusammengefasst von Elke Rauch

Die Produktion von Flossenfischen in der Aquakultur hat ein schnelles Wachstum des Produktionsvolumens und der Wirtschaftlichkeit in den letzten Jahrzehnten erfahren und ist heute ein wichtiger Anbieter von Meeresfrüchten. Mit zunehmendem Produktionsumfang steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Branche mit neuen biologischen, wirtschaftlichen und sozialen Herausforderungen konfrontiert wird, die die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung einer ethisch einwandfreien, produktiven und umweltfreundlichen Fischproduktion beeinträchtigen können. Daher ist es wichtig, dass die Industrie bestrebt ist, die Auswirkungen dieser Herausforderungen zu überwachen und zu kontrollieren, um auch potenzielle Probleme beim Erhöhen der Produktion zu vermeiden.

Die industrielle Fischzucht ist ein wichtiger Lieferant von marinem Protein für den menschlichen Verzehr. Die Branche ist bestrebt, die durch die wachsende Weltbevölkerung steigende Nachfrage nach Meeresfrüchten zu decken. Bedingt durch Faktoren wie zunehmende Verknappung von Futtermittelrohstoffen, begrenzte Verfügbarkeit von für den heutigen Technologiestand geeigneten Anbaustandorten, zunehmende Fokussierung und Anforderungen an die Umweltfreundlichkeit sowie Flächennutzungskonflikte mit anderen Industrien (z. B. Fischerei, Öl und Gas, Tourismus, Schifffahrt), ist dieser Herausforderung wahrscheinlich nicht durch einfaches Hochskalieren der Produktionsmengen und die Anwendung der derzeitigen Produktionsregelungen zu begegnen. Zukünftige Methoden für die Fischzucht müssen daher fortschrittlicher und intelligenter sein, in dem Sinne, dass die Industrie von erfahrungsbasierten zu wissenschaftlichen Ansätzen übergehen muss, um die Produktion besser zu optimieren. Die gegenwärtigen Trends in der Industrie der landwirtschaftlichen Betriebe, die größere Mengen produzieren und die Produktion pro Arbeiter, die auf jeder Fischfarm zunimmt, unterstreichen die Notwendigkeit, den Produktionsprozess zu überwachen und zu kontrollieren.

Das Precision Fish Farming (PFF) Konzept soll dieses Potenzial nutzen, um einen Rahmen für die Entwicklung technologisch fundierter Methoden für die Fischzucht zu schaffen. Die Best Practice von PFF erfordert, dass Methoden durch Goldstandards validiert werden, bevor sie auf den Markt

kommen. Derzeit gibt es nur wenige Vorschriften zur Einführung neuer Technologien für den Fischzuchtmarkt und keine formalen oder rechtlichen Anforderungen an die Validierung vor der Freigabe.

Die Autoren führen das **Precision Fish Farming (PFF)**-Konzept mit dem Ziel ein, überwachte Anwendungen in der Fischproduktion einzusetzen und damit dem Landwirt die Möglichkeit zu bieten, biologische Prozesse auf seiner Fischfarm zu überwachen, zu kontrollieren und zu dokumentieren.

Um das Potenzial solcher Anwendungen zu veranschaulichen, stellen die Autoren vier Fallstudien zur Lösung spezifischer Herausforderungen im Zusammenhang mit der Überwachung von Biomasse, der Kontrolle von Futterlieferung, Parasitenüberwachung und Management von Crowding-Maßnahmen in der Veröffentlichung vor.

Anpassung an die aquatische Umwelt: Randbedingungen und Möglichkeiten:

Die direkte Interaktion zwischen Mensch und Tier ist in der Fischzucht schwieriger als in ihrem terrestrischen Gegenstück und die Populationsgrößen in der Fischaquakultur machen Interaktionen mit bestimmten Individuen sehr schwierig. Darüber hinaus hat die intensive Fischzucht in Käfigen eine vergleichsweise kürzere Geschichte (Jahrzehnte) als die Tierhaltung anderer landwirtschaftlicher Nutztiere (Jahrtausende). Dadurch ist das Wissen über die in der industriellen Fischzucht ablaufenden Bioprozesse im Vergleich zur terrestrischen Landwirtschaft sehr begrenzt. Dies macht die richtige Systemidentifikation zu einer schwierigeren Aufgabe. Neben der Beeinflussung der Wissensgrundlage für die Ableitung von PFF-Methoden erschweren die oben genannten Faktoren auch die operativen Aspekte der Implementierung solcher Methoden. Beispielsweise ist es im Allgemeinen eine Herausforderung, Tiere kontinuierlich zu überwachen und ausreichende Informationen für PFF-Anwendungen in der aquatischen Umwelt zu erhalten. Während solche Informationen durch direkte Beobachtung oder technisch minderwertige Geräte an Land gewonnen werden können, sind fortschrittlichere technische Lösungen erforderlich, um eine ähnliche Wissens-

basis in Fischfarmen zu erreichen, wo man mit den gnadenlosen Bedingungen der unterirdischen Umgebung an zunehmend exponierten Standorten und der großen Anzahl an Tieren umgehen muss. Darüber hinaus kann die Festlegung von Goldstandards durch die Schwierigkeiten bei der direkten Interaktion mit Individuen erschwert werden. Viele Goldstandards, die in der terrestrischen Landwirtschaft verwendet werden, verlangen von Tierärzten oder Landwirten, die Tiere direkt zu beobachten und/oder mit ihnen zu interagieren; eine Fähigkeit, die in kommerziellen Fischfarmen nahezu unmöglich ist. Ungeachtet all dieser Herausforderungen stellen die Technologien, die die Landwirte heute bereits zur Fischbeobachtung nutzen eine gute Grundlage für die Entwicklung künftiger PFF Anwendungen dar und beinhalten oft bereits etablierte technische Infrastrukturen für Kommunikation und Energieversorgung. Da die Landwirte außerdem bereits daran gewöhnt sind technische Lösungen in ihrem Arbeitsalltag zu nutzen, wird die Einführung einer neuen Technologie auf der Grundlage von PFF-Methoden kein völlig neues Konzept darstellen.

Precision Fish Farming (PFF)

Die übergreifenden Ziele von Precision Fish Farming (PFF) sind:

- 1) Verbesserung der Genauigkeit, Präzision und Wiederholbarkeit
- 2) autonomere und kontinuierlichere Überwachung von Biomasse/Tier zu erleichtern
- 3) Bereitstellung einer zuverlässigeren Entscheidungsunterstützung
- 4) Abhängigkeiten von Handarbeit und subjektiven Einschätzungen reduzieren und somit die Sicherheit des Personals verbessern.

Auf diese Weise wird PFF die Tiergesundheit und das Tierwohl verbessern und gleichzeitig die Produktivität, den Ertrag und die ökologische Nachhaltigkeit in der kommerziell intensiven Aquakultur steigern. Um bei der Definition von PFF zu helfen, ist es nützlich, sich die Fischzucht als mehrere zyklische Betriebsprozesse vorzustellen, die in vier Phasen realisiert werden, in denen Bioreaktionen im Käfig beobachtet (*Beobachtungsphase*) und interpretiert

(*Interpretationsphase*) werden, was zu einer Entscheidungsgrundlage führt (*Entscheidungsphase*), welche Aktionen umgesetzt werden sollen (*Umsetzungsphase*), die dann wiederum eine Antwort in den Fischen auslösen. Heutzutage werden die meisten Aufgaben der verschiedenen Phasen manuell durchgeführt.

Beobachten:

Während die Vielfalt der Technologien zur Beobachtung von Lebendfischen in der Industrie begrenzt ist, ist die methodische Vielfalt innerhalb der Forschung groß. Neben Kameras sind aktive hydroakustische Geräte die gebräuchlichsten technologischen Hilfsmittel zur Untersuchung von Fischen in der Aquakulturforschung. Die häufigste Anwendung dieser Technologie war die Verwendung von Echoloten, um Echogramme zu erhalten, die die vertikale Fischverteilung und die Schwärmdichte im Käfig beschreiben.

Während herkömmliche Echolote auf die Erzeugung von Echogrammen beschränkt sind, werden fortschrittlichere hydroakustische Geräte bereits in anderen Segmenten der Meeresindustrie eingesetzt und könnten zusätzliche Parameter aus Fischpopulationen im Käfig erhalten. Splitbeam-Sonars können beispielsweise die Schwimmgeschwindigkeiten und die Richtungen einzelner Fische innerhalb ihres Sonarstrahls schätzen, während Mehrstrahl-Sonarsysteme Daten über die 3D-Verteilung und die Bewegungen des Fisches erzeugen können.

Darüber hinaus können sonarbasierte Systeme zur Beurteilung individueller Fischgrößen verwendet werden, da ein Zusammenhang zwischen der Sollgröße des Fisches und seiner Masse oder Länge hergestellt werden kann. Angesichts der Tatsache, dass hydroakustische Geräte (im Gegensatz zu Kameras) für Sichtbedingungen unempfindlich sind, könnten diese Technologien eine nützliche Grundlage für PFF-Methoden bieten, die zur Erfassung verhaltensbezogener Parameter für Zuchtfischpopulationen entwickelt wurden. Trotz der beträchtlichen Populationsgrößen in der modernen Fischzucht können sich Indikatoren für das individuelle Fischverhalten in der Fischzucht als ebenso wichtig erweisen wie Parameter auf Populations- oder Gruppenebene. Akustische Fischtelemetrie



Fischfarm in Norwegen (Foto: Elke Rauch).

ist eine Methode zur Fernerkundung, bei der einzelne Fische mit elektronischen Sendern ausgestattet sind, die Sensoren enthalten, die bestimmte Eigenschaften im oder in der Nähe des Fisches messen und die Rohdaten oder nachbearbeitete Daten drahtlos mit akustischen Signalen (d.h. Schallwellen) an unter Wasser befindliche stationäre Empfängereinheiten übertragen. Der Einsatz von akustischen Telemetrie-Systemen erfordert eine Handhabung des Fisches, die häufig eine Operation einschließt und birgt daher ein gewisses Risiko den Zustand der Fische und ihre biologischen Reaktionen zu beeinflussen. Derzeit ist die akustische Telemetrie jedoch die einzige praktikable Technik, um kontinuierliche Datenreihen von einzelnen Fischen zu erhalten.

Die Zucht auf See unterliegt den natürlichen Bedingungen am Standort, da die in Seekäfigen gehaltenen Fische stark von der Umgebung beeinflusst werden (z.B. Wetter, Wasserströmungen, Seegang, Temperaturen, Sauerstoffsättigung, Lichtverhältnisse und Schadstoffe) ausgesetzt sind. Da viele dieser Faktoren das Wachstum, die Entwicklung und das Wohlergehen von Fischen beeinflussen, sind Daten über die lokale Umgebung bei der Auswahl von Zuchtstandorten für die Lachsproduktion wichtig. Darüber hinaus möchten Landwirte solche Bedingungen an ihrem Standort auch während der Produktion zunehmend überwachen, da diese Informationen als Entscheidungsgrundlage für das Betriebsmanagement verwendet werden können, wie beispielsweise die Vermeidung von Netzmanipulationen bei starker Strömung oder die Reduzierung der Fütterung bei sinkenden Temperaturen.

Interpretieren:

In der Fischzucht wird die Interpretation von Tierbeobachtungen hauptsächlich von einzelnen Landwirten aufgrund persönlicher Erfahrungen vorgenommen. Obwohl fortlaufende Innovationen eine Automatisierung dieses Prozesses anstreben (z.B. Systeme für Fernfütterungsvorgänge, die relevante Daten aus verschiedenen Quellen aggregieren und darstellen), ist die bestehende industrielle Grundlage für die automatisierte Interpretation von erhobenen Parametern weniger etabliert als für die Erfassung von diesen. Dies bedeutet

jedoch auch, dass das ungenutzte Potenzial für die Entwicklung neuer PFF-Methoden in diesem Bereich beträchtlich ist. Mit der Zunahme der Produktion aus der käfigbasierten Fischzuchtindustrie hat sich auch der Umfang der Forschungen zur Erlangung eines besseren Verständnisses der in Zuchtpopulationen ablaufenden Prozesse erhöht. Bevor dieses Wissen jedoch zur Entscheidungsunterstützung auf Käfigebene genutzt werden kann, muss es strukturiert werden, um relevante Informationen für die im Käfig ablaufenden Prozesse bereit stellen zu können. In der Aquakulturforschung existieren mathematische Modelle zur Schätzung des Fischwachstums und des Verhaltens. Solche Modelle können als Grundlage für PFF-Methoden mit dem Ziel der Interpretation dienen, da sie anhand des gemessenen Inputs Eigenschaften des Fisches vorhersagen oder abschätzen können.

Entscheiden:

Alle wichtigen Entscheidungen in der heutigen Fischzucht werden von Menschen aufgrund der Interpretation von Beobachtungen und auf der Grundlage persönlicher Erfahrungen sowie mit Hilfe von Protokollen, Gesetzen und Empfehlungen zur Betriebsführung getroffen. Für Fischzuchtbetriebe wird dies wahrscheinlich auch in naher Zukunft der Fall sein, da die „richtige“ Entscheidung eine komplexe Aufgabe ist, die sich nur schwer auf computergestützte Systeme übertragen lässt, ohne das Risiko unvorhergesehener und potenziell unerwünschter Nebeneffekte (z.B. suboptimale Fütterung aufgrund begrenzter Daten über die Fischreaktionen) einzugehen. Wenn Fischzuchtbetriebe jedoch in exponiertere und abgelegene Gebiete verlagert werden, erhöht der eingeschränkte menschliche Zugang den Bedarf an Autonomie bei zentralen Aufgaben wie der Fütterung. Begrenzte menschliche Präsenz bedeutet auch, dass Entscheidungsprozesse zumindest teilweise automatisiert werden müssen. Obwohl es in der Aquakulturlandwirtschaft keine Systeme zur automatisierten Entscheidungsfindung oder Entscheidungsunterstützung gibt, haben Fortschritte in der künstlichen Intelligenz und Informationstechnologie zur Entwicklung von Decision Support Systems (DSS) geführt. Ein DSS ist ein Computergesteuertes Hilfsmittel, das für eine gegebene Situation oder ein be-

stimmtes Problem Eingaben (z.B. von Sensoren oder mathematischen Modellen) und historische Benutzererfahrungen (d.h. von ähnlichen Situationen oder zuvor erlebten Problemen) zu zusammengesetzten Ausgabewerten kombiniert. Diese Ausgabewerte werden vom DSS als Grundlage für eine angemessene Entscheidung verwendet und sind tatsächlich Zielvariablen innerhalb der PLF/ PFF-Terminologie.

Handeln:

Die meisten Aktionen, die biologische Reaktionen in Fischfarmen auslösen, werden manuell gesteuert und beinhalten oft die manuelle Bedienung mechanischer Geräte (z.B. Winden, Kräne oder Seile). Die Aufgabe, eine bestimmte Entscheidung in die richtigen Steuersignale oder physischen Aktionen umzuwandeln, die dann die gewünschte Reaktion hervorrufen, wird einem menschlichen Bediener übertragen. Eine wichtige Ausnahme bilden die zentralisierten Fütterungssysteme, die in den meisten kommerziellen Fischfarmen verwendet werden.

Diese Systeme sind so konzipiert, dass sie Eingaben wie käfigspezifische Fütterungsraten und Fütterungszeitpläne in die elektrischen Signale (z.B. Gebläsefrequenz, Öffnungsrate der Fütterschleuse und Auswahl des Fütterschlauchs) umwandeln, die für den Fütterungsprozess erforderlich sind, um die gewünschte Reaktion zu erzielen. Früher wurden die meisten notwendigen Unterwasseraktionen auf Fischfarmen von Tauchern durchgeführt. Heutzutage ist es üblich, für solche Aufgaben ferngesteuerte Fahrzeuge zu verwenden, wodurch das Risiko von Personenverletzungen stark reduziert wird. Obwohl diese Fahrzeuge meistens von menschlichen Piloten gesteuert werden, haben neuere Forschungen die Möglichkeit gezeigt, akustische Positionierungsmethoden und Bildverarbeitungsprogramme zu verwenden, um die Navigation der ferngesteuerten Fahrzeuge in und um die Käfige herum zu verbessern, wodurch die Präzision bei Fernoperationen erhöht wird. Der Einsatz dieser Art von Technologie könnte auch auf autonome Unterwasserfahrzeuge ausgedehnt werden, die sich ohne menschliches Eingreifen bewegen und die wiederum ausgestattet sein könnten, um kleinere Reparaturen und andere Unterwasseraufgaben autonom durchzuführen.

Gegenwärtig gibt es keine Beispiele für Systeme, die als geschlossene PFF-Anwendungen in der Fischzucht in landwirtschaftlichen Betrieben bezeichnet werden könnten, die die Spanne von der Beobachtung von Parametern bis hin zur Aktivierung eines Systems umfassen. Viele der Technologieprinzipien, die potenzielle Hilfsmittel für die Realisierung industrieller PFF-Anwendungen darstellen, wurden in anderen Marktsegmenten industriell und kommerziell eingesetzt, und einige wurden auch in der Aquakultur eingesetzt. Für viele davon bestehen jedoch spezifische technische Herausforderungen in Bezug auf die grundlegende Physik der unterirdischen Umgebung, in Bezug auf die ausgewählten Erfassungsmethoden oder Einschränkungen der Kommunikationsprotokolle bei der Verwendung in einer Fischfarmumgebung.

Vier Potenzielle industrielle Anwendungen von Präzisionsfischzucht

Um einen industriellen Wert zu haben, muss eine PFF-Methode die tägliche landwirtschaftliche Situation positiv beeinflussen. PFF-Methoden müssen daher evaluiert werden, um ihren Beitrag zur Verbesserung des Wohlergehens und der Gesundheit von Fischen, zur Reduzierung von Fischverlusten, Verbesserung der Produktivität und Qualität sowie der Verringerung der Umweltauswirkungen zu leisten.

1. Automatisiertes Biomasse-Monitoring

Eigenschaften der Käfigpopulation wie die Gesamtbiomasse, die Anzahl der Fische und die Fischgrößenverteilung in einem Käfig sind Schlüsselfaktoren für viele wichtige Entscheidungen im Lachsproduktionsprozess, einschließlich der Bestimmung der medizinischen Dosierungen, der Zuweisung der richtigen Futtermengen und der Schätzung des Gesamtertrags beim Verkauf der Fische vor der Schlachtung. Eine Möglichkeit, die PFF-Prinzipien auf diese Herausforderung anzuwenden, besteht darin, zunächst die relevanten Merkmalsvariablen (wie z.B. Gesamtmasse im Käfig, Gesamtanzahl der Fische und Größenverteilung der Population) zu identifizieren.

Obwohl neuere Studien das Potenzial der Verwendung sonarbasierter Lösungen zur Überwachung der individuellen Fischmasse gezeigt haben, gibt es bisher keine technologischen Lösungen für die Lachszucht, die

in der Lage ist, Daten zu diesen Parametern direkt bereitzustellen. Es ist daher notwendig, Lösungen zu entwickeln, die solche Daten durch Kombinieren von Daten zu verschiedenen Tiervariablen ableiten, die möglicherweise mit mehreren verschiedenen Technologien gewonnen wurden.

Eine Möglichkeit, Erkenntnisse zur Gesamtanzahl der Fische oder der Biomasse zu erlangen, könnte darin bestehen, die eingehenden Datenströme von Tiervariablen mit mathematischen Modellen der Verhaltens- und Wachstumsdynamik von Lachsen in einer Schätzung zu kombinieren. Wenn dem Modell ausreichend detaillierte Daten zu den externen Faktoren über die Umwelt (z.B. Temperaturniveau, Seegang) und managementbezogenem (z.B. Futtermengen) Zustände im Käfig vorliegen, kann es die Wachstumsdynamik der Fische im Käfig abschätzen.

2. Automatisierte Fütterungsstrategien und -steuerung

Die Ziele der Fütterungsverfahren in kommerziellen Lachs-Seekäfigen bestehen darin, sicherzustellen, dass jeder Fisch mit ausreichendem Futter versorgt wird, um die gewünschten Wachstumsraten aufrechtzuerhalten und den Futterverlust an die Umwelt auf ein Minimum zu beschränken. Da diese beiden Ziele häufig miteinander in Konflikt stehen, ist dies ein täglicher Kompromiss in der Branche, der sowohl Auswirkungen auf das Wohlergehen der Fische als auch auf die Wirtschaftlichkeit hat. Die Futterkosten machen etwa 50% der gesamten Produktionskosten vom Ei bis zum marktfähigen Fisch aus und sind somit der bedeutendste Einzelaufwand in der Lachsproduktion. Fütterungsstrategien in der Lachsproduktion basieren größtenteils auf Fütterungstabellen, die Futtermengen in Abhängigkeit von Populationsgröße und Temperatur vorschlagen. Die Interpretation der Fischreaktionen ist jedoch erfahrungsbasiert und hängt somit von der Erfahrung und den Fähigkeiten des einzelnen Landwirts ab. Darüber hinaus ist es an abgelegenen oder exponierten (in Bezug auf Wind, Strömung und Wellen) Standorten möglicherweise nicht möglich, dass das Personal täglich anwesend ist. Für solche Standorte ist eine vollautomatische oder ferngesteuerte Fütterung für den landwirtschaftlichen Betrieb entscheidend.

Bessere Präzisions- und Überwachungsinstrumente bei der Futterabgabe an Lachskäfige würden die Vorhersagbarkeit und Be-

obachtbarkeit des Futterverbrauchs in der Fischpopulation verbessern, was wiederum eine Senkung der Produktionskosten und der Umweltauswirkungen bei gleichzeitiger Verbesserung des Wachstums ermöglichen könnte.

Geeignete Tiervariablen für diese Anwendung könnten die vertikale Verteilung und Bewegung (einzelner Fische und Fischgruppen) sowie das individuelle Schwimmverhalten (z.B. Geschwindigkeit und Richtung) sein, die beide durch die Fressmotivation der Fische beeinflusst werden. Zu den verfügbaren Technologien zur Beobachtung solcher Variablen gehören **Sonare**, **Bildverarbeitungsprogramme** (Schwimmgeschwindigkeit, -richtung und -beschleunigung durch optische Strömungs- und Bewegungsmusteranalysetechniken) und **akustische Telemetrie** (Tiefenbewegungen und Aktivitätsniveau). Da heute in der gesamten Lachsindustrie automatisierte Fütterungssysteme verwendet werden, besteht die letzte Stufe von PFF-Anwendungen, die auf Fütterungsvorgänge abzielen, einfach darin, die Ausgabe des automatisierten Entscheidungsfindungsalgorithmus in das Fütterungssystem einzuspeisen.

3. Automatisierte Überwachung von Seeläusen in Lachsfarmen

Norwegische Lachsfarmen sind gesetzlich verpflichtet, regelmäßig den Seelausgehalt in ihren Käfigen zu melden. Der Seelausgehalt wird manuell bestimmt, indem die Anzahl der Läuse, die an einer Auswahl von einzelnen Fischen (entnommen aus etwa 50% der Käfige) hängen, gezählt und dann der Durchschnittswert der einzelnen Zählungen ermittelt wird. Überschreitet die durchschnittliche Seelauszahl pro Fisch die gesetzliche Grenze, muss der Landwirt den Betrieb unverzüglich entlausen. Abgesehen davon, dass es arbeitsintensiv und kostspielig ist, wirkt sich die Zählung der Läuse negativ auf die Fische aus, da diese gefangen, gehandelt und sediert werden müssen. Die manuelle Zählung unterliegt auch variablen Wetterbedingungen und subjektiven Verzerrungen, weil frühe Stadien der Seeläuse schwer zu erkennen sind und daher die Anzahl stark unterschätzt werden kann. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob 10–20 Fische, die in der Nähe der Oberfläche gefunden werden für die gesamte Population repräsentativ sind? Neuere Daten deuten nämlich darauf hin, dass Lachse mit mehr Seeläusen

tiefer schwimmen. In Anbetracht der Kosten und des Arbeitsaufwands, die mit der Zählung von Seeläusen verbunden sind, und der möglichen Folgen einer ungenauen Zählung von Läusen, ist dieser Vorgang gut geeignet für die Automatisierung durch PFF-Methoden. Unter der Voraussetzung, dass der direkte Umgang mit Fischen vermieden werden sollte, erscheinen Variablen, die mit optischen Methoden beobachtbar sind, am besten geeignet. Forscher fanden heraus, dass sich der Läusebefall in der Springhäufigkeit von Lachsen in Seekäfigen ausdrücken könnte; ein Verhaltensmerkmal, das mit Bildverarbeitungsprogrammen automatisch erkannt werden kann. Dieser Ansatz ist attraktiv, da er mit erhöhten Kameras aufgenommene Videos anwendet, wodurch die Anschaffung nützlicher und erschwinglicher Kameralösungen einfacher wird als in der unterirdischen Umgebung. Unterwasser-Videoaufnahmen und Bildverarbeitungsprogramme können Seeläuse auch direkt erkennen. Dies könnte mittels Spektralanalyse erfolgen, um zwischen Seeläusen und Lachshaut zu unterscheiden oder durch die Verwendung von hyperspektralen Analysen zur Erkennung von Veränderungen der Hautstruktur und -farbe durch Läusebefall.

4. Automatisierte Überwachung während der Entlausung

Die Fähigkeit, Lachskäfige effizient zu entlausen, wenn die Anzahl der Seeläuse die gesetzlichen Grenzwerte überschreitet, ist von entscheidender Bedeutung, da unkontrollierte Ausbrüche von Seeläusen zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens und der Gesundheit der Fische führen und schwerwiegende Folgen für wildlebende Salmoniden in der Umgebung der Farm haben können. Übliche Entlausungsmethoden umfassen das Eintauchen des Fisches in geschlossene/halbgelochene Behälter (entweder im Meer oder in Brunnenbooten), die Anti-Laus-Chemikalien enthalten, die Verwendung von Putzerfischen (z. B. Lippfische, Lumpfische), die die Seeläuse fressen und die Verabreichung von Futtermitteln mit medikamentösem Zusatz.

Da jedoch die Zahl der Läuse in letzter Zeit zugenommen hat, ist auch die Intensität der Behandlungsmaßnahmen in den Lachsfarmen angestiegen. Die Lachspopulationen in den Zuchtbetrieben sind deshalb einer größeren Anzahl von Behandlungen während ihres Lebenszyklus unterworfen, als dies noch vor einem Jahrzehnt der Fall

war. Ein unglücklicher Nebeneffekt dieser Entwicklung ist, dass die häufig mit Medikamenten behandelten Lachspopulationen durch eine genetische Selektion eine Resistenz gegen diese Substanzen entwickelt haben, was wiederum dazu geführt hat, dass viele der bisher wirksamen und effizienten Anti-Laus-Chemikalien unwirksam wurden. Dies hat die Industrie gezwungen nach alternativen Methoden zur Behandlung ihrer Fische zu suchen, und es ist heute üblich, nicht-medizinische Behandlungsmethoden wie Süßwasser, thermische oder mechanische Entlausung anzuwenden.

Eine PFF-Anwendung, die den Zustand der Lachse vor, während und nach einer Entlausung automatisch überwacht, wäre ein Instrument, um die Risiken im Zusammenhang mit dem Zusammendrängen der Fische zu verringern. Diese Methode könnte dem Landwirt Alarmsignale geben, wenn die Zustände des Fisches darauf hindeuten, dass das Zusammendrängen die Fische inakzeptabel stresst oder zu körperlichen Belastungen führt. Auch für diese Anwendung wäre es möglich, auf Basis einer Zielgröße, ein Verfahren zum direkten Ansteuern eines Stellgliedes zu implementieren. Dies könnte durch automatisch gesteuerte Seilwinden zum Anheben des Netzbodens beim Zusammendrängen realisiert werden. Diese Winden könnten so programmiert werden, dass sie einem vordefinierten Schema folgen, der das für den Fisch verfügbare Volumen allmählich verringert.

Das DSS könnte mit der Fähigkeit eingestellt werden, das Windensystem zu steuern, so dass das Zusammendrängen gestoppt oder umgekehrt wird, wenn Echtzeitdaten eine Situation implizieren, die zu einer Beeinträchtigung des Wohlergehens oder einer erhöhten Sterblichkeit führen kann. Diese Anwendung wäre somit ein Beispiel für ein vollständig geschlossenes PFF-Verfahren.

Fazit

Viele Komponenten, die zur Erstellung von PFF-Methoden erforderlich sind, existieren heute entweder als kommerziell verfügbare Lösungen oder als Forschungswerkzeuge, die in Innovationen umgewandelt werden können. Diese Lösungen zielen in erster Linie auf die Beobachtungsphase von Fischzuchtbetrieben ab, was bedeutet, dass sie dazu bestimmt sind, Daten oder Informationen über die Ausprägung von Bioreaktionen in Zuchtfischen zu liefern. Dies ist nicht

verwunderlich, wenn man bedenkt, dass die allgemeinen Herausforderungen bei der Beobachtung von Tieren in der aquatischen Umwelt die Industrie dazu gebracht haben, neue Technologien zur Beobachtung der Fische anzupassen. Darüber hinaus gibt es mehrere mögliche Technologien für zukünftige Innovationen, die auf die Interpretationsphase abzielen, vor allem in Form von mathematischen Modellen. Die meisten davon finden immer noch in der Forschung Anwendung mit begrenztem direkten industriellen Einsatz, aber Modelle werden wahrscheinlich entweder alleine oder als Komponenten eines größeren Systems industrialisiert werden. Mit zunehmender Größe der Produktionseinheiten nimmt die Fähigkeit ab, den Zustand der Käfigpopulation durch Sensoren zu überwachen. Dies impliziert, dass Schätzungen durch mathematische Modelle erforderlich sein können, um die Zustände des Systems beobachtbar zu machen. Es gibt weniger Beispiele für etablierte Methoden oder Instrumente in den Entscheidungs- und Handlungsphasen der Fischzucht. Dies liegt vor allem daran, dass die Umsetzung von PFF-Methoden in diesen Phasen gut etablierte Technologien bereits in der Beobachtungs- und Interpretationsphasen erfordern. Mit der Realisierung neuer Instrumente und Innovationen, die auf die ersten beiden Phasen abzielen, erhöht sich somit die Möglichkeit, Lösungen für alle Produktionsstufen zu entwickeln.

Kontinuierliche Forschung zu technologischen Anwendungen in allen vier Phasen der Fischzucht ist notwendig, um das Potenzial von PFF in der kommerziellen Aquakultur auszuschöpfen. Ein Ansatz wäre, diese Bemühungen auf konkrete Use Cases auszurichten, d. h. die Motivation besteht darin, konkrete Herausforderungen innerhalb der Produktion mit einem PFF-Ansatz zu lösen.

Ein gewisses Maß an Grundlagenforschung ist somit erforderlich, um die biologischen Mechanismen im Fisch besser zu verstehen, die zwar eine geringere unmittelbare industrielle Attraktivität, aber stärkere langfristige Auswirkungen als Wissensgrundlage für die Entwicklung zukünftiger Methoden haben können. Forschung ist notwendig, um durch das **Precision Fish Farming**-Konzept ein neues Paradigma der technologisch orientierten Fischzucht einzuleiten.

smaXtec: Ein bewährtes „KUH-VERSTEH-SYSTEM“

Interview mit Herrn Rosenkranz
(Gründer und CEO von smaXtec)

1. Wie kam es dazu so ein System zu entwickeln? Was war die Motivation bzw. der Auslöser?

smaXtec wurde 2009 von mir und Mario Fallast als Forschungsprojekt gegründet. Auslöser war die sehr aufwändige und zeitintensive Messung des Pansen-pH-Werts bei fistulierten Kühen, die üblicherweise nur die Pansengesundheit einzelner Tiere abbildet. Schnell wurde klar, dass es hier eine bessere Lösung geben muss, denn der Pansen-pH-Wert ist von großem Wert für die Forschung und die Optimierung der Fütterung auf Milchviehbetrieben.

Deshalb stand am Beginn zunächst die kontinuierliche Messung des Pansen-pH-Werts im Fokus, doch schon bald wurde das System um weitere entscheidende Messparameter wie die innere Körpertemperatur und die Bewegungsaktivität erweitert. Diese einzigartige Kombination aus Gesundheitsdaten direkt aus dem Inneren der Kuh bietet Landwirtinnen und Landwirten einen großen Mehrwert durch eine besonders frühe und umfassende Gesundheitsüberwachung ihrer Milchkuhe. Dies war zugleich Motivation und Grundstein für die Erfolgsstory von smaXtec, die 2016 mit dem Start der

kommerziellen Vermarktung um das nächste Kapitel erweitert wurde.

Im Jahr 2020 wurde das smaXtec System um die Messung der Wiederkautätigkeit erweitert, sodass es Landwirten nun möglich ist, die Gesundheit ihrer Kühe noch besser zu verstehen und präventiv handeln zu können, bevor schwere Krankheitsverläufe entstehen. Im selben Jahr kam auch Stefan Scherer als CEO an Bord von smaXtec und baut seitdem gemeinsam mit mir den internationalen Vertrieb aus – wie bei der Firmengründung stets mit dem Ziel vor Augen, das Tierwohl zu verbessern und die Milchviehwirtschaft langfristig positiv zu verändern.

2. Was waren die größten Herausforderungen bei der Entwicklung?

Da sich die Arbeitsweise und die Anforderungen bei der Haltung von Milchkuhen je nach Region, Betriebsgröße, Haltungsbedingungen, Art der Betriebsführung und -struktur sowie durch viele weitere Faktoren stark voneinander unterscheiden, war es eine große Aufgabe, das smaXtec-System möglichst vielseitig, aber dennoch zuverlässig und effizient zu gestalten.

Eine weitere Herausforderung steckt in der interdisziplinären Positionierung als Agritech-Unternehmen: smaXtec vereint große Nähe zum Landwirt und zur Kuh mit umfassendem technischem Knowhow. Deshalb arbeiten bei smaXtec sowohl Agrarexpertinnen und -experten als auch Software-

Entwicklerinnen und -entwickler gemeinsam daran, das intraruminale „Kuh-Versteh-System“ zu verbessern.

3. Wie funktioniert der eingegebene Bolus? Welche Parameter kann er messen?

Einmal eingegeben verbleibt der Bolus völlig wartungsfrei im Netzmagen der Kuh (Abb. 1) und misst mit höchster Genauigkeit:

- die innere Körpertemperatur
- die Wiederkautätigkeit
- die Bewegungsaktivität
- das Trinkverhalten der Kühe
- pH-Wert (optional beim pH Plus Bolus)

Die Base Station sammelt die gewonnenen Daten der Boli in regelmäßigen Intervallen und überträgt diese in die smaXtec Cloud.

4. Welchen Vorteil hat der Einsatz dieser Technologie für den Landwirt? Können Sie ein paar Beispiele nennen?

Basierend auf den gewonnenen Messdaten versorgt smaXtec Landwirte mit wertvollen Informationen zu Gesundheit, Brunst und Abkalbung ihrer Tiere – direkt aufs Smartphone. Dies ermöglicht Landwirten nicht nur Tiergesundheit und Tierwohl zu steigern, sondern auch den finanziellen Erfolg ihres Betriebs zu sichern.

Gesundheitsfrüherkennung:

- Frühestmögliche Erkennung von Veränderungen des Gesundheitszustandes, bis zu 4 Tage bevor äußere Symptome sichtbar werden – besonders bei Eutererkrankungen, aber auch bei Infektions- oder Stoffwechselerkrankungen
- Reduzierter Einsatz von Medikation wie Antibiotika (bis zu 70 %)
- Wesentliche Steigerung der Tiergesundheit, das ermöglicht eine Arbeitsentlastung & Kostenersparnis für Landwirte, z. B. durch:
 - Gesicherte Milchleistung
 - Zeit- und ortsunabhängige Überwachung Ihrer Tiere
 - Wegfall von zeitraubenden Routinearbeiten wie Fieber messen oder visueller Brunstbeobachtung

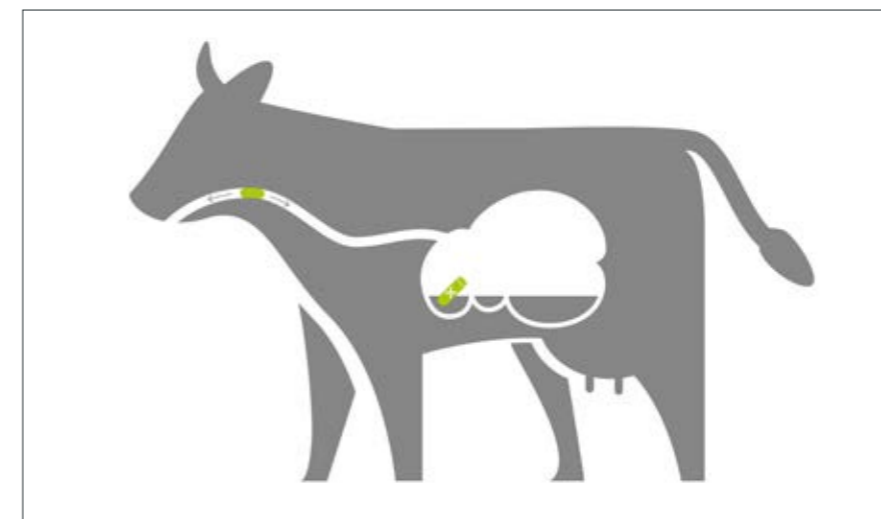


Abbildung 1: SmaXtec-Bolus, der in den Netzmagen einer Kuh eingegeben wurde
(© smaXtec)



Abbildung 2: smaXtec-Kurvendiagramm, das den Verlauf der erhobenen Parameter bei einer Kuh mit Milchfieber aufzeigt (grüne Linie: Wiederkautätigkeit; rote Linie: Bewegungsaktivität; blaue Linie: innere Körpertemperatur), Abkalbung war am 29.10.2020

Das Beispiel des smaXtec-Kurvendiagramms (Abb. 2), zeigt eine Kuh mit Milchfieber nach der Abkalbung, die am 29. Oktober erfolgte. Kurz darauf registrierte der smaXtec Bolus eine verminderte innere Körpertemperatur (blaue Kurve), auch das Trinkverhalten hat sich verändert (sichtbar an den starken, kurzfristigen Abfällen der blauen Linie). Besonders auffällig: Bereits vor der Abkalbung war die Wiederkautätigkeit (grüne Kurve) sehr niedrig und nahm danach weiter ab. Äußere Anzeichen wie verringerte Bewegungsaktivität (rote Kurve) waren hingegen erst rund 2 Tage später erkennbar. smaXtec misst aussagekräftige Gesundheitsindikatoren wie innere Körpertemperatur und Wiederkautätigkeit kontinuierlich, dadurch können Landwirte besonders früh Maßnahmen gegen Milchfieber ergreifen (z. B. Eingabe eines Kalziumbolus) und auch den Genesungsprozess genau verfolgen: Am 1. November befinden sich innere Körpertemperatur, Wiederkautätigkeit und Bewegungsaktivität der Kuh wieder im Normalbereich.

Brunst:

- Präzise Brunsterkennung (über 90 %) inkl. empfohlenem Besamungszeitpunkt
- Besserer Besamungserfolg, selbst bei Brünsten mit wenig äußeren Anzeichen

Abkalbung:

- Verlässliche und frühzeitige Erkennung von Abkalbungen
- Ausreichend Zeit für Vorbereitungen dank früher Benachrichtigung (durchschnittlich 15 h vor Abkalbung)

- Prävention von schwerwiegenden Komplikationen im kritischen geburtsnahen Zeitraum

5. Was passiert mit dem Bolus bei der Schlachtung der Tiere? Muss der Landwirt Bescheid sagen, dass das Tier einen Bolus in sich hat?

Bei der Schlachtung muss der Landwirt dem Schlachthof bekanntgeben, dass ein Sensor in den Magen der Kuh eingegeben wurde.

6. Ist der Bolus wiederverwendbar?

Wir raten aus Gründen der Biosicherheit davon ab, den smaXtec Bolus in einem anderen Tier wiederzuverwenden.

7. Wie lange ist die Lebensdauer eines Bolus?

Die Batteriebensdauer des smaXtec Classic Bolus SX.2 beträgt bis zu 4 Jahre. In dieser Zeit ist die Messung aller drei Parameter (Temperatur, Aktivität und Wiederkautätigkeit) gegeben. smaXtec-Kunden erhalten eine lebenslange Bolus-Garantie: lebt die Kuh länger als die Batteriebensdauer, erhält der Landwirt automatisch einen neuen Bolus, sodass eine durchgehende Gesundheitsüberwachung gewährleistet ist.

8. Wie groß und wie schwer ist ein Bolus?

105 x 35 mm (Länge x Durchmesser), ca. 210 Gramm.

9. Kann ich einem Tier ggf. einen 2. Bolus eingeben?

Unsere Erfahrung zeigt, dass die Eingabe mehrerer Boli das Tier nicht negativ beeinflusst. Dies wird auch durch die Erfahrung von renommierten tierärztlichen Instituten bestätigt, die unsere Boli schon seit Jahren verwenden.

10. Ist der Bolus für das Tier sicher? Gehen die Boli über die Jahre nicht kaputt und schädigen evtl. das Tier?

Für die Eingabe des Bolus ist ein Mindestgewicht von 300 kg zu beachten. Alle zur Herstellung des Bolus genutzten Materialien sind unbedenklich. Dies wird durch mehrere Testzentren bestätigt, beispielsweise durch einen Prüfbericht der anerkannten DLG (Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft). Der vollständige Report ist auf der Homepage abrufbar.*

11. Sind die erhobenen Daten sicher?

Wo werden diese gespeichert? Wem gehören die Daten?

Die empfangenen Sensordaten werden von der Base Station zur Verarbeitung und Auswertung an die smaXtec Cloud übertragen (Abb. 3), gehören aber weiterhin der Landwirtin oder dem Landwirt und werden von smaXtec nicht weitergegeben. Jeder smaXtec-Kunde kann selbst entscheiden, ob Herdenmanagement-Programme, Tierärzte oder Betriebsmitarbeiter auf die Daten zugreifen dürfen.

Auch bei Stromausfällen oder längeren Wegedängen gehen keine Daten verloren, denn der Sensor speichert die gewonnenen Daten



Abbildung 3: Die vom smaXtec Bolus erfassten Daten werden von der Base Station ausgelesen und an die smaXtec Cloud übertragen, wo sie ausgewertet und verarbeitet werden. Auf diese Weise erhalten die Landwirte wertvolle Informationen und können frühestmöglich handeln (@smaXtec)

bis zu 6 Tage lang intern. Sobald der Sensor in Reichweite ist, werden die Daten automatisch an das System übertragen.

12. Wie hat der Landwirt Zugriff auf seine Daten?

Der Landwirt kann jederzeit und von überall aus in der App und in der Web-Anwendung smaXtec Messenger auf seine Kuh- und Herdendaten zugreifen (Abb. 4). Im Dashboard des smaXtec Messenger werden alle Informationen zu Meldungen, der

Gesundheitsstatus sowie der Fruchtbarkeitsstatus der Tiere übersichtlich angezeigt, sodass der Landwirt rasch erkennt, welche Tiere erhöhte Aufmerksamkeit benötigen.

13. Ist eine Kopplung mit den Herdenmanageranbietern möglich? Wie funktioniert das?

smaXtec bietet Koppelungen zu vielen gängigen Herdenmanagementprogrammen wie LKV Bayern, LKV Schleswig-Holstein, LKV Austria, VAS, QSX oder Uniform Agri an



Abbildung 4: Die smaXtec App und der smaXtec Messenger versorgen Landwirtinnen und Landwirte mit präzisen Handlungsempfehlungen und erleichtern die Arbeitsprozesse auf dem Betrieb (@ smaXtec / Michael Ferlin-Fiedler)

und arbeitet laufend an der Integration weiterer Systeme.

So können Landwirte direkt im bestehenden Herdenmanagementprogramm auf die wertvollen Informationen von smaXtec zugreifen und Ihre Kühe durch die umfassende Kombination von Informationen noch besser verstehen.

Die Liste der Integrationen** ist ebenfalls auf der Homepage abrufbar. Wenn das Programm gelistet ist, kann der Landwirt beim Anbieter des jeweiligen Programms die Freischaltung des smaXtec-Moduls beantragen. Bei smaXtec entstehen keine zusätzlichen Kosten für die Koppelung.

14. Wo geht die Reise hin? Auf welche Neuigkeiten dürfen wir uns in der Zukunft freuen?

smaXtec verbessert laufend sein Gesundheitsmonitoring mit neuen Funktionen und der intelligenten Auswertung der Gesundheitsdaten. Grundlage dafür ist etwa der Einsatz von künstlicher Intelligenz, die bei der Datenauswertung unterstützt und die Gesundheitsmeldungen noch präziser macht. smaXtec arbeitet im intensiven Austausch mit Praktikern, Tierärzten und der Forschung daran, sein System in Zukunft noch besser an die Anforderungen und Bedürfnisse in der Milchviehwirtschaft anzupassen und unterstützt Landwirtinnen und Landwirte dabei, die Gesundheit ihrer Tiere und ihr Betriebsergebnis zu verbessern.

Ich bedanke mich recht herzlich bei Ihnen für das Interview

*https://support.smaxtec.com/wp-content/uploads/2021/01/DLG_Report_Bolus_DE.pdf

**<https://smaxtec.com/de/smaxtec-system/#integrationen>

Das gläserne Tier? Ethische Fragen zur Digitalisierung in der Nutztierhaltung.

Christian Dürnberger (Dr. phil.)

Messerli Forschungsinstitut
Abteilung Ethik der Mensch-Tier-Beziehung
Vetmeduni Vienna,
Medizinische Universität Wien,
Universität Wien, Österreich

1. Digitalisierung im Stall

Die Digitalisierung durchdringt nicht nur das menschliche Leben, sondern auch die Beziehung zwischen Mensch und Tier. Dies gilt besonders für die Nutztierhaltung. Technologien rund um das so genannte **Precision Livestock Farming** (PLF) sind dabei, die Art und Weise zu verändern, wie Tiere im landwirtschaftlichen Kontext gehalten und behandelt werden. Entsprechende Anwendungsbeispiele finden sich mittlerweile zahlreich: Autonome Komponenten oder komplett automatisierte Systeme wie Melkroboter, Spaltenreiniger oder Fütterungsautomaten halten Einzug in die Ställe. Darüber hinaus ermöglichen Kameras, Mikrofone oder Sensoren ein Tiermonitoring neuer Qualität. Um hierfür Beispiele zu nennen: Auf Basis von Bewegungs- und Beschleunigungssensoren können Abferkel bzw. Kalbprognosen erstellt werden (Oczak et al. 2020; Krieger et al. 2019). Auch die Wiederkaufbarkeit von Kühen wie die Dauer der Wiederkauperioden, die Häufigkeit der täglichen Wiederkauperioden, die Wiederkaufzeit je Bissen und die Kaugeschwindigkeit können dokumentiert und ausgewertet werden (Nydegger und Keller 2011). Die genannten Parameter sind relevant insofern sie in Zusammenhang mit Erkrankungen (z. B. Stoffwechsel- und Verdauungsproblemen) stehen sowie wertvolle Informationen über Brunst oder Abkalbung liefern können. Hoy (2015) zeigte beispielsweise, dass eine Kuh ca. vier Stunden vor der Geburt die Wiederkaufzeit reduziert und es zwei Stunden vor der Geburt erneut zu einem signifikanten Rückgang kommt. Reith et al. (2012) zeigten, dass am Tag der Brunst die Wiederkaufaktivität signifikant niedriger ist als drei Tage vor und drei Tage nach der

Brunst. Derartige Daten können damit die Entscheidungen des Tierhalters, der Tierhalterin bedeutsam verbessern, sei es mit Blick auf die Früherkennung von Krankheiten oder mit Blick auf Brunst und Abkalbung. Die hier nur exemplarisch ausgewählten Anwendungsbeispiele zeigen, was rund um PLF neu ist: Neu ist weniger der grundsätzliche Wunsch, über derartige Daten mehr über den Zustand des Tiers erfahren zu wollen, sondern, dass diese Daten via sensorgestützter Überwachung detailliert, tierindividuell und permanent erhoben werden können.

Die Nutztierhaltung erfährt also einen Innovationsschub rund um Digitalisierung und Vernetzung bestimmter Arbeitsprozesse. Damit einhergehend stellen sich neue ethische Fragen bzw. alte, moralisch relevante Fragen in neuem Licht. Im Folgenden soll keine ethische Beurteilung einzelner Anwendungen erfolgen, vielmehr sollen moralisch relevante Fragen, die sich im geschilderten Kontext stellen bzw. von denen zu erwarten ist, dass sie in einer entsprechenden gesellschaftlichen Debatte diskutiert werden, in aller Kürze erläutert werden. Es handelt sich dabei keineswegs um eine erschöpfende Darstellung.

2. Ethische Fragen in drei Dimensionen

Eine Technikfolgenabschätzung der zunehmenden Digitalisierung der Nutztierhaltung hat mindestens drei Dimensionen zu umfassen: Ethisch zu reflektieren sind die Auswirkungen dieser „Tools“ auf (1) die Tiere und (2) die involvierten Berufsfelder sowie grundsätzliche (3) sozioökonomische Aspekte. Auf allen drei Ebenen zeigen sich dabei Ambivalenzen, für die im Folgenden selektiv ausgewählte und kurz umrissene Beispiele gebracht werden.

2.1 Konsequenzen für Tiere

Eine ethische Diskussion der neuen Techniken hat ohne Zweifel nach den Auswirkungen auf die Tiere zu fragen. Hierbei kann zwischen Tiergesundheit und ergänzenden, weiterführenden Kriterien rund um Tierwohl (wie etwa die weitgehende Freiheit zum Ausleben „natürlicher“ Verhaltensmuster) unterschieden werden. PLF verspricht im Besonderen eine präzisere gesundheitliche Betreuung der Tiere. Die permanent,

teilweise tierindividuell erhobenen Daten schaffen eine Ausgangsbasis, die es erlauben, proaktiv und effizient die Tiergesundheit im Stall zu unterstützen. Zu warnen ist hier jedoch vor einer Art „Rebound-Effekt“, nämlich, dass sich der Tierhalter, die Tierhalterin alleine auf die Daten verlässt und die persönliche wie geschulte Tierbeobachtung zu stark reduziert. Diese Dynamik ist im Besonderen ob möglicher technischer Störungen riskant. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass eine gesellschaftliche Diskussion die Frage aufwirft, inwieweit hier ein Lebewesen noch stärker als bisher zur „bloßen Ressource“ degradiert wird, bei der ein Algorithmus darüber entscheidet, wann sich die Haltung nicht mehr lohnt, denn: Das „gläserne Tier“ kann beispielsweise nicht nur zu einer besseren gesundheitlichen Betreuung führen, sondern ebenso dazu, dass jegliche „Schwäche“ im Output noch früher bemerkt wird und das Tier damit noch schneller aus der Produktion ausgeschieden wird. Die Auswirkungen der „neuen Transparenz“ stehen demnach nicht fest, sondern sind gestaltungsabhängig.

Über Tiergesundheit und Tierwohl hinaus ist ein dritter Aspekt anzusprechen, der in einer gesellschaftlichen Debatte rund um PLF bedeutsam sein könnte: Es kann nämlich gefragt werden, inwieweit eine bestimmte Anwendung die „Würde“ des Tiers verletzt. Dieser Begriff sorgt zweifelsohne für Konfusion und Kontroverse (vgl. hierzu Kunzmann 2007). Obgleich der Terminus auch politisch-rechtlich relevant ist – so spricht etwa Artikel 1 des Schweizer Tierschutzgesetzes von der Würde des Tiers, die es zu schützen gilt – bleibt oft weitgehend unklar, was darunter zu verstehen sei. Im Vorliegenden wird er vom Begriff der Menschenwürde unterschieden, daher auch die Anführungszeichen. Warum findet er dennoch Verwendung bzw. warum ist es plausibel, dass dieser Begriff in einer entsprechenden gesellschaftlichen Debatte rund um PLF durchaus prominenten Raum einnimmt? Weil der Begriff Platzhalter für eine entscheidende moralische Intuition zu sein vermag, die viele Menschen teilen, und zwar, dass man Tiere „falsch“ behandeln kann, auch wenn Wohlergehen und Verhaltensfreiheit nicht leiden. Tierliche „Würde“ stellt die Frage nach einer „Schädigung, die vom Tier selbst

vielleicht nicht als etwas Negatives empfunden wird.“ (Rippe 2002). Damit ist klar, dass der „tierliche Würdebegriff“ weniger als absoluter Begriff (wie die Menschenwürde) verstanden wird denn im Sinne eines anthroporelationalen Ansatzes – mit der Gefahr, dass der Mensch letztlich Maßstab zur Beurteilung ist. Der „Würdebegriff“ artikuliert unter anderem, dass ein Pathozentrismus (die ethische Forderung, Tieren Leid und Schmerzen zu ersparen) oft nicht ausreicht, um moralische Überzeugungen hinsichtlich des adäquaten Umgangs mit einem Tier zu begründen (vgl. hierzu Kunzmann und Schmidt 2012) Folgendes simple Gedankenexperiment vermag dies eventuell zu verdeutlichen: Ein Tier, das zur Belustigung wie ein Clown geschminkt wird, erscheint vielen Menschen problematisch. Auch wenn hierbei das Tier nicht leidet und sein Verhaltensrepertoire nicht eingeschränkt wird, empfinden viele diese Handlung als unrichtig und demütigend, sei es, weil die Handlung gegen irgendeinen „telos“, eine „Würde“, eine „Dignität“ der Kreatur verstößt oder weil es uns Menschen schlicht „nicht gut zu Gesicht steht“, uns derart über Lebewesen lustig zu machen. „Würdeverletzungen“ im vorliegenden Sinne können demnach beispielsweise durch „Erniedrigung“ oder „übermäßige Instrumentalisierung“ vorliegen. Ein zusätzlicher Sensor am Tier, der dabei hilft, das Gesundheitsmanagement zu verbessern, scheint hier – so meine persönliche Einschätzung – weitgehend unproblematisch. Diese Einschätzung jedoch muss man erstens nicht teilen, und zweitens machen PLF-Tools etwas sichtbar, das immer schon stattfindet und von nicht wenigen Menschen grundsätzlich kritisiert wird: eine Effektivitätssteigerung der Nutzung von Tieren hinsichtlich menschlicher Zwecksetzung.

2.2 Konsequenzen für die involvierten Berufe

PLF wird die involvierten Berufsfelder, namentlich die Landwirtschaft wie die Veterinärmedizin, verändern. Blicken wir exemplarisch auf die Auswirkungen und offenen Fragen rund um Landwirtinnen und Landwirte. Die Techniken versprechen (nach einer hohen Erstinvestition) ein gesteigertes Einkommen. Darüber hinaus können die Tierhalter und Tierhalterinnen durch bestimmte neue Techniken von monotonen Routinetätigkeiten, anstrengender

Arbeit sowie Bürokratie entlastet werden. Durch die Digitalisierung könnte z. B. eine automatische Dokumentation bestimmter Prozesse erfolgen, anstatt dass der Landwirt, die Landwirtin dies noch selbstständig in einem zeitintensiven Arbeitsschritt „nach der eigentlichen Arbeit“ zu erledigen hat. Robotik und eine Betreuung via Bildschirm ermöglichen darüber hinaus eine Flexibilisierung der Arbeitszeiten und des Arbeitsortes – und damit insgesamt möglicherweise eine potentielle Attraktivierung des Berufs. Neben diesen Entlastungen bringt PLF jedoch ebenso neue Ansprüche und damit potentiell auch neue Belastungen mit sich. Beispielsweise stellt sich die Frage, inwieweit der ständig mögliche Zugriff auf relevante Daten dazu führt, nicht „mehr abschalten zu können“. Permanente Datenerhebung kann die Überzeugung forcieren, ständig in Echtzeit Entscheidungen treffen zu müssen. Langfristig ist zu vermuten, dass diese Entscheidungen automatisiert ablaufen; zumindest kurzfristig jedoch braucht der Landwirt, die Landwirtin – wie auch die Berufsangehörigen der Veterinärmedizin – die Kompetenz, die Daten zu interpretieren, um verschiedene Szenarien und Handlungsalternativen durchzuspielen und miteinander zu vergleichen sowie neue Muster und Zusammenhänge zu erkennen – und das alles, ohne dabei das Tier „hinter“ diesen Daten aus dem Blick zu verlieren. Daten sind demnach nicht gleichzusetzen mit relevanten Informationen; diese müssen aus einem größer werdenden Datenmeer erst gewonnen werden. Neben der angesprochenen „Entlastung“ treten also neue Ansprüche auf. Nicht zuletzt zeichnet sich ab, dass Fort- und Ausbildungen, um mit der technischen Entwicklung Schritt zu halten, noch notwendiger sein werden als bisher.

Wer relevante Daten erhebt, hat auch die Frage der Datenhoheit zu diskutieren: PLF erzeugt nicht nur Nahrungsmittel – sondern auch Daten. Wem aber gehören diese? Wer hat Zugriff auf sie und wer darf sie nutzen? Wann wird die Datensouveränität eines Betriebs verletzt? Und wie können die Daten adäquat geschützt werden? Technische Störungen sind dabei genauso ein Risiko wie etwaige „Hackerangriffe“. Schließlich darf ein weiterer Aspekt nicht ausgeblendet werden, der mit „Fairness“ oder „Chancengleichheit“ übertitelt werden kann: Inwieweit erfahren strukturschwache Gegenden durch die

Digitalisierung einen (weiteren) Nachteil? Der ländliche Raum braucht für eine „Nutztierhaltung 4.0“, die diesen Namen verdient, flächendeckend schnelles Internet. Dieses ist – Stand heute – alles andere als gleich verteilt.

2.3. Sozioökonomische Aspekte

Landwirtschaft findet schließlich in einem gesellschaftlichen Setting statt, und auch hier zeigen sich potentiell ambivalente Auswirkungen einer Digitalisierung der Nutztierhaltung. Verbraucherinnen und Verbraucher wünschen – vereinfacht gesagt – leistbare, sichere und schmackhafte Nahrungsmittel in ausreichender Menge. PLF hat das Potential, die Produktivität zu erhöhen, mehr noch: Es lässt sich die Hoffnung artikulieren, dass die durch Daten erhöhte Transparenz Vertrauen in die Nahrungsmittelproduktion generiert. Wenn beispielsweise empirisch nachvollziehbar gezeigt wird, dass Antibiotika tierindividuell und nur, wenn unbedingt notwendig, eingesetzt wird, könnte dies das Vertrauen in die Nutztierhaltung – sowie in ihre Produkte – steigern. Die Hoffnung lässt sich jedoch entscheidend abschwächen, denn auch der gegenteilige Effekt ist durchaus denkbar: Dass sich die Verbraucherinnen und Verbraucher nicht für die „best practice“-Beispiele interessieren, sondern die öffentliche Aufmerksamkeit nur dann auf die Tierhaltung fokussiert, wenn gültiges Recht gebrochen wird oder es zu einem „Skandal“ kommt. Die „gläserne Landwirtschaft“, über die jederzeit eine Unmenge an Daten einholbar sind, könnte demnach auch zu einem weiteren Vertrauensverlust führen.

Als Bürgerinnen und Bürger fordern viele Menschen noch mehr von der Landwirtschaft: Sie wollen nicht nur satt werden, sondern auch, dass zentrale Werte wie Klima-, Umwelt- und Tierschutz realisiert werden (Special Eurobarometer 2018). Die Bewerbung der „Landwirtschaft 4.0“ läuft bislang oft über Schlagwörter wie „Optimierung“ und „höhere Effizienz“ um „mehr Ertrag zu erwirtschaften“. Gesamtgesellschaftlich aber wird die Sinnhaftigkeit dieser Entwicklung wohl eher nicht unter diesen Begriffen diskutiert werden. Hier zeigt sich ein wesentlicher Unterschied zu den vorangegangenen Etappen: In den bisherigen „Revolutionen“ der Landwirtschaft ging es wesentlich und fast ausschließlich um die Erhöhung der Produktivität – diese

¹ Der Artikel stellt eine Überarbeitung und Weiterentwicklung folgender Publikation dar: Dürnberger, Christian (2018): Digitalisierung im Stall – Ethische Perspektiven auf einen Trend der Zukunft. Tierärztliche Umschau 73: 391–394

aber ist heute nicht mehr das alleinige Kriterium, an dem der Erfolg oder Misserfolg der Landwirtschaft gemessen wird.

Darüber hinaus wird Landwirtschaft von vielen Bürgerinnen und Bürger mit einer positiv besetzten „**Ursprünglichkeit**“ assoziiert, mit einer Lebens- und Arbeitsweise, wie sie einst war und eigentlich sein soll (vgl. hierzu *Dürnberger 2008*). Technik, Robotik und Innovation wie auch multinationale Konzerne, die die entsprechenden „**Tools**“ entwickeln, verkaufen und durch die Daten neue Geschäftsmodelle finden, widersprechen diesen gängigen Bilder- und Wunschwelten von einer „**technischen Idylle**“ und einem „**beschaulichen Leben in und mit der Natur**“. Es wird spannend sein, zu beobachten, wie beide Seiten – sowohl die Bürgerinnen und Bürger wie auch die Landwirtschaft – auf diese neue Situation reagieren werden: *Werden Bilder einer digitalisierten Landwirtschaft in das bislang weitgehend idyllische und technikferne Agrarmarketing einziehen? Und wie wird der Verbraucher, die Verbraucherin auf einen High-Tech-Betrieb reagieren, wenn dieser zwar seiner Vorstellung von bäuerlicher Beschaulichkeit widerspricht, dabei aber zeigen kann, dass er „Tierwohl“ oder „Klimaschutz“ eventuell besser umsetzen kann als mancher veralteter, beschauliche Hof?* In diesem Kontext ist auch die Dynamik des Strukturwandels nicht auszublenden: Viele Bürgerinnen und Bürger wünschen sich eine kleinstrukturierte Landwirtschaft. Der Einsatz entsprechender PLF-Tools wird den Strukturwandel jedoch nicht abschwächen, eher im Gegenteil. Die Erfahrung lehrt, dass als nützlich empfundene Technologien früher oder später zu massentauglichen Preisen angeboten werden, bis dahin aber vermögen größere Betriebe die kostenintensive Umstellung leichter zu stemmen. Damit sich die Umstellung rentiert, werden die Betriebe noch größer werden wollen. Die gesellschaftlich oftmals besonders erwünschte kleinstrukturierte Landwirtschaft wird demnach potentiell weiter verdrängt werden – zugleich soll dies nicht als zentrales Argument gegen PLF missverstanden werden, stellt sich doch seit geraumer Zeit der Eindruck ein, dass der landwirtschaftliche Strukturwandel ohnehin nicht aufzuhalten ist, außer, Gesellschaft und Politik brächten einen entsprechenden Willen auf.

3. Ausblick

Die heute absehbaren Techniken rund um PLF weisen demnach durchaus enorme Potentiale auf – und zwar auf allen drei genannten Ebenen. Im Besonderen vermögen entsprechende Anwendungen das gesundheitliche Wohlergehen des einzelnen Tiers durch individuelle, detaillierte wie permanente Betreuung und Kontrolle entscheidender Parameter zu verbessern. Und lapidar gesagt: Das ist alles andere als nichts, denn wenngleich in der gesellschaftlichen Debatte mehr und mehr über „**Tierwohl**“ diskutiert wird, ist Tiergesundheit nach wie vor nicht überall realisiert bzw. präziser: bleibt ein entscheidendes Ziel jeglicher Tierhaltung. Zugleich scheint der landwirtschaftliche Sektor gut damit beraten, sich trotz dieser immensen Potentiale eines effizienteren Gesundheitsmanagements anderen Fragen, die rund um die Digitalisierung auftreten, nicht zu verschließen; seien es Fragen rund um das Ausleben natürlicher Verhaltensmuster der Tiere, Strukturwandel, Landwirtschaft im Geflecht multinationaler Konzerne, Datensicherheit oder „**Idylle**“ vs. „**Robotik**“ in den prominenten Bilderwelten, mit denen Landwirtschaft assoziiert wird. Auch diese Fragen werden im Zuge von PLF diskutiert werden.

Gegen Ende sollen mit Ausblick auf eine gesellschaftliche Debatte rund um PLF zwei Thesen stark gemacht werden, die auf Basis der Analyse anderer landwirtschaftlicher Kontroversen erfolgen. (1) Es ist plausibel, dass PLF-Anwendungen in einem ähnlichen „**Framing**“ diskutiert werden wie die so genannte Grüne Gentechnik (vgl. hierzu *Dürnberger 2019*). Der Gentechnikprotest fokussiert nämlich nicht nur auf die Risiken bestimmter Technologien, sondern macht auch das spezifische Setting, in dem diese Techniken Verwendung finden, zum Thema. Es lässt sich eine assoziative Verbindung der Technik mit „**Kapitalismus**“ oder „**Großkonzernen**“ finden. Beispielhaft: Im Gentechnikprotest artikuliert sich ein grundsätzliches Unbehagen gegenüber Tendenzen und Auswirkungen, die einer kapitalistischen Wirtschaftsordnung zugesprochen werden. Die Rede ist etwa von Einflussnahme durch Unternehmen auf politische Prozesse, Marktkonzentrationen bis hin zu Monopolbildungen oder starken Abhängigkeitsverhältnissen bis zur wesentlichen Beschneidung persönlicher Autonomie. In der Rhetorik des Protestes wird Gentechnik als Sinnbild für eine Wirtschaftsweise

thematisiert, in der alles dem Profitstreben und der Gewinnmaximierung untergeordnet ist und in der Gesellschaft wie Natur eine zunehmende Ökonomisierung erfahren. In kurzen Worten: Gentechnik wird „als Symbol ungezügelter und profitorientierten Gestaltens auf Kosten von Natur und Gesellschaft gesehen.“ (Busch et al. 2002) Eine solch enge assoziative Verknüpfung von bestimmten Techniken und bestimmten Rahmenbedingungen muss nicht notwendigerweise der Realität entsprechen. Auf PLF bezogen: Ja, diese Techniken können von multinationalen Konzernen angeboten werden, die in der Folge den Markt beherrschen, zugleich sollte eine Technikbeurteilung immer beides berücksichtigen: Die Potentiale und Risiken der Technik selbst wie auch die Rahmenbedingungen. Umso entscheidender scheint es zu sein, dass gesellschaftlich gefragt wird: Welche PLF-Anwendungen sind gesellschaftlich gewünscht? Wenn hier weitgehend Klarheit besteht, können beispielsweise auch Universitäten entsprechende Tools entwickeln, die durchaus – erneut beispielhaft – der kleinstrukturierten Landwirtschaft Hilfestellungen geben.

(2) Thesenhaft könnte sich ein weiteres Merkmal der Debatte rund um die Pflanzenzüchtung in der Kontroverse rund um PLF wiederholen (vgl. *Dürnberger et al. 2020*): Befürworter und Befürworterinnen sehen – im Bereich Gentechnik oder Genome Editing – in den neuen Verfahren potenzielle Werkzeuge, um einen Beitrag dazu zu leisten, gesellschaftlich erwünschte Ziele innerhalb der gegenwärtigen Situation besser erreichen zu können. Kritiker und Kritikerinnen sehen in denselben Tools hingegen den Ausdruck einer „**Symptombehandlung**“ einer bestimmten Form der Landwirtschaft, die sie als Sackgasse empfinden; sie stellen daher die Grundsatzfrage nach einer völlig anderen Art der Nahrungsmittelproduktion. Auch diese Problematik, die danach drängt, die beiden Perspektiven miteinander ins Gespräch zu bringen, könnte sich mit Blick auf PLF wiederholen.

Ein allgemeines Fazit, wenngleich dies gar nicht die Ambition des vorliegenden Artikels war, fällt demnach notwendigerweise schwer. Eventuell werden die Debatten rund um PLF ein gesellschaftlicher Ort sein, an dem „**Ängste**“ und „**Hoffnungen**“ artikuliert werden, die Menschen grundsätzlich angesichts der Digitalisierung wie auch

der landwirtschaftlichen Dynamik haben. „**Alte**“ Fragen, die endlich gesamtgesellschaftlich breiter diskutiert werden müssten, werden jedenfalls durch diese technischen Entwicklungen erneut gestellt, allen voran: „**Welche Landwirtschaft wollen und können wir als Gesellschaft verantworten?**“ wie auch „**Welchen moralischen Umgang schulden wir Tieren?**“

Take Home Message

- Eine ethische Diskussion von PLF hat mindestens drei Dimensionen zu umfassen: Die Auswirkungen entsprechender Anwendungen auf (1) die Tiere und (2) die involvierten Berufsfelder sowie grundsätzliche (3) sozioökonomische Aspekte. Auf allen drei Ebenen zeigen sich Ambivalenzen.
- Es ist zu vermuten, dass die gesellschaftliche Debatte rund um PLF Parallelen zur Kontroverse rund um die Gentechnik aufweist, und zwar mindestens zweifach:

(1) Eine assoziative Verknüpfung von Anwendungen mit bestimmten Rahmenbedingungen (wie multinationalen Konzernen, Monopolisierung, etc.).

(2) Während Befürworter und Befürworterinnen in den neuen Verfahren potenzielle Werkzeuge erkennen, um gesellschaftlich erwünschte Ziele besser erreichen zu können, sehen Kritiker und Kritikerinnen in denselben Tools den Ausdruck einer „**Symptombehandlung**“ einer bestimmten Form der Landwirtschaft, die sie als Sackgasse empfinden.

Referenzen

Busch RJ, Haniel A, Knoepfner N, Wenzel G (2002). Grüne Gentechnik. Ein Bewertungsmodell. *Herbert Utz Verlag*, München.

Dürnberger C (2008). Der Mythos der Ursprünglichkeit – Landwirtschaftliche Idylle und ihre Rolle in der öffentlichen Wahrnehmung, in: *TTN Forum* 19. Utz Verlag, München. 45-52.

Dürnberger C (2019). Natur als Widerspruch. Die Mensch-Natur-Beziehung in der Kontroverse um die Grüne Gentechnik. Reihe: *TTN Studien – Schriften aus dem Institut Technik-Theologie-Naturwissenschaften*, Bd. 8 Baden-Baden, Nomos, pp. 289. ISBN: 978-3-8487-5718-3.

Dürnberger C, Kallhoff A, Grimm H (2020). Getrennt durch die Zukunft? Österreichische Stakeholder(innen) beurteilen „**Neue Pflanzenzüchtungsverfahren**“. *GAIA* 2020; 29: 115-122.

Hoy S (2015). Use of automatically measured rumination for heat detection, health monitoring and prognosis of calving. *Tierärztliche Umschau* 70 (1-2), 3-13.

Krieger S, Oczak M, Lidauer L, et al. (2019). An ear-attached accelerometer as an on-farm device to predict the onset of calving in dairy cows. *Biosystems Engineering* 184: 190-199.

Kunzmann P (2007). Die Würde des Tieres – zwischen Leerformel und Prinzip. *Verlag Karl Alber*.

Kunzmann P, Schmidt K (2012). Philosophische Tierethik. In: Grimm, Herwig; Otterstedt, Carola (Hg.): *Das Tier an sich. Disziplinenübergreifende Perspektiven für neue Wege im wissenschaftsbasierten Tierschutz*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen. 37-60.

Nydegger F, Keller M (2011). Wiederkäuser für Milchkuhe: automatisches Erfassen der Kau- und Fressaktivität zur Gesundheitsüberwachung. *Tänikon, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART*.

Oczak M, Maschat K, Baumgartner J (2020). Dynamics of Sows' Activity Housed in Farrowing Pens with Possibility of Temporary Crating might Indicate the Time When Sows Should be Confined in a Crate before the Onset of Farrowing. *Animals* 10.1: 6.

Reith S, Fengels I, Hoy S (2012). Untersuchungen zur Brunsterkennung bei Kühen mit der automatisch gemessenen Wiederkauaktivität. *Züchtungskunde* 84 (4), 281-292.

Rippe KP (2002). Schadet es Kühen, Tiermehl zu fressen? In: M. Liechti (Hrsg.): *Die Würde des Tieres*. Erlangen. Harald Fischer Verlag. 233-242.

Special Eurobarometer (2018). Special Eurobarometer 473. Europeans, Agriculture and the CAP. Online: https://data.europa.eu/euodp/data/dataset/S2161_88_4_473_ENG

Virtuelle Zaunsysteme – Hightech in der Weidewirtschaft

Joanna Stachowicz (Dr.)¹,
Patricia Fuchs¹,
Christina Umstätter (Prof. Dr.)^{1,2}

¹Agroscope, FB Wettbewerbsfähigkeit und Systembewertung, Tänikon 1, CH-8356 Ettenhausen, Schweiz

²Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 47, D-38116 Braunschweig, Deutschland

Der Einsatz von Zäunen ist in Europa und vielen anderen Ländern der Welt ein Grundbestandteil der heutigen Weidewirtschaft. Doch das war nicht immer so. Die ersten Formen der produktiven Tierhaltung bestanden in der nomadischen Weidewirtschaft, einer sehr dynamischen und flexiblen Form der Grünlandbewirtschaftung. Später wurden dann zunehmend Zäune eingesetzt, die die Flexibilität einschränkten. Erst der elektrische Zaun änderte dies wieder etwas, da er eine einfachere Vernetzung gestattet. Durch das Voranschreiten der Digitalisierung zeichnet sich im Bereich

, der Einzäunung eine neue Lösung ab, die wieder eine flexiblere Anpassung ermöglicht. Dieser nächste Technologieschritt ist der sogenannte virtuelle Zaun. Hierbei wird eine Infrastruktur bereitgestellt, um Weideflächen ohne eine physische Barriere abzugrenzen. Seit 50 Jahren werden bereits Systeme entwickelt und patentiert. Das älteste Patent wurde 1971 eingetragen und beschreibt den sogenannten Invisible Fence, der heute meist in den Gärten von Hunde- und Katzenbesitzern zu finden ist, aber auch in geringem Umfang bei Kühen eingesetzt wird. Dieses System basiert auf einem Induktionskabel mit einem elektromagnetischen Feld geringer Leistung, das die Weidefläche umgibt. Die jüngste Entwicklung führt zu den GPS-basierten virtuellen Zaunsystemen, die seit wenigen Jahren auch für Kühe, Schafe und Ziegen kommerziell erhältlich sind. Soweit uns bekannt ist, gibt es derzeit drei GPS-basierte virtuelle Zaunsysteme für Rinder zu kaufen, den «eShepherd™» von Agersens (Melbourne, Australien), «Vence» des gleichnamigen Herstellers (San Diego, Kalifornien) sowie «Nofence Grazing Technology» der Firma Nofence AS (Batnfjordsøra, Norwegen).

Virtuelle Zäunen am Beispiel Nofence Grazing Technology für Rinder

Funktionsweise

Das virtuelle Zaunsystem von Nofence besteht aus einem Halsband mit integriertem GPS, das durch die Kopplung mit einer Smartphone App eine Tierortung ermöglicht (siehe Abbildung 1 und 2). Für die Anwendung des Systems wird zunächst eine virtuelle Weidefläche per App festgelegt. Angrenzend an die Weidefläche befinden sich drei hintereinanderliegende Randzonen, die jeweils eine Tiefe von ca. 3 m aufweisen. Da sich die Randzonen ausserhalb der eingezäunten Weidefläche befinden, muss für diese kein zusätzlicher Weidebereich bereitgestellt werden. Sobald ein Tier mit aktiviertem Halsband die erste Randzone betritt, ertönt ein akustisches Signal als Warnung. Das Audiosignal besteht aus einer ansteigenden Tonskala, die in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Tieres zwischen 5 und 20 Sekunden innerhalb der ersten Randzone ausgesendet wird. Durch das akustische Warnsignal ist die Wirkung des virtuellen Zaunes für das Tier vorhersehbar und somit vergleichbar mit der optischen Warnung durch einen Elektrozaun. Überschreitet ein Tier die zuvor festgelegte virtuelle Grenze und gelangt zum Ende der ersten Randzone, wird ein elektrischer Impuls über das Halsband abgegeben. Setzt das Tier seinen Weg dennoch fort, wiederholt sich die Abfolge von akustischem und elektrischem Impuls in den zwei darauffolgenden Zonen. Nach Überschreitung aller drei Randzonen werden die Warnsignale und elektrischen Impulse des GPS-Halsbandes automatisch deaktiviert und der Landwirt per Mobiltelefon benachrichtigt. Dieser kann nach der Systemdeaktivierung wiederum Angaben zur Halsband-ID und somit zum Standort der Kuh per App abrufen. Kehrt das Tier zur Weidefläche zurück, erfolgt die Reaktivierung des Systems.

Vorzüge und Anwendungsmöglichkeiten

Der Vorteil eines virtuellen Zauns besteht in seinem grossen Potential das Weidemanagement wieder flexibler zu gestalten, ohne dass der Arbeitszeitbedarf signifikant ansteigt. Ein virtueller Zaun kann in kürzester Zeit automatisch verlegt werden und so neue und sehr flexible Methoden der Grünlandbewirtschaftung ermöglichen. Besonders geeignet ist er für marginale oder



Abbildung 3: Grasende Kuh (links) und Kuh von der Seite (rechts) jeweils mit einem Halsband des Virtuellen Zaunsystems von Nofence (Nofence Grazing Technology, Firma Nofence AS, Batnfjordsøra, Norwegen) (Foto: Patricia Fuchs, Agroscope)

schwer erreichbare Standorte und grosse Flächen, da dort der Bau von Zäunen besonders kostspielig und arbeitsintensiv ist. Auch im Hinblick für den Schutz von Wild- und Nutzieren können virtuelle Zäune entscheidende Vorteile bieten. Ein virtuelles Zaunsystem weist keine Barriere auf, so dass Wildtiere ihre Lebensräume uneingeschränkt passieren können. Hierdurch lassen sich Unfälle verhindern, Verletzungen vorbeugen und Fallwild vermeiden. Besonders für gefährdete Arten, wie das Auerhuhn, könnten sich virtuelle Zäune positiv auf die Population auswirken. Auch für Weidetiere kann das Verletzungsrisiko durch einen virtuellen Zaun reduziert werden. Insbesondere in Gefahrensituationen, zu denen zunehmend auch extreme Wetterereignisse (z. B. Überschwemmungen, Brände, Schlammlawinen) zählen werden, ermöglicht ein virtueller Zaun den Tieren eine ungehinderte Flucht. Darüber hinaus weisen virtuelle Zaunsysteme eine erheblich geringere Impulsenergie auf (Bsp. Nofence: 0,2 Joule) als konventionelle Elektrozaune, die mit bis zu 5 Joule (Zaunlast von 500 Ohm) betrieben werden dürfen. Zudem kann beim virtuellen Zaun der elektrische Impuls kontrolliert an Körperstellen eingesetzt werden, die weniger schmerzempfindlich sind. Bei konventionellen Elektrozaunen hingegen findet der erste Kontakt häufig durch einen Stromimpuls in der besonders empfindlichen Maul-Nasen-Region statt.

Herausforderungen und Bedenken

Der Einzug virtueller Zäune bringt nicht nur Vorteile, sondern auch neue Herausforderungen mit sich. Für eine einwandfreie Funktionsfähigkeit muss die Positionsbestimmung

der Tiere präzise erfolgen. Eine ungenaue Positionsbestimmung kann einen negativen Einfluss auf den Lernerfolg der Tiere haben, und möglicherweise dazu führen, dass die Tiere selbst innerhalb der vorgegebenen Weidefläche Stromimpulse erhalten könnten. Um das zu umgehen, muss bei der Festlegung der Weidegrenzen das Terrain entsprechend genau ausgewählt werden, da besonders Gebäude, hohe Bäume oder steile Hänge zu einer Beeinträchtigung der Signalübertragung führen können. Zusätzlich sollte beim Nofence-System eine Mobilfunkabdeckung mit einem Standard von aktuell 2 G berücksichtigt werden.

Eine weitere grosse Herausforderung stellt die Energieversorgung der GPS-Halsbänder dar. Diese erfolgt manuell über austauschbare Akkus, die über zwei fest eingebaute Solarpanels am Halsband zusätzlich mit Energie versorgt werden. Die Akkulaufzeit hängt stark von der Qualität der Mobilfunkabdeckung bzw. Signalübertragung sowie von der Frequenz der Positionsupdates der Tiere ab. Letztere erfolgt häufiger, je höher die Aktivität des Tieres und je kleiner der Abstand zwischen Tier und virtueller Zaungrenze ist. Das bedeutet, dass die Energieversorgung durch das Aufladen der Akkus in variablen Abständen, sichergestellt werden muss.

Des Weiteren werden Strategien hinsichtlich einer adäquaten Beschilderung von virtuell eingezäunten Weidegebieten benötigt. Besonders in Wandergebieten müssen Personen auf das Betreten der Weide und somit den potentiellen Kontakt mit den Kühen und bei Kleinwiederkäuern mit Herdenschutz hunden aufmerksam gemacht werden.

Darüber hinaus gibt es tierschutzrechtlichen Bedenken ein elektrisches Halsband einzusetzen. Ein wichtiger Aspekt ist der Stress, den die Tiere bei der Anwendung eines virtuellen Zauns erfahren könnten. Dieser hängt stark von der Fähigkeit sowie der Geschwindigkeit der Tiere ab das virtuelle Zaunsystem zu erlernen und somit die elektronischen Stimuli vermeiden zu können. Folglich sind virtuelle Zaunsysteme bisher nicht in allen Ländern zugelassen.

Aktueller Wissenstand

Erste Untersuchungen zu virtuellen Zäunen an Milchkühen in Australien ergaben,

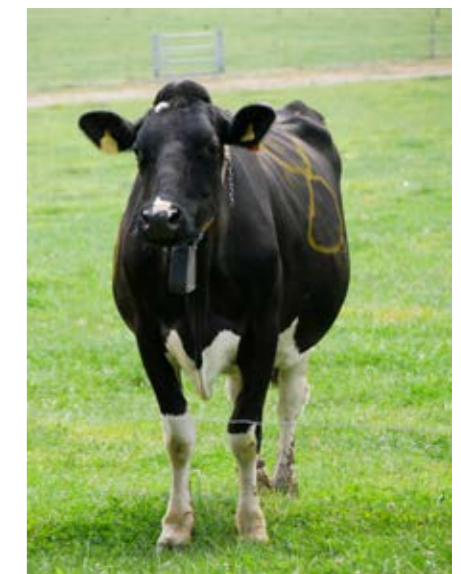


Abbildung 4: Kuh von vorne mit einem Halsband des Virtuellen Zaunsystems von Nofence (Nofence Grazing Technology, Firma Nofence AS, Batnfjordsøra, Norwegen) (Foto: Patricia Fuchs, Agroscope).



Abbildung 1: Halsband des Virtuellen Zaunsystems von Nofence (Nofence Grazing Technology, Firma Nofence AS, Batnfjordsøra, Norwegen) mit integriertem GPS. Auf der Unterseite (in Grün) befindet sich der austauschbare Akku. Über die Kette werden die elektrischen Impulse abgegeben (Foto: Joanna Stachowicz, Agroscope).



Abbildung 2: Smartphone App des Virtuellen Zaunsystems von Nofence (Nofence Grazing Technology, Firma Nofence AS, Batnfjordsøra, Norwegen). Über die Smartphone App wird die virtuelle Zaungrenze festgelegt und die Tierüberwachung gewährleistet (Foto: Patricia Fuchs, Agroscope).

dass die Tiere das Konzept eines virtuellen Zauns erlernen und in dem virtuell eingezäunten Bereich verbleiben (Langworthy et al. 2021). Zudem konnte gezeigt werden, dass das Wohlbefinden der Kühe im Vergleich zu einem Elektrozaun nicht beeinträchtigt wird (Verdon et al. 2021). Der Wissensstand über virtuelle Zaunsysteme befindet sich allerdings noch am Anfang. In den bisher veröffentlichten Studien fand kein aktives Anlernen der Kühe statt. Somit bleibt die Frage, ob das Erlernen eines virtuellen Zaunsystems zu Beginn durch den gleichzeitigen Einsatz von visuellen Signalen, wie z.B. einem Markierungsband am Boden oder einen aufgestellten Zaun, erleichtert werden kann. Auch die Praktikabilität eines solchen Anlernens ist noch ungewiss, denn insbesondere nach längeren Stallhaltungsphasen, wie z.B. der Winterfütterungsperiode, könnte ein wiederholtes Anlernen nötig und dadurch weniger praktikabel sein. Zudem fehlen Studien über die Langzeitauswirkungen von virtuellen Zäunen auf das Tierwohl. Schlussendlich muss ebenfalls geklärt werden, ob und welche virtuellen Zaunsysteme sich z.B. für verschiedene Rassen, Altersklassen, Weidesysteme und Regionen eignen.

Derzeit sind einige Forschungsinstitutionen damit beschäftigt, die neue Technologie zu untersuchen. Das Kompetenzzentrum des Bundes für landwirtschaftliche Forschung Agroscope plant in diesem Jahr einen Versuch, der einige dieser Themen genauer untersucht. Die Schweiz ist eines der Länder, in denen virtuelle Zäune derzeit nicht zugelassen sind.

Fazit

Virtuelle Zäune sind ein interessanter technologischer Ansatz, um das Weidemanagement zu optimieren und insbesondere den Schutz von Wildtieren (z. B. Auerhuhn) und die Biodiversität zu fördern. Vor allem in der Berglandwirtschaft, wie sie in der D-A-CH Region vorkommt, können virtuelle Zäune die Landwirtschaft unterstützen und damit unsere Kulturlandschaft erhalten. Es bleibt abzuwarten, wie sich virtuelle Zäune in der Praxis bewähren, und ob sich die Tierschutzbedenken langfristig ausräumen lassen. Erste Forschungsergebnisse aus der Literatur zu virtuellen Zäunen fallen positiv aus. Agroscope wird dieses Jahr ebenfalls einen Versuch zum Thema Lernerfolg und Wohlbefinden von Kühen im Kontext virtueller Zäune durchführen.

Literatur

Verdon M, Langworthy A, Rawnsley R (2021). Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle. II: Effects on cow welfare and behavior. *Journal of Dairy Science* 104: 7084–7094. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19797>

Langworthy A, Verdon M, Freeman M, Corkrey R, Hills J, Rawnsley R (2021). Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle I: Technology efficacy and pasture utilization. *Journal of Dairy Science* 104: 7071-7083. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19796>

Vorstellung eines IGN-Mitglieds



Ass. Prof. Dr. med. vet.;
Johannes Baumgartner, Dipl. ECAWBM (AWSEL)

Veterinärmedizinische Universität Wien,
Department für Nutztiere und
öffentliches Gesundheitswesen
in der Veterinärmedizin,
Institut für Tierschutzwissenschaften
und Tierhaltung,
Veterinärplatz 1, 1210 Wien

johannes.baumgartner@vetmeduni.ac.at

Was brachte Sie zu Ihrem Fachgebiet?

Als ich sechs Jahre alt war, habe ich beschlossen, Tierarzt zu werden. Im Verlauf des Studiums verlor ich etwas den Glauben an die Sinnhaftigkeit dieses Unterfangens, weil mich insbesondere die irritierende Nutztierpraxis und der damals vermittelte, überwiegend symptomatische und medikamentenbezogene Lösungsansatz nicht überzeugen konnte. Zur Nutztierethologie führten mich eine Reihe von Zufällen und günstigen Umständen. Dieser Fachbereich war damals noch so riesig und nahezu unbeackert, dass man auch mit meinen begrenzten Fähigkeiten das Richtige für die Nutztiere tun konnte. Mit dem Schwein bin ich durch eine Art von Verwandtschaft eng verbunden.

Wer war Ihr/e wichtigste/r Mentor/in und warum?

Unterstützt wurde meine frühe Entscheidung für die Veterinärmedizin durch die Fernsehserie „Daktari“, insbesondere die sympathische Tochter hatte es mir angetan. Später faszinierte mich die Arbeit von Konrad Lorenz. Wissenschaftlich ausgebildet haben mich mein Doktorvater Prof. Hofecker und Veronika Heizmann. Und dann sind da natürlich Sepp Toxler und die Täniker Kolleg*innen, die in den 80er Jahren eine neue Zeitrechnung in der angewandten Nutztierethologie eingeleitet haben. Die Arbeit von Mike Mendl hat mir eine neue Dimension in der Nutztierverhaltensforschung eröffnet. Erwachsen werden im wissenschaftlichen und angewandten Tierschutz durfte ich beim Freiland-Verband und den „Kritischen Tiermediziner*innen“. Dort wurde mir auch die politische Dimension meines Auftrages voll bewußt. Aber die größte Triebfeder war und ist das Bedürfnis, die Not von leidenden Tieren zu lindern.

Welches war Ihr bisher prägendstes Erlebnis für Ihre Arbeit?

Es gibt nicht das eine Ereignis, die Dinge fügen sich Steinchen für Steinchen zu einem erkennbaren Mosaik zusammen. Zentral ist dabei das Wissen um die Biologie und das Wesen der Tiere, deren Lebensfreude, das Wilde und Unberechenbare, die Anpassungsfähigkeit, die Emotionalität und Leidenschaft, der unbändige Überlebenswille. Es ist herzerfrischend, eine Familiengruppe von Ferkeln beim Gruppenspiel zu beobachten. Es wichtig zu wissen, dass eine Zuchtsau dich töten kann und es ist schwer, ein moribundes Ferkel zu euthanasieren. Es ist motivierend, eine tiergerechte Haltungsumwelt gestalten zu können. Und nicht zuletzt ist es befriedigend, bei Studierenden das Interesse und Engagement für all diese Aspekte wecken zu dürfen.

Welchen Rat würden Sie einem/r jungen Kollegin geben?

In den oft mit moralischen Fragen verknüpften Tierschutzwissenschaften ist es nicht gerade einfach, die richtige Balance zwischen dem Engagement im Sinne einer Verbesserung des Tierschutzes und der in der wissenschaftlichen Arbeit notwendigen Distanz zum Untersuchungsgegenstand zu bewahren. Gerade am Beginn einer Karriere ist oft der Wunsch Vater des

Gedankens. Das kann den Blick auf die wesentlichen Fragen und Antworten verstellen und die Qualität der wissenschaftlichen Aussage beeinträchtigen. Objektivität und Neutralität gegenüber dem Untersuchungsgegenstand müssen auch in der Tierschutzforschung gewahrt bleiben.

Woraus beziehen Sie die Motivation für Ihre Arbeit?

Der wesentliche Antrieb resultiert aus meiner wohl angeborenen starken Verbundenheit mit Tieren. Sie ist die Grundlage für meinen Beobachtungs- und Wissensdrang im Zusammenhang mit Lebewesen. Und daraus entsteht im Nutztierbereich fast zwingend der Wunsch bzw. die Verpflichtung, an der Verbesserung der teilweise unhaltbaren Zustände zu arbeiten, Leiden zu verhindern und ein lebenswertes Leben von Tieren zu ermöglichen. Und auch erleben zu dürfen, dass dieses Bemühen das ein oder andere Mal von Erfolg gekrönt ist und bei den Tieren ankommt, betrachte ich als großes, ureigenes tierärztliches Privileg.

Was war Ihr bisher wichtigster Beitrag in Ihrem Fachgebiet?

Das müssen andere beurteilen. Ich persönlich bin der Ansicht, dass wir mit unseren – weltweit ersten – Arbeiten über den Zustand von Falltieren ein neues Fenster in der Tierschutzdebatte geöffnet haben. Dass so unglaublich viele der für Lebensmittelgewinnung bestimmten Tiere in den Tierbeseitigungsanlagen enden müssen, und dass ein erheblicher Anteil davon grauhaft verenden musste, hat mir gezeigt, dass der Nutztiersektor einschließlich der Veterinärmedizin sich mit dieser Problematik intensiv beschäftigen muß. Da lief etwas krass aus dem Ruder. Die hier zu Tage tretenden Missstände erfordern, neben der verbesserten Prophylaxe, ein Rückbesinnen auf das aus dem Fokus geratene hilfsbedürftige Einzeltier. Zudem bedarf es geeigneter Konzepte für das zeit- und fachgerechte Nottöten. Ich brauche nicht zu betonen, dass ich mir als Tierarzt einen anderen Beitrag zum Diskurs gewünscht hätte. Ich hatte aber auch das große Glück, meine Energie für den Aufbau und die Etablierung des wissenschaftsbasierten Nutztierschutzes in Österreich einsetzen zu dürfen. Im Team von Sepp Troxler durften wir diesbezüglich das 21. Jahrhundert einläuten, was auch in meinen aktuellen Arbeiten über die Digitalisierung gut zum Ausdruck kommt.

Impressum

Informationsbroschüre der IGN e.V. über aktuelle
Ergebnisse aus der Forschung zum Wohlbefinden der Tiere.

Redaktion

PD Dr. Elke Rauch
E-mail: Rauch@lmu.de

Herausgeber

Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN)

Geschäftsstelle

Veterinärwissenschaftliches Department
Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde,
Tierhygiene und Tierhaltung
Tierärztliche Fakultät
Ludwig-Maximilians-Universität München
Veterinärstr. 13/Gebäude R
D-80539 München

Telefon +49 (0) 89 2180 78300

Telefax +49 (0) 89 2180 78333

© Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN),
München, Deutschland
Alle Rechte vorbehalten
Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung
des Herausgebers

Internetadresse: www.ign-nutztierhaltung.ch



ISBN 978-3-9525478-1-6



9 783952 547816 >