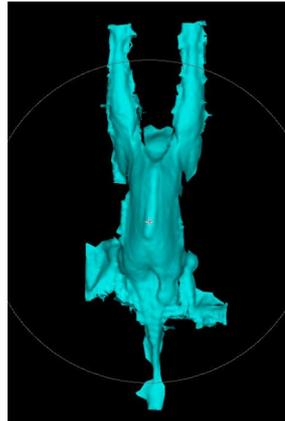


## Schlussbericht

### Automatisierte Erfassung von Tierwohlindikatoren bei Geflügel: Automatisierte Erfassung von Haut- und Brustbeinschäden bei Legehennen am Schlachthof

#### Früherkennung von Kannibalismus bei Puten im Bestand



#### Zuwendungsempfänger

Fachgebiet Nutztierethologie und Tierhaltung  
Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften  
Universität Kassel  
Nordbahnhofstr. 1a  
37213 Witzenhausen  
Tel.: 05542 98-1647, Fax: 05542 98-1646  
uknierim@uni-kassel.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Programm zur Innovationsförderung

#### Laufzeit des Vorhabens

19. April 2017 bis 18. Dezember 2019

#### Förderkennzeichen

2817903615

#### Autorinnen

Dr. Lisa Jung, M.Sc. Jennifer Gonzalez, Prof. Dr. Ute Knierim

#### Kooperationspartner

CLK GmbH; Fachgebiet Agrartechnik, Universität Kassel; Barnstorfer Geflügelschlachtere  
Menge GmbH

#### Weitere Projektpartner

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Hochschule Osnabrück, Ludwig-Maximilian-  
Universität München, Donautal Geflügelspezialitäten, Lohmann & Co AG, Heidemark GmbH

Witzenhausen, 17.06.2020

## I Kurze Darstellung

### I.1 Aufgabenstellung

Ziel der Forschungsteilprojekte war es, neue Messsysteme zur automatisierten bildgestützten Erfassung der Tierwohlindikatoren ‚Brustbein- und Hautstatus‘ am Schlachthof (AP 1.2/1.3) sowie automatisierte Systeme zur Früherkennung von Kannibalismus im Bestand bei Puten (AP 2.5) zu entwickeln. Damit soll das Potential einer besseren Standardisierung und objektivierten Befunderhebung sowie einer zeiteffizienten Datenerhebung weiter erschlossen werden, um routinemäßige Tierwohlbeurteilungen am Schlachthof und im Geflügelbetrieb verstärkt einsetzen zu können.

Dies umfasste im Einzelnen:

1. Entwicklung und Überprüfung eines Bewertungsschemas für die Erfassung von Brustbein- und Hautstatus einschließlich der Überprüfung der Beurteilerübereinstimmung (AP 1.2/1.3);
2. Vergleich der palpatorisch und adspektorisch erfassten Brustbeinschäden mit den tatsächlich am Knochen vorhandenen Schäden (AP 1.2);
3. Vergleich der Prävalenzen von Brustbein- und Hautschäden an der Schlachtkette mit denen an der Lebendannahme und im Betrieb (AP 1.2/1.3);
4. Validierung der von CLK entwickelten Kamerasysteme (AP 1.2/1.3) und Algorithmen (AP 1.3) an der Schlachtkette durch Vergleich der automatischen und visuellen (durch trainierte Person) Beurteilung von Kamerabildern sowie von erfassten Prävalenzen durch Beurteilerin und Kamera (AP 1.3);
5. Ermittlung benötigter Stichprobengrößen für die repräsentative visuelle Erfassung von Brustbeinschäden für den Fall, dass das automatische System ausfällt (AP 1.2)

sowie (bezüglich AP 2.5)

6. Entwicklung eines Systems zur Erfassung von Pickaktivität im Putenmaststall;
7. Validierung und Optimierung des Systems;
8. Entwicklung eines Systems zur bildgestützten Erfassung der allgemeinen Aktivität (Optical Flow) im Putenmaststall;
9. Validierung der Optical Flow-Berechnung;
10. Überprüfung möglicher Zusammenhänge zwischen Änderungen der Aktivität und dem Auftreten von Kannibalismus.

## **I.2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Die Teilprojekte wurden in zum Teil enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern<sup>1</sup> des Gesamtprojektes durchgeführt (siehe Kap. I.5). In fünf Gesamtprojekttreffen und weiteren Projekttreffen mit einzelnen Projektpartnern wurden die Arbeitsschritte untereinander abgestimmt und Projektergebnisse gemeinsam diskutiert.

## **I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens**

Die Teilprojekte 1.2 und 1.3 wurden im Wesentlichen entsprechend dem Arbeitsprogramm durchgeführt. Teilweise Verzögerungen im Zeitplan gefährdeten nicht das Erreichen der gesetzten Arbeitsziele in der Gesamtprojektlaufzeit. Im Teilprojekt 2.5 war die Technikentwicklung komplexer und der Arbeitsbedarf hierfür wesentlich umfangreicher als erwartet, so dass deutlich vom Arbeitsplan abgewichen werden musste. So wurden die Arbeiten nur auf zwei Betrieben durchgeführt, da die alleinige Technikentwicklung den Hauptteil der Projektlaufzeit benötigte. Ein Frühwarnsystem und folglich Empfehlungen zur Anwendung (Meilenstein 4) konnten noch nicht entwickelt werden, aber die Technik ist weitgehend validiert und für die kontinuierliche Erfassung von Aktivität/Pickaktivität einsetzbar, wobei das Pickaktivitäts-Erfassungssystem noch nicht voll automatisiert ist.

Folgende Arbeitsschritte wurden in den Arbeitspaketen 1.2/1.3 im Einzelnen durchgeführt:

- Akquise von Praxisbetrieben sowie Festlegung und Überprüfung der Bewertungssysteme; dazu wurden 28 Beobachterabgleiche zu Brustbein- und Hautschäden an insgesamt 2963 Hennen durchgeführt und mittels des PABAK (prevalence adjusted bias adjusted kappa) bewertet (Meilenstein 1).
- Visuelle Beurteilung und fotografische Dokumentation von 128 Brustbeinen im Schlachtkörper, Mazeration der Knochen und erneute Beurteilung und Vergleich zwischen visuell erfassten Schäden am Schlachtkörper, Fotografie und Knochen (Meilenstein 2).
- Erfassung der Prävalenzen von Brustbein- und Hautschäden in 20 Herden anhand von jeweils 100 bis 360 Hennen im Betrieb kurz vor der Ausstallung, an der Lebendannahme und Schlachtkette (Meilenstein 2).
- Zeitgleiche und fortlaufende Prüfung verschiedener Kameras und Algorithmen durch visuelle und automatisierte Bewertung von mehr als 2000 Hennen verschiedener Schlachtpartien und Genetiken (Meilensteine 2, 3 und 4).
- Erstellung von Empfehlungen zur Anwendung des Systems (Handlungsempfehlung und Merkblätter); Publikationen sind in Vorbereitung (Meilenstein 5)

Im Arbeitspaket 2.5:

---

<sup>1</sup> Im Interesse einer besseren Lesbarkeit soll die gewählte männliche Form im Bericht jedes Geschlecht gleichberechtigt einschließen

- Akquise des Versuchsguts Ruthe der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover als Betrieb mit praxisnahen Bedingungen, der umfangreiche Arbeiten im Stall zur Entwicklung der Systeme tolerierte und durch zuverlässige Datendokumentation unterstützte; Installation der Kamerasysteme und vier erster Prototypen der Pickobjekte (mit Beschleunigungssensor) an verschiedenen Positionen im Stall; Durchführung von Beobachterabgleichen, Abstimmung der Datendokumentation mit dem Tierbetreuer (Meilenstein 1).
- Durchführung von 14 Bonitierungen bezüglich Hautverletzungen in vier Mastdurchgängen; Aufzeichnung der allgemeinen Aktivität in drei Mastdurchgängen; Prüfung der Prototypen der Pickobjekte (mit Beschleunigungssensor) in zwei Mastdurchgängen; Ersatz der als ungeeignet befundenen Beschleunigungssensoren durch Mikrofone, Entwicklung eines Convolutional Neural Network (CNN) in MATLAB 2018b (MathWorks®), Optimierung und Validierung in zwei weiteren Mastdurchgängen; Test des Pickaktivitäts-Erfassungssystems auf einem Praxisbetrieb (Meilenstein 2 und 3).
- Berechnung, Validierung und Optimierung der Aktivitätsindizes (Optical Flow) (Meilenstein 3).
- Publikation der Ergebnisse zu Validierung und Entwicklung der Pickaktivitäts-Erfassungssysteme; weitere Publikationen sind in Bearbeitung (Meilenstein 5).

Abweichend vom ursprünglichen Projektplan, in dem zwei Gesamtprojekttreffen und drei Workshops zum Wissenstransfer in die Praxis angesetzt waren, wurden (entsprechend der gestellten und bewilligten Änderungsanträge) drei Gesamtprojekttreffen (am 26.06.2017, 25.05.2018, 25.06.2019 in Hannover) und zwei Workshops durchgeführt. In den Workshops am 13.02.2019 in Hannover und 21.11.2019 in Kassel wurden die Ergebnisse aller Arbeitspakete zusammengeführt und mit Teilnehmern vor allem aus der Praxis und Wissenschaft diskutiert.

## **I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

### **I.4.1 Arbeitspakete 1.2 und 1.3: Brustbein- und Hautschäden am Schlachthof bei Legehennen**

Als zwei der größten Tierwohlprobleme in der Legehennenhaltung gelten Brustbeinschäden und Kannibalismus. Brustbeinschäden können in Deformationen und Frakturen unterschieden werden und finden sich in 100% der Herden in allen Haltungssystemen, bei allen Genetiken mit Prävalenzen zwischen 3%-97% betroffener Hennen/Herde (Richards et al. 2012; Heerkens et al. 2016; Rufener et al. 2018; Jung et al. 2019). Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass Frakturen des Brustbeins mit teilweise sogar chronischen Schmerzen einhergehen (Nasr et al. 2012b, 2013), die Mobilität einschränken (Nasr et al. 2012a; Richards et al. 2012; Casey-Trott & Widowski 2016) und zu einem Rückgang der Legeleistung führen können (Rufener et al. 2018). Eine zuverlässige, wie-

derholbare Bewertung von Brustbeinschäden zwischen verschiedenen Beurteilern ist anspruchsvoll und bedarf intensiven Trainings (Petrik et al. 2013; Casey-Trott et al. 2015); außerdem ist sie zeitintensiv. Daher wäre eine automatisierte, bildgestützte Erfassung von großem Wert. Für die Installation eines solchen Systems bietet sich der Schlachthof an, weil hier letztlich (zumindest in Deutschland), alle Legehennen passieren.

Hautverletzungen wurden ebenfalls in bis zu 100% der Herden gefunden (Freytag et al. 2016). In einer Untersuchung von 47 Voliersystemen wiesen etwa 10% der überwiegend schnabelgekürzten Hennen (94%) Pickverletzungen auf (Anonym 2012). Seit 2017 wird auf das Kürzen der Schnäbel bei Legehennen in Deutschland verzichtet, so dass sich das Risiko für Verletzungen und Todesfälle durch Kannibalismus erhöht. Ein regelmäßiges Monitoring der Verletzungsprävalenzen kann dem Halter helfen, die Wirkung von Präventionsmaßnahmen einzuschätzen, auch wenn sie nicht die Beurteilung von Tieren im Stall zur Früherkennung ersetzen kann.

Im Gegensatz zum Mastgeflügel werden bei Legehennen bisher noch keine automatisierten, bildgebenden Erfassungssysteme am Schlachthof eingesetzt. Dem Projekt vorangegangene Untersuchungen bzw. bestehende Verfahren zur automatisierten Erfassung von Brustbein- und Hautschäden bei Legehennen sind der Arbeitsgruppe nicht bekannt.

#### **I.4.2   Arbeitspaket 2.5: Früherkennung von Kannibalismus im Bestand bei Puten**

Auch in der Mastputenhaltung ist Kannibalismus eines der größten Tierwohlprobleme (Dalton et al. 2013) und kann zu wirtschaftlichen Verlusten durch Tod der betroffenen Tiere führen (Berk et al. 2013). Als präventive Maßnahme wird in der Regel das Schnabelkürzen eingesetzt. Das Schnabelkürzen ist eine, im Hinblick auf den Tierschutz, stark kritisierte Praxis. Es ist schmerzhaft für das Tier und kann zu einer Veränderung des Pickverhaltens führen (Kulke et al. 2016, Fiedler 2006). Es wird daher diskutiert, auf das Schnabelkürzen in Deutschland zu verzichten (NMELV 2011; BMEL 2015), was aber zu einer erhöhten Zahl von verletzten oder toten Tieren führen kann (Berk et al., 2017; Krautwald-Junghans, 2011). Eine frühzeitige Erkennung eines drohenden Kannibalismusausbruchs könnte die Landwirte darin unterstützen, rechtzeitig Gegenmaßnahmen einzuleiten und somit einen Ausbruch zu verhindern oder abzuschwächen.

Studien zum Pickverhalten und zur allgemeinen Aktivität von Mastputen wurden hauptsächlich durch direkte Beobachtung und unter experimentellen Bedingungen durchgeführt (z.B. Bircher und Schlup 1991a, b; Hughes und Grigor 1996; Sherwin und Kelland 1998). Mögliche Zusammenhänge zum Kannibalismusgeschehen auf Herdenebene wurden bislang nicht untersucht. Busayi et al. (2006) verwendeten ein Peckometer, um die Pickaktivität (Picken und Ziehen) von Puten individuell zu erfassen. Dieser Ansatz erscheint allerdings nicht geeignet, Picken kontinuierlich unter Praxisbedingungen aufzuzeichnen, was zum Erkennen von Veränderungen in der Pickaktivität notwendig

wäre. Bezüglich der allgemeinen Aktivität (Optical Flow Analyse) wurden bei Broilern Zusammenhänge mit Gangbeeinträchtigungen und Erkrankungen nachgewiesen (Literaturübersicht: Ben Sassi et al. 2016). Lee et al. (2011) untersuchte den Zusammenhang von Aktivität und Gefiederschäden bei Legehennen. Es war ihnen möglich, Gefiederschäden in höheren Lebenswochen vorauszusagen und Herden mit hohen Prävalenzen an Gefiederschäden zu identifizieren.

Dem Projekt vorangegangene Untersuchungen bzw. bestehende Verfahren zur automatisierten kontinuierlichen Erfassung von allgemeiner Aktivität und Pickaktivität bei Mastputen zur Früherkennung von Kannibalismus sind der Arbeitsgruppe nicht bekannt. Bisher gibt es noch kein marktfähiges automatisiertes Frühwarnsystem für Kannibalismus bei Mastputen.

### **I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die Arbeiten wurden als Teil eines Verbundprojektes in Kooperation mit der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (Koordination), Hochschule Osnabrück, Ludwig-Maximilian-Universität München, Geflügelschlachtereie Menge GmbH und Firma CLK GmbH (CLK) sowie den Firmen „Donautal Geflügelspezialitäten, Lohmann & Co AG“ und „Heidemark GmbH“ durchgeführt. Eine enge Zusammenarbeit erfolgte mit der Firma CLK, da diese die technische Arbeit leistete, die Kamerasysteme zur Verfügung stellte und während der Praxistests technisch begleitete sowie die Algorithmen erstellte und optimierte. Eine Ausnahme war die Entwicklung der akustikgestützten Pickaktivitätserkennung einschließlich des Convolutional Neural Network (CNN), die gemeinsam mit Herrn Dr. Abozar Nasirahmadi, Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel, durchgeführt wurde. Ein weiterer wichtiger Projektpartner war die Geflügelschlachtereie Menge GmbH, die die benötigten Arbeitsschritte, wie das Bewerten von Einzeltieren, die Bewertung bestimmter Herden an der Lebendannahme, das Installieren und Warten der Kamera, in jeder Hinsicht unterstützt hat. Ähnliches gilt für das Versuchsgut Ruthe der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover für die Erhebungen im Putenmaststall. An Beurteilerabgleichen bei den Legehennen waren Dr. Helen Louton und Dr. Angelika Schwarzer von der Ludwig-Maximilian-Universität München, an Beurteilerabgleichen bei den Mastputen war Dr. Jenny Stracke von der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover beteiligt. Die Erarbeitung der Handlungsempfehlungen und Merkblätter zur Schulung der Anwender erfolgte in enger Abstimmung mit der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover und der Ludwig-Maximilian-Universität München.

## **II Eingehende Darstellung**

### **II.1 Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele**

#### **II.1.1 Arbeitspaket 1.2: Brustbeinschäden am Schlachthof bei Legehennen**

##### **II.1.1.1 Überprüfung der Zuverlässigkeit der Bewertungen**

Nach Sichtung verschiedener publizierter Beurteilungsschemata für Brustbeinschäden wurde zunächst das Schema des KTBL-Praxisleitfadens für Tierschutzindikatoren bei Geflügel (Knierim et al. 2016) als Ausgangspunkt gewählt. Dieses wurde auf drei Noten erweitert und im Laufe der umfangreichen Erprobung optimiert. So zeigte sich, dass Schäden am Ende des Brustbeins durch Palpation nicht zuverlässig und adspektorisch gar nicht zu erfassen sind. Daher wurde die Brustbeinspitze bei der Palpation am lebenden Tier separat erfasst und bei der Adspektion nicht mit einbezogen. Das Bewertungsschema ist in Tabelle 1 (Anhang) dargestellt. Da bei Anwendung einer zweistufigen Benotung des Brustbeins höhere Beurteilerübereinstimmungen erreichbar waren (Anhang, Tab. 2), aber vor allem, weil mit Hilfe der Kamera nur schwer zwischen drei Noten differenziert werden konnte und die Unterscheidung bezüglich des Tierwohls nicht gewinnbringend ist, wurde entschieden, für die Bewertung am Schlachtkörper Note 1 und 2 zusammenzuführen.

Die in 14 Beurteilerabgleichen erreichten PABAK-Werte für eine zweistufige Benotung an insgesamt 2273 Schlachtkörpern aus über 15 Schlachtpartien mit drei verschiedenen Genetiken zeigten gute (PABAK >0,60) bis sehr gute (PABAK >0,80) Übereinstimmungen an (Anhang, Tab. 2). Die PABAK-Werte von 14 Abgleichen bezüglich 690 lebender Hennen dreier Genetiken hingen sehr stark von der Erfahrung der Beurteiler ab und waren zum Teil nicht ausreichend (PABAK <0,41; Anhang, Tab. 2), wobei die Übereinstimmung trainierter Beurteiler zwischen 0,57 und 0,90 und damit immer im akzeptablen bis sehr guten Bereich lag.

Der tierindividuelle Abgleich zwischen Beurteilungen der Schlachtkörper, von Fotos und Knochen (Abb. 1) machte deutlich, dass die tatsächlich vorhandenen Schäden, die am mazerierten Knochen festzustellen waren, am Schlachtkörper und nochmals am Foto des Schlachtkörpers unterbewertet wurden (Tab. 3).

Für die Erfassung der durch Fang, Transport und Wartezeit entstandenen Schäden wurden die Prävalenzen von Haut- und Brustbeinschäden in 20 Herden am Tag der Ausstellung oder, in zwei Fällen, einen Tag zuvor an einer Stichprobe von 360 Hennen erhoben. Abweichend hiervon wurden auf Betrieb 1 nur 100 Hennen bonitiert, die mit Fußringen markiert wurden, um eine individuelle Nachverfolgung zu ermöglichen, was sich allerdings am Schlachthof als nicht praxistauglich erwies. Bei weiteren acht Betrieben konnten aufgrund nervöser Herden, oder weil die Ausstellung abgeschlossen war, nur zwischen 180 und 335 Hennen bewertet werden (Anhang, Tab. 4).



Abbildung 1 Schlachtkörper und sezierter Brustbeinknochen-Knochen einer LSL Henne von ventral

Tabelle 3: Übereinstimmung der Beurteilung von Brustbeinschäden bei Legehennen zwischen der Bewertung des Schlachtkörpers und dem sezierten Knochen sowie der Bewertung eines Fotos des Schlachtkörpers und dem sezierten Knochen (n=128) durch eine trainierte Beurteilerin

		Knochen			Übereinstimmung:	
		Note				
Schlachtkörper	Note	0	1	2	73 von 128 = 57%	
		0	23	27		3
		1	5	42		10
		2	0	5		13

		Knochen			Übereinstimmung:	
		Note				
Foto	Note	0	1	2	78 von 128 = 61%	
		0	17	23		2
		1	10	42		10
		2	1	9		14

		Knochen		Übereinstimmung:	
		Note			
Schlachtkörper	Note	0	1	93 von 128 = 73%	
		0	23		30
		1	5		70

		Knochen		Übereinstimmung:	
		Note			
Foto	Note	0	1	92 von 128 = 72%	
		0	17		25
		1	11		75

Die auf den Betrieben gewonnenen Daten bestätigen zunächst das große Ausmaß des Problems der Brustbeinschäden, da in fast allen Herden mehr als 50% der Hennen von Frakturen und/oder Deformationen des Brustbeins betroffen waren (Abb. 2).

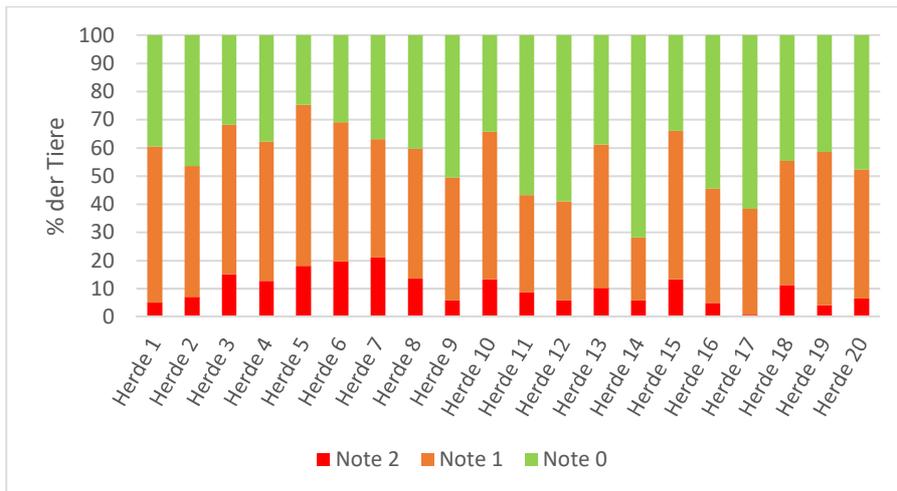


Abbildung 2 Prävalenzen von Brustbeinschäden auf dem Betrieb unterschieden nach Schweregraden mit den Noten 1 und 2 (intaktes Brustbein = 0), n ist in Tab. 4 angegeben

Bei acht Herden wurden an der Lebendannahme bei mehr Tieren Schäden festgestellt als auf dem Betrieb, die Abweichungen lagen zwischen 1,6 und 12,0 Prozentpunkten (Abb. 3). Da Deformationen und Kallusauflagerungen in der kurzen Zeitspanne zwischen der Erhebung auf dem Betrieb und an der Lebendannahme nicht entstehen können und Dislokationen nur vereinzelt festzustellen waren, ist davon auszugehen, dass Abweichungen der geringeren Stichprobengröße an der Lebendannahme geschuldet sind, die zu einer ungenaueren Schätzung führte. Bei allen Herden wurden an der Schlachtkette weniger Schäden verzeichnet als auf dem Betrieb. Die Differenz lag zwischen 3,0 und 26,5 Prozentpunkten. Es ist nachvollziehbar, dass bei der Erhebung von Brustbeinschäden an der Schlachtkette eine Unterschätzung der Schäden stattfinden kann, da kleine Kallusauflagerungen am Schlachtkörper nicht zu sehen sind. Soweit im Zweifelsfall eine Unterschätzung erfolgt, würde dies bei Rückmeldungen an die Betriebe bedeuten, dass unbefriedigende Ergebnisse von den Landwirten sehr ernst genommen werden sollten.

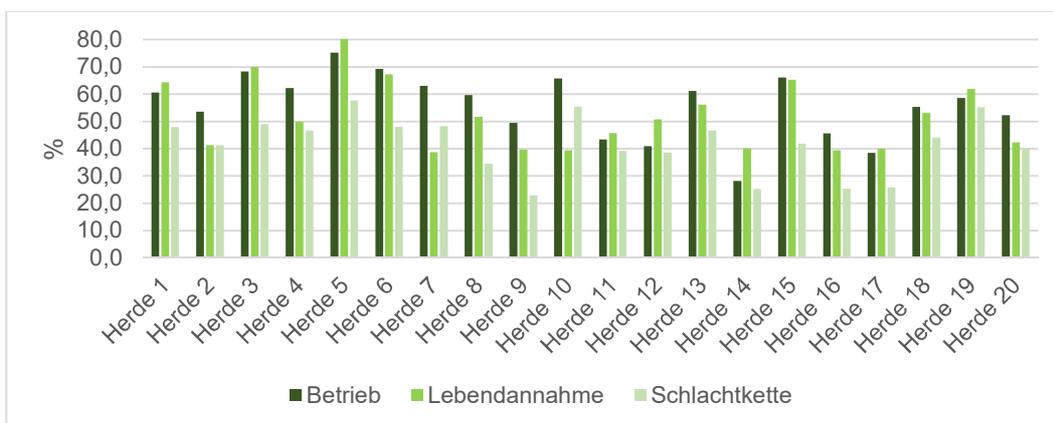


Abbildung 3 Prävalenzen von Brustbeinschäden (bei 0/1-Beurteilung) bei Legehennen, erhoben in 20 Herden auf dem Betrieb (n, s. Tab. 4), an der Lebendannahme (n=31-356) und an der Schlachtkette (n=48-631)

### II.1.1.2 Validierung des entwickelten Kamerasystems und Optimierung der Algorithmen

Das nach Prüfung verschiedener Technik ausgewählte Erfassungssystem besteht aus einer Ensenso-Stereokamera in Kombination mit einer IDS-Farbkamera (5MP). Die Stereokamera umfasst zwei Monochrom-Kameras mit einer Auflösung von 1280x1024 Pixeln und je einem 8-mm-Objektiv, bei einem Arbeitsbereich von 480-1000 mm. Die Kameras sind in einem Edelstahlgehäuse der Schutzklasse IP69 untergebracht. An der Schlachtkette wird die Bildaufnahme durch eine Infrarot-Lichtschanke ausgelöst. Am Fokuspunkt, der bei dieser Kamera 650 mm beträgt, wird die Z-Genauigkeit auf 0,715 mm eingestellt. Die 3D-Rekonstruktion wird aufgrund der hohen Bandgeschwindigkeit auf einer NVidia Geforce GTX 1080 TI-Grafikkarte durchgeführt. Der Auswerterechner ist zusätzlich mit einem Intel i7-6700-Prozessor und 8 GB RAM ausgestattet. Der Algorithmus für die 3D-Rekonstruktion wurde vom Kamerahersteller zur Verfügung gestellt und kann hinsichtlich verschiedener Parameter eingestellt werden. Für die Auswertung der 3D-Daten wird die Bildverarbeitungsbibliothek Halcon der Firma MVTec verwendet. Die Entwicklung des Bewertungsalgorithmus erfolgte in folgenden Stufen:

**Lernphase:** Aus mehr als 12 Schlachtpartien wurden 2287 Hennen unterschiedlicher Genetiken mit unterschiedlichen Schweregraden von Brustbeinschäden nach dem Rupfer aus- und in ein selbstgebautes Gerüst eingehängt. Die Brustbeinschäden wurden durch eine Person bewertet und mit dem Kamerasystem aufgezeichnet. Diese Daten wurden zur Entwicklung der Algorithmen verwendet. Sodann wurde das automatisierte System an der Schlachtlinie installiert, und die Prävalenzen von fünf Herden wurden von der Beurteilerin und durch das Kamerasystem durch Beurteilung der passierenden Schlachtkörper erfasst (Anhang, Tab. 5). Daraufhin erfolgte eine erste Optimierung.

**Bewertung der Optimierung 1:** Die Qualitätsmerkmale Sensitivität, Spezifität, Genauigkeit und Präzision (Anhang, Tab. 6) wurden einmal anhand von 189 und ein weiteres Mal von 60 individuell markierten und zufällig entnommenen Schlachtkörpern ermittelt (Tab. 7 und 8, Nr. 1 und 2). Die ‚visuelle Beurteilung‘ durch eine trainierte Person wurde dabei als Silberstandard für die Bewertungen durch das automatisierte System herangezogen. Außerdem wurden die Schadensprävalenzen in sechs Schlachtpartien visuell und automatisiert erhoben und verglichen, mit visueller Doppelbewertung einer Partie anhand unterschiedlicher Schlachtkörper (Anhang, Tab. 5). Daraufhin erfolgte eine zweite Optimierung.

**Bewertung der Optimierung 2:** Erneut wurden die Qualitätsmerkmale anhand von 93 und nochmals 79 individuell markierten Schlachtkörpern ermittelt (Tab. 7 und 8, Nr. 3 bis 5), sowie die Prävalenz von vier Schlachtpartien mit Doppelbewertung einer Partie durch einen Beurteiler und das automatisierte System bewertet (Anhang, Tab. 5).

Tabelle 7: Anzahl richtig positiver, falsch positiver, richtig negativer und falsch negativer Brustbein-Bewertungen bei Legehennen durch die automatisierte Erfassung in vier Partien; Referenz ist die Beurteilung durch eine trainierte Person

Nr	Richtig positive	Falsch positive	Richtig negative	Falsch negative	n
1	32	26	50	81	189
2	9	3	28	20	60
3	15	8	41	29	93
4	23	5	34	17	79
5 <sup>1</sup>	38	9	30	2	79

<sup>1</sup> Beurteilung derselben Schlachtkörper wie in 4, aber mit optimiertem Algorithmus

Tabelle 8 Ermittlung der Qualitätsmerkmale für die automatisierte Erfassung von Brustbeinschäden bei Legehennen bei vier Partien; Referenz ist die Beurteilung durch eine trainierte Person

Nr	Sensitivität	Spezifität	Genauigkeit	Präzision	Prävalenz	Wahre Prävalenz	n
1	0,28	0,66	0,43	0,55	16,9	28,6	189
2	0,31	0,90	0,62	0,75	20,0	48,3	60
3	0,34	0,84	0,60	0,65	23,7	44,1	93
4	0,58	0,87	0,72	0,82	35,4	50,6	79
5 <sup>1</sup>	0,95	0,77	0,86	0,81	38,3	50,6	79

<sup>1</sup> Beurteilung derselben Schlachtkörper wie in 4, aber mit optimiertem Algorithmus

Nach Probeinsatz im regulären Schlachtbetrieb ist der Prototyp zur automatischen Erfassung von Brustbeinschäden bei Legehennen an der Schlachtkette nun einsatzbereit. Als Informationsmaterialien für zukünftige Anwender wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern eine „Handlungsempfehlung für die automatische Erfassung von Brustbeinschäden bei Legehennen am Schlachthof“ erstellt sowie Merkblätter zu notwendigen Stichprobengrößen, Durchführung von Beurteilerabgleichen und zu Gütekriterien erarbeitet. Darüber hinaus wurden technische Informationen in ein Handbuch zusammengefasst. Diese Unterlagen sind langfristig in digitaler Form verfügbar (als pdf-Dateien zum Download auf <http://www.uni-kassel.de/go/autowohl>).

### II.1.2 Arbeitspaket 1.3: Hautschäden am Schlachthof bei Legehennen

Nach Sichtung publizierter Bewertungsschemata für Hautschäden wurde als Ausgangspunkt das Schema des KTBL-Praxisleitfadens für Tierschutzindikatoren bei Geflügel (Knierim et al. 2016) gewählt, wobei die Schäden an Rücken und Kloake/Legebauch separat erfasst wurden, um später unterscheiden zu können, inwieweit bestimmte Regionen während Fang, Transport und Wartezeit einen Zuwachs an Verletzungen verzeichneten. Das Bewertungsschema ist in Tabelle 9 (Anhang) dargestellt.

Die Beurteilungen der insgesamt 229 Schlachtkörper aus drei Schlachtpartien der Genetiken Lohmann Braun und Lohmann Selected Leghorn Schlachtkörper in drei Beurteilerabgleichen stimmten gut bis sehr gut überein (Anhang, Tab. 10), während die Übereinstimmungen in sieben Abgleichen an 410 lebenden Hennen der Genetiken Lohmann Braun, Lohmann Selected Leghorn und Domäne Silber/Gold stark von der Erfahrung der Beurteiler abhing und akzeptabel bis sehr gut waren (Anhang, Tab. 10). Bei erfahrenen Beurteilern lag sie bei einem PABAK von 0,75 bis 1. Im Mittel lagen die PABAK Werte bei lebenden Tieren bei 0,82 bei Schlachtkörpern bei 0,84.

Hautschäden im Betrieb, an der Lebendannahme und an der Schlachtkette wurden an denselben Tieren, an denen Brustbeinschäden erhoben worden waren, erfasst (Anhang, Tab. 4). An der Schlachtkette konnte die Kloakenregion aufgrund der Position der Schlachtkörper nicht beurteilt werden. Hautverletzungen kamen in sehr unterschiedlichem Maß in den Herden vor (Anhang, 4 und 5). Prävalenzen unter Einbeziehung beider erfasster Körperregionen (Rücken und Kloake/Legebauch) lagen zwischen 0% (eine Herde) und 52,6%, im Mittel bei 12,2%. Verletzungen nur am Rücken traten bei im Mittel 15,2% (0-52,6%; Anhang, Abb. 4), an Kloake/Legebauch bei 9,2% (0-40,6%; Anhang, Abb. 5) auf.

Bei neun Herden wurden an der Lebendannahme bei mehr Tieren Hautverletzungen am Rücken festgestellt als auf dem Betrieb, die Abweichungen lagen zwischen 0,6 und 26,8 Prozentpunkten (Anhang, Abb. 6). Zugleich stieg häufig der Schweregrad der Verletzungen: Während auf dem Betrieb 2,5% aller Tiere von Verletzungen der Note 2 betroffen waren, stieg der Anteil auf 4,8% an der Lebendannahme. Bei sieben Herden wurden an der Lebendannahme bei mehr Tieren Hautverletzungen an Kloake/Legebauch festgestellt als auf dem Betrieb, die Abweichungen lagen zwischen 0,5 und 17,1 Prozentpunkten (Anhang, Abb. 7). Auch hier stieg außerdem der Verletzungsgrad häufig: Während auf dem Betrieb 6,6% aller Tiere von Verletzungen der Note 2 betroffen waren, stieg der Anteil auf 8,1% an der Lebendannahme. Herden, die keine Verletzungen an Kloake/Legebauch auf dem Betrieb hatten, wiesen auch an der Lebendannahme keine Verletzungen auf (Anhang, Abb. 7). Bei Verletzungen am Rücken war die steigende Anzahl Verletzungen zwischen Betrieb und Lebendannahme bei Herden auffällig, die bereits auf dem Betrieb viele Schäden hatten (Anhang, Abb.6). Alle Herden mit relativ hohen Anteilen an Hautschäden waren schlecht befiedert, so dass die Haut während Transport und Wartezeit besonders exponiert war. Die Ergebnisse zeigen, dass während Transport und Wartezeit die Anzahl der Verletzungen bei Herden, die vorher schon betroffen waren, stark ansteigen und eine Beurteilung an der Lebendannahme oder der Schlachtkette keine direkten Rückschlüsse auf die Prävalenzen auf dem Betrieb zulassen.

Die Entwicklung eines Prototyps zur automatischen Erfassung von Hautschäden bei Legehennen an der Schlachtkette wurde nach einer Testphase eingestellt, da eine automatische Erfassung unter den Praxisbedingungen an der Schlachtkette nur am Rücken möglich war. Die Hennen hängen

dort zu hoch, um eine Beurteilung der Kloakenregion zu ermöglichen. Hinzu kam eine sehr schlechte Detektierbarkeit von Hautschäden nach dem Brühen sowie die oben dargestellten möglichen weiteren Ursachen für Verletzungen während Fang und Transport. Insofern sehen wir eine automatische Erfassung von Hautschäden bei Legehennen am Schlachthof als nicht zielführend an.

### II.1.3 Arbeitspaket 2.5: Früherkennung von Kannibalismus im Bestand bei Puten

Der überwiegende Teil der Entwicklungsarbeit wurde im Rahmen von insgesamt vier Mastdurchgängen im Putenmaststall des Lehr- und Forschungsbetriebs der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover in Ruthe durchgeführt. Die jeweils 2170 eingestellten weiblichen Puten (B.U.T. Big 6) mit intakten Schnäbeln wurden während der Aufzucht und Mast im selben Stall vom Typ Louisiana untergebracht, der mit natürlichen und Zwangslüftungssystemen ausgestattet war. Der Stall wurde täglich von 7:00 bis 22:00 Uhr mit Tageslicht und nach Bedarf mit weißem Fluoreszenzlicht beleuchtet. Teilweise wurde mittels Curtains abgedunkelt. Nach 7 Tagen wurden die Kükenringe geöffnet und die Küken hatten uneingeschränkten, kontinuierlichen Zugang zum gesamten Stall.

#### II.1.3.1 Erfassung von Änderungen der allgemeinen Aktivität

Zur allgemeinen Aktivitätserfassung auf einer Stallfläche von 320 m<sup>2</sup> wurden 4 Farbkameras mit entsprechender Aufnahme- und Anzeigesoftware eingesetzt (Abb. 8, Bildauflösung 10 MP, weitere technische Details siehe Anhang, Tabelle 11). Etwa Zweidrittel des gesamten Stalls wurden abgedeckt; nicht erfasst wurden das Krankenabteil, der Eingangsbereich und Kaltscharrraum. Die standardmäßige Aufnahme- und Anzeigerate lag bei 4 Bildern pro 2 Sekunden über einen Zeitraum von 13 Stunden (07:00-20:00). Neben der Bildspeicherung wurden die automatisch errechneten Aktivitätsindizes je Kamera in einer ‚Motion-Datei‘ im CSV-Format und mit einem Zeitstempel abgelegt.

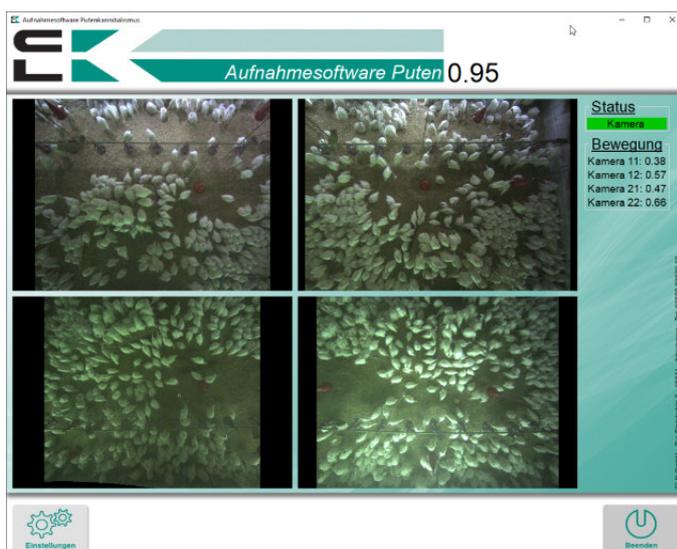


Abbildung 8: Benutzeroberfläche der Aufnahmesoftware

Der erste Mastdurchgang wurde für die Optimierung der Software benötigt, um Probleme mit wiederholtem eigenständigem Ausschalten und der Speicherung der enormen Datenmengen zu lösen. In den folgenden drei Mastdurchgängen konnten kontinuierlich Aktivitätsindizes erfasst werden. Anhand der Dokumentation der Zeiten und Arten der Betreuungsaktivitäten im Stall durch das Stallpersonal konnten bestimmte Tageszeiten ausgewählt werden, in denen in Folge der Tätigkeiten (Tierkontrolle, Einstreuen von Stroh etc.) eine erhöhte Aktivität bei den Tieren zu erwarten war. Nachdem eine erste optische Prüfung der Aktivitätsindizes an einer Stichprobe von 3 Tagen diese Zusammenhänge bestätigte, wurden zunächst die Aktivitätsindizes optimiert, indem die sich mit zunehmendem Alter verändernden Größen der Puten in die Berechnung einbezogen wurden. Dazu wurden an jedem fünften Tag einer LW bei je einer Aufnahme zehn Puten im Bild einer Kamera markiert, die Fläche akkumuliert und durch die Anzahl der Tiere geteilt. Um den Normalisierungsfaktor zu berechnen, wurde ein quadratisches Model ( $R^2=0.975$ ) gewählt. Da die Aktivitätsindizes der vier Kameras über alle drei Durchgänge moderat bis hoch miteinander korrelierten (Pearson-Korrelationsanalyse:  $r_{D1}=0,639-0,800$ ,  $p < 0,001$ ;  $r_{D2}=0,794-0,887$ ,  $p < 0,001$ ;  $r_{D3}=0,573-0,756$ ,  $p < 0,001$ ), wurden jeweils die Werte der vier Kameras sodann zu einem arithmetischen Mittelwert zusammengefasst. Für die Überprüfung der Aussagekraft der Aktivitätsindizes bezüglich der allgemeinen Aktivität der Puten wurden über drei Durchgänge je Tag einerseits mittlere Aktivitätsindizes für die Zeiten, in denen sich kein Mensch im Stall befand und andererseits für die Zeiten, in denen durch menschlichen Einfluss (z.B. Tierkontrolle, Bonitur, Einstreugabe) eine erhöhte Aktivität der Tiere zu erwarten war, ermittelt. Deren Vergleich mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test bestätigte hochsignifikant ( $p < 0,001$ ) den erwarteten Zusammenhang (Anhang, Abb. 9). Dies ist mit großer Wahrscheinlichkeit nicht auf eine Verzerrung der Aktivitätsindizes aufgrund der Einberechnung des im Bild befindlichen Menschen zurückzuführen, muss aber noch durch Ausschluss dieser Aufnahmen letztlich nachgewiesen werden. Das Projektziel, mögliche Zusammenhänge zwischen allgemeiner Aktivität und dem Auftreten von Kannibalismus zu überprüfen, konnte innerhalb der Projektlaufzeit nicht mehr erreicht werden, soll aber noch innerhalb dieses Jahres innerhalb einer Dissertation weiterverfolgt werden. Grundsätzlich legen die Projektergebnisse nahe, dass die Optical Flow Analyse geeignet ist, um Aktivitätsänderungen bei Mastputen zu erfassen.

### **II.1.3.3 Erfassung von Änderungen der Pickaktivität und Untersuchung der Zusammenhänge zu Kannibalismus**

Nachdem sich in zwei Mastdurchgängen Beschleunigungssensoren als ungeeignet zur Erfassung der Pickaktivität herausgestellt hatten, wurden zwei Pickobjekte (PO, Edelstahlkugeln mit einem Durchmesser von 130 mm) mit jeweils einem eingebauten Mikrofon ausgestattet (Monacor VB-120MIC, Bitrate 128 kbps und Audioabtastrate 44100 Hz). Diese waren zu Validierungszwecken per Kabel mit einer Kamera (TosiNet Realtime 2K 4MP PoE-IP-Kamera, Bildrate 20 fps) verbunden,

die direkt über der Kugel an der Decke positioniert war. Die Höhe der von der Decke hängenden Objekte wurde jede Woche der Größe der wachsenden Vögel angepasst, so dass diese mit ihrem Schnabel leicht die Mitte des Balles erreichen konnten. Nach Öffnung der Kükenringe hatten die Küken ab einem Alter von 7 Tagen uneingeschränkten Zugang zu den zwei Pickobjekten. Soweit die Tagesbeleuchtung nicht ausreichte, schalteten die Kameras bei unter 0,05 Lux automatisch Infrarotbeleuchtung ein.

Für die Modellentwicklung wurden während des dritten Mastdurchganges an zwei Tagen je Woche (LW 2-14) Videos mit Audiodateien aufgezeichnet. Die aufgezeichneten Audiodateien wurden aus dem Videomaterial extrahiert und in 1-Sekunden-Slots unterteilt. Umgebungsgeräusche (z.B. Belüftungs- und Heizungssysteme, Vokalisation und andere niederfrequente Umgebungsgeräusche) wurden durch einen Hochpassfilter (stopband attenuation =36 dB, Steepness= 0,8, minimum-order infinite impulse response filter) mit einer Grenzfrequenz von 1,6 kHz eliminiert (Nasirahmadi et al., 2020). Die gefilterten Dateien von 9200 Sekunden aus allen Wochen (je 50% mit oder ohne Pickereignis) wurden in ein CNN-Modell eingespeist. Das Detektionsverfahren wurde in MATLAB 2018b (MathWorks®) entwickelt. Dabei wurden 7360 Dateien (80%) für die Entwicklung und 1840 (20%) für die Überprüfung des Modells verwendet (Nasirahmadi et al., 2020). Das Modell erkannte Pickschläge auf der Basis einer Sekunde, unabhängig davon, wie viele Pickschläge in dieser Sekunde auftraten. Diese wurden dann in Excel-Dateien (.xlsx) als 1 für "Peck" und 0 für "Non-Peck" kodiert

Für die Validierung der Pickaktivitäts-Erkennung wurden 300, bislang nicht verwendete Audiodateien (jeweils 1 Sekunde) pro Lebenswoche der Wochen 2 bis 14 zufällig ausgewählt und in das CNN-Modell eingespeist. Im Vergleich zur Erkennung durch eine geschulte Beobachterin mit Hilfe von One-Zero Sampling (Martin und Bateson 2003) je Sekunde in den zugehörigen Videos wurden Sensitivität/Recall, Spezifität, Genauigkeit, Präzision und F1-Score ermittelt (Anhang, Tab. 6), die mit wenigen Ausnahmen (LW 8, 11 und 12) im guten bis sehr guten Bereich lagen (Anhang, Tab. 12).

Eine Überprüfung, ob das Erfassungssystem ohne erneutes Training und mit demselben CNN-Modell Pickaktivität unter anderen Umweltbedingungen und bei anderen Tieren zuverlässig erfassen kann, erfolgte auf einem Praxisbetrieb während der Aufzuchtphase (LW 2 bis 5) von 6450 männlichen Puten (B.U.T. Big 6) mit gekürzten Schnäbeln, die in einem geschlossenen Stall mit Zwangsbelüftung neben weiblichen Tieren aufgezogen wurden. Die Haltungsbedingungen entsprachen den Praxisempfehlungen (Verband deutscher Putenerzeuger 2013). In diesem Betrieb wurde nur ein Pickobjekt eingebaut. Die männlichen Küken hatten ab dem ersten Lebenstag uneingeschränkten Zugang zu dem Pickobjekt. Es wurden 120 Sekunden Audiodateien der Lebenswochen

4 und 5 wie oben beschrieben validiert. Die Detektionserfolge lagen mit einer befriedigenden Ausnahme im sehr guten Bereich (Anhang, Tab. 13)

In einem weiteren Schritt wurde die Pickaktivität während der Aufzuchtphase (Lebenswoche 2-5) auf dem Versuchsbetrieb im vierten Mastdurchgang sowie auf dem Praxisbetrieb kontinuierlich aufgenommen. Hierbei zeigte sich auf dem Versuchsbetrieb bei beiden Pickobjekten ein ähnlicher Verlaufstrend (Pearson-Korrelationsanalyse:  $r=0,633$ ,  $p<0,001$ ,  $n=27$ , ein fehlender Wert). Daraufhin wurden die Daten beider Pickobjekte gemittelt.

Hinsichtlich der tageszeitlichen Verteilung war auf beiden Betrieben die höchste Pickaktivität am Morgen, abnehmend bis zum Abend, zu verzeichnen, wobei die Pickaktivität der Masthähne auf dem Praxisbetrieb in den gleichen Lebenswochen deutlich höher war (Anhang, Abb. 10;  $p<0,001$ ,  $n=27$ , Friedman-Test für verbundene Stichproben).

Insgesamt nahm die Pickaktivität auf dem Versuchsbetrieb im Mittel und bezüglich der Standardabweichungen von LW 2 bis 4 leicht ab, stieg aber in LW 5 erneut leicht an (Abb. 11). Für den Tag der niedrigsten Pickaktivität am Pickobjekt, den Lebenstag 26, war vom Stallpersonal ein erster Kannibalismusausbruch nach Definition von Kulke et al. (2014) gemeldet worden, d.h. mindestens 0,5% der eingestellten Tiere waren innerhalb von 24 Stunden wegen Pickverletzungen separiert oder gemerzt worden. Nach der Meldung wurde eine Bonitur (Beurteilungsschema und Ergebnisse der Beurteilerabgleiche: Anhang, Tab. 14 und 15) durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt wiesen bereits 50% der 50 bonitierten Puten Pickverletzungen auf.

Die Pickaktivität auf dem Praxisbetrieb wies nicht nur höhere Mittelwerte, sondern auch Standardabweichungen und Schwankungen auf (Abb. 11). Der Betrieb hatte keinen Kannibalismusausbruch in der Aufzucht gemeldet. Eine Aussage über mögliche Zusammenhänge zwischen dem auffälligen Absinken der Aktivität am Pickobjekt zum Ende der Woche 4 und bis Lebenstag 29 und dem sonstigen Verhalten kann mangels entsprechender Daten nicht gemacht werden.

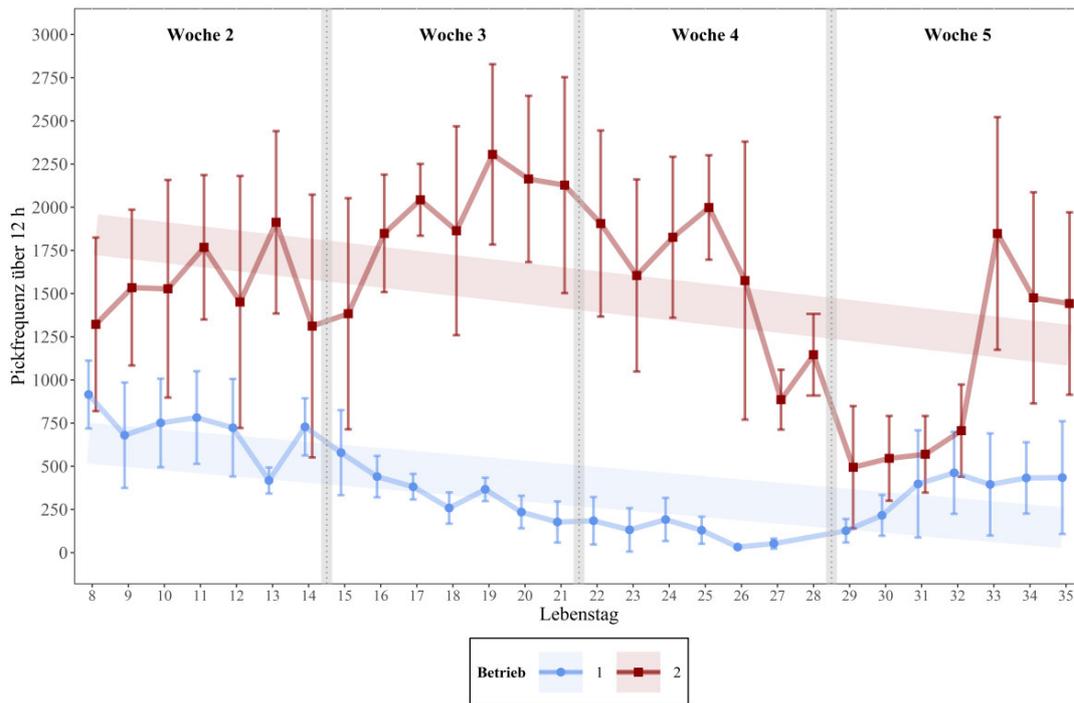


Abbildung 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Pickfrequenz aus je 12 h von Lebenstag 8-35 auf dem Versuchsbetrieb (Betrieb 1) und Praxisbetrieb (Betrieb 2) und Korrelationen mit den fortlaufenden Lebenstagen (Tag 28, Betrieb 1: fehlender Wert).

Da auf dem Versuchsbetrieb im selben Durchgang noch zwei weitere Kannibalismusausbrüche in der folgenden Mastphase (11. und 15. Lebenswoche) gemeldet worden waren, konnte auch hier die Entwicklung der täglichen Pickraten im Vorfeld der Ausbrüche betrachtet werden, die aber keine vergleichbaren Trends wie vor dem ersten Ausbruch zeigten (Abb. 12).

Die nach diesen Ausbrüchen durchgeführten Bonituren ergaben in der 11. Lebenswoche Pickverletzungen bei 100% der bonitierten Tiere, mit 24% der Puten mit Verletzungen  $\geq 2$ cm, und in der 15. Lebenswoche bei 92%, mit 26% mit hochgradigen Verletzungen. Kannibalismus kann also schon früh auftreten (erste wegen Verletzung separierte oder gemerzte Tiere schon am 10. Lebenstag, Abb. 13) und dauerhaft zu einer großen Zahl gering- bis hochgradig verletzter Tiere führen. Daher ist zweifelhaft, ob die angewandte Definition eines Kannibalismusausbruchs zielführend ist, wenn es um eine Früherkennung geht.

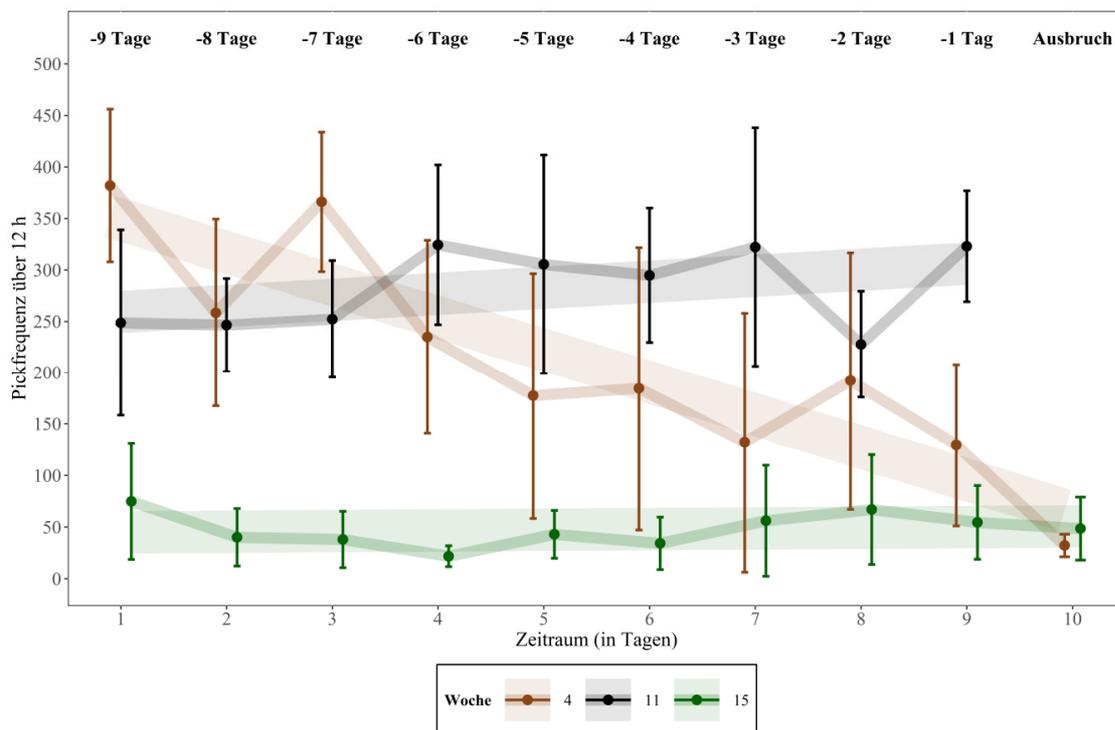


Abbildung 12: Entwicklung der mittleren täglichen Pickfrequenzen (und Standardabweichungen) ab 9 Tagen vor einem Ausbruch von Kannibalismus (Definition siehe Text), in den Lebenswochen 4, 11 und 15 (Ausbruchstag LW 11: fehlender Wert).

Die Betrachtung möglicher Zusammenhänge der Pickaktivität mit den vom Stallpersonal täglich dokumentierten verletzten Tieren in der Aufzucht sowie den in der Folge ergriffenen Maßnahmen in Form zusätzlicher Beschäftigungsangebote (Abb. 13) legt nahe, dass eine Abnahme des Pickens am Pickobjekt vor allem einen Zusammenhang zu letzterem aufweist. Die Pickaktivität am Objekt könnte somit umgekehrt die Attraktivität des aktuellen Beschäftigungsangebotes widerspiegeln, was weiter untersucht werden sollte. Die auch in Lebenswoche 11 noch relativ hohe Nutzung des Pickobjektes auf dem Versuchsbetrieb und die ausgeprägten Unterschiede in der Pickfrequenz zwischen den beiden untersuchten Betrieben werfen außerdem Forschungsfragen nach weiteren Einflussfaktoren auf das Objektpicken auf, auch im Verhältnis zum schädigendem Picken an Artgenossen, denen mit der nun entwickelten Möglichkeit eines Langzeitmonitorings nachgegangen werden kann. Allerdings sollte das Erfassungssystem noch auf weiteren Betrieben mit unterschiedlichen Haltungs- und Umweltbedingungen geprüft und vollständig automatisiert werden.

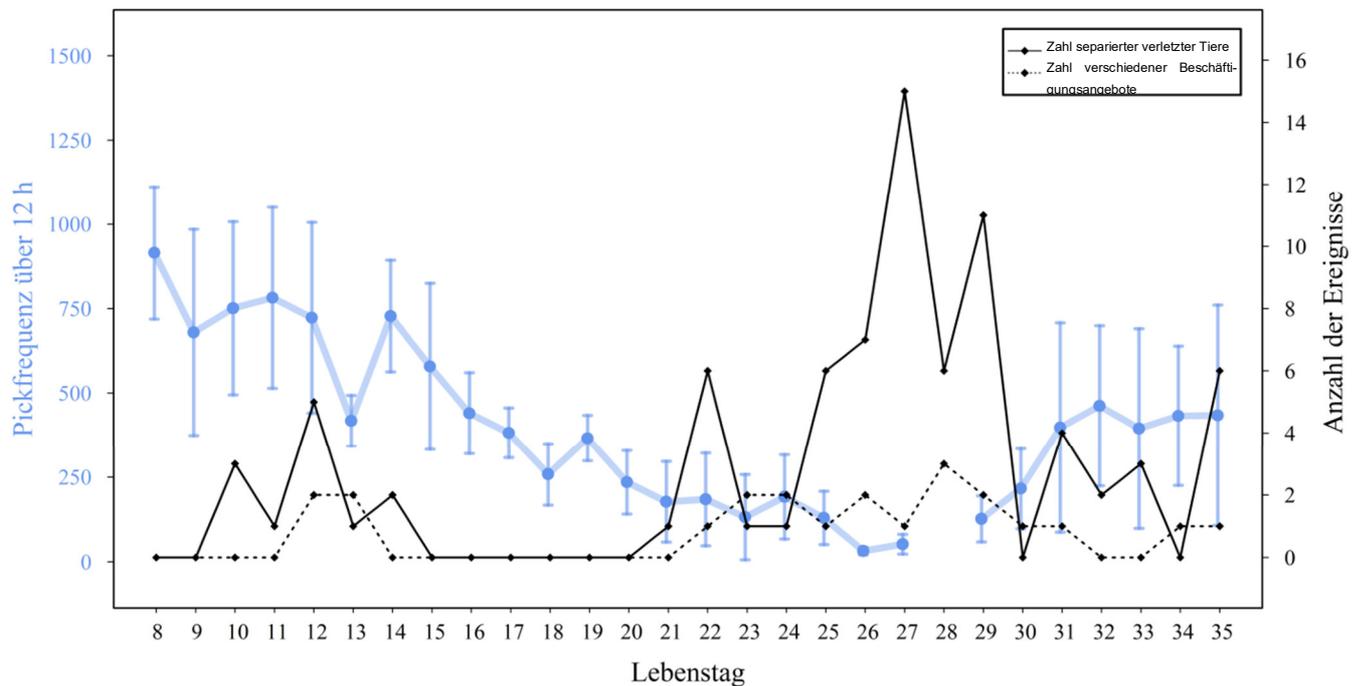


Abbildung 13: Gegenüberstellung der Mittelwerte der täglichen Pickfrequenzen an zwei Pickobjekten, der Zahl verschiedener zusätzlicher Beschäftigungsangebote und der Zahl separierter verletzter Tiere von Lebenstag 8 bis 35 (Tag 28: fehlender Wert Pickfrequenz).

## II.2 Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Wie dem Verwendungsnachweis zu entnehmen ist, wurden die erhaltenen Geldmittel im Wesentlichen gemäß der Vorhabenplanung eingesetzt; Änderungen in der Ausgabenplanung wurden zeitnah kommuniziert.

## II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Alle durchgeführten Arbeitsschritte waren notwendig und angemessen. Vor Beginn des Projektes lagen keinerlei Informationen zu Auswirkungen von Fang, Transport und Wartezeit auf Brustbein- und Hautschäden vor, und es gab unseres Wissens keinen Versuch, diese automatisiert zu erfassen. Ähnliches gilt für den Wissens- und Entwicklungsstand bezüglich Frühwarnsystemen für Kannibalismus bei Puten. Der zeitliche Anteil der Entwicklungsarbeit war deutlich höher als zunächst geplant; nur durch überdurchschnittlichen Arbeitseinsatz der Projektmitarbeiterinnen war es daher möglich, ein bildgestütztes Erfassungssystem für Brustbeinschäden zur Marktreife zu bringen, eine fundierte Beurteilung des Erfassungssystems von Hautschäden als nicht tauglich vorzunehmen und technische Möglichkeiten zur Aktivitätserfassung bei Puten nahezu zur Einsatzreife zu entwickeln, auch wenn diese noch keinen Einsatz als Frühwarnsystem erlauben. Bezüglich der Erfas-

sung von Hautschäden, die überwiegend zeitgleich mit der Erfassung der Brustbeinschäden erfolgte, ist das Wissen über den Zuwachs von Hautverletzungen während Fang, Transport und Wartezeit aus Tierschutzsicht von besonderer Bedeutung, auch wenn die generierten Ergebnisse nicht technisch verwertet werden.

#### **II.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

Der im Rahmen des Teilprojektes entwickelte und erprobte Prototyp zur automatisierten bildgestützten Detektion von Brustbeinschäden am Schlachthof ist validiert und einsatzbereit. Die Projektergebnisse zur Erfassung von Hautschäden lassen eine automatisierte Erfassung am Schlachthof als wenig praktikabel und nicht sinnvoll erscheinen. Die Erkenntnisse bezüglich der Zunahme von Verletzungen bei Fang und Transport insbesondere bei vorgeschädigten Tieren sind tierschutzrelevant und werden durch entsprechende Publikationen kommuniziert werden.

Der im Rahmen des Teilprojektes entwickelte und erprobte Prototyp zur Erfassung von Pickaktivität von Mastputen im Bestand ist validiert und für weitere Tests auf Praxisbetrieben einsatzbereit. Der Ansatz zur Erfassung der allgemeinen Aktivität mit Optical-Flow Berechnung bei Mastputen im Bestand wurde weitgehend validiert und ist einsetzbar. Das System muss aber ebenfalls noch auf weiteren Praxisbetrieben getestet werden. In einem weiteren Schritt müssten die Systeme noch voll automatisiert werden.

#### **II.1.5 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Fortschritte auf dem Gebiet der digitalen Erfassung von Brustbein- oder Hautschäden bei Legehennen am Schlachthof oder von allgemeiner Aktivität und Pickaktivität sowie der Früherkennung von Kannibalismus im Bestand von Mastputen durch andere Arbeitsgruppen sind nicht bekannt. An anderen Stellen wird derzeit an der Weiterentwicklung der Frakturerkennung an Brustbeinen mit Hilfe von Röntgen- und Ultraschalluntersuchungen gearbeitet. Für beide Systeme gibt es allerdings noch keine automatisierte Auswertung und sie werden voraussichtlich weniger für eine Anwendung am Schlachthof als eher in der Grundlagenforschung geeignet sein.

#### **II.1.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen**

##### **Wissenschaftliche Artikel erschienen in begutachteten Fachzeitschriften**

Nasirahmadi A, Gonzalez J, Sturm B, Hensel O, Knierim U (2020): Pecking activity detection in group-housed turkeys using acoustic data and a deep learning technique. *Biosystems Engineering*, 194, 40-48. DOI:10.1016/j.biosystemseng.2020.03.015

##### **Wissenschaftliche Artikel in Bearbeitung**

Jung L, Louton H, Knierim U: Keel bone damage in commercial laying hen flocks – status quo and inter-observer reliability. Einreichung geplant für September 2020

Jung L, Schäler J, Rommelfanger E, Hinrichs D, Knierim U: Recording health indicators in poultry flocks – the influence of sample size on detecting the true flock prevalence. Einreichung geplant bei “Animals” für Juli 2020

Jung L, Schulte-Landwehr J, Nasirahmadi A, Knierim U: Automatic assessment of keel bone damage in laying hens at the slaughter line. Einreichung bei “Animals” geplant für August 2020

Gonzalez J, Nasirahmadi A, Knierim U: Interaction between pecking activity and injured animals in turkeys. Einreichung bei „Animals“ geplant für Juli 2020.

Gonzalez J, Stracke J, Knierim U: Assessment of skin lesion and feather conditions scores in turkeys during fattening. Einreichung geplant für November 2020

Gonzalez J, Voss A, Knierim U: Automatic activity detection and its interaction with cannibalism in turkeys. Einreichung geplant für September 2020

### **Begutachtete Beiträge zu internationalen Konferenzen / erschienen in Tagungsbänden**

Jung L, Dirks H, Knierim U (2019): Keel bone damage in laying hens – automatic measurement for long-term monitoring at the slaughter line. Proc. UFAW International Animal Welfare Science Symposium, 03.-04. Juli 2019, Bruges, Belgien, S. 67

### **Posterbeiträge auf Konferenzen**

Gonzalez J, Nasirahmadi A, Knierim U (2019) Automatisierte Erfassung von Pickaktivität bei Mastputen. Tierwohltagung: „Transformationsprozesse der intensiven Nutztierhaltung - Was wollen, können und müssen wir ändern?“, 17./18. Oktober, Göttingen

Nasirahmadi A, Gonzalez J, Knierim U, Hensel O, Müller S, Sturm B (2019) Application of deep learning techniques for monitoring of livestock behaviour. BTU-Tagung, 24.-26. September 2019, Bonn

### **Vorträge**

Gonzalez J (2019): Automatisierte Erfassung der Pickaktivität bei Mastputen zur Früherkennung von Kannibalismus (AutoWohl). Tierwohltagung: „Transformationsprozesse der intensiven Nutztierhaltung - Was wollen, können und müssen wir ändern?“, 17./18. Oktober, Göttingen

Gonzalez J, Nasirahmadi A, Knierim U, Sturm B (2019): Using an acoustic technique for detection of pecking activity in group-housed turkeys. Workshop BTU-Tagung, 24.-26. September, Bonn

Jung L (2019): Automatisierte Erfassung von Brustbeinschäden bei Legehennen (AutoWohl). EIP-Geflügelworkshop, 2. Juli, Sarstedt

Jung L (2019): Automatisierte Erfassung von Brustbeinschäden bei Legehennen am Schlachthof (AutoWohl). Tierwohltagung: „Transformationsprozesse der intensiven Nutztierhaltung - Was wollen, können und müssen wir ändern?“, 17./18. Oktober, Göttingen, Deutschland

Jung L (2020): Einfluss der Fütterung auf Brustbeinveränderungen bei Legehennen, Bioland Geflügeltagung, 5. Februar, Cloppenburg

## Anhang

zum Schlussbericht Automatisierte Erfassung von Tierwohlintikatoren bei Geflügel: Automatisierte Erfassung von Haut- und Brustbeinschäden bei Legehennen am Schlachthof; Früherkennung von Kannibalismus bei Puten im Bestand

### Literatur

- Anonym (2012): Erarbeitung von Managementempfehlungen zur Kleingruppenhaltung für Legehennen unter Praxisbedingungen im Vergleich zur Volierenhaltung. Schlussbericht 2807UM009. [https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail\\_id=14712&site\\_key=141&stichw=07UM009&zeilenzahl\\_zaehler=1&pld=14712&dld=109993](https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=14712&site_key=141&stichw=07UM009&zeilenzahl_zaehler=1&pld=14712&dld=109993).
- Ben Sassi N, Averós X, Estevez I (2016): Technology and Poultry Welfare. *Animals* 6, 62, <https://doi.org/10.3390/ani6100062>
- Berk J, Stehle E, Bartels T (2013): Einfluss der Fütterungstechnik und des Angebotes von Beschäftigungsmaterial auf das Vorkommen von Federpicken und Kannibalismus bei nicht-schnabelgekürzten Puten. Schlussbericht, Friedrich-Loeffler-Institut.
- Berk J, Stehle E, Bartels T (2017): Beschäftigungsmaterial - eine Möglichkeit zur Reduktion von „Beschädigungspicken“ bei Mastputen mit unkupierten Schnäbeln? *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 130, 230-240.
- Bircher L, Schlup P (1991a): Ethologische Indikatoren zur Beurteilung der Tiergerechtheit von Trutenmastsystemen. Schlussbericht, Universität Bern.
- Bircher L, Schlup P (1991b): Das Verhalten von Truten eines Bauernschlages unter Naturnahen Haltungsbedingungen. Schlussbericht, Universität Bern.
- BMEL (2015) Vereinbarung zur Verbesserung des Tierwohls, insbesondere zum Verzicht auf das Schnabelkürzen in der Haltung von Legehennen und Mastputen. [http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/VereinbarungVerbesserungTierwohl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/VereinbarungVerbesserungTierwohl.pdf?__blob=publicationFile).
- Busayi RM, Channing CE, Hocking PM (2006): Comparisons of damaging feather pecking and time budgets in male and female turkeys of a traditional breed and a genetically selected male line. *Applied Animal Behaviour Science* 96, 281-292.
- Casey-Trott T, Heerkens J, Petrik M, Regmi P, Schrader L, Toscano M, Widowski T (2015): Methods for assessment of keel bone damage in poultry. *Poultry science* 94, 2339–2350.
- Casey-Trott T, Widowski T (2016): Behavioral differences of laying hens with fractured keel bones within furnished cages. *Frontiers in Veterinary Science* 3, 42, DOI: 10.3389/fvets.2016.00042.
- Dalton HA, Wood BJ, Torrey S (2013): Injurious pecking in domestic turkeys. development, causes, and potential solutions. *Worlds Poultry Science Journal* 69, 865–876.
- Fiedler H-H (2006): Schnabelkürzen bei Puten. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 113, 110-112.
- Freytag S, Kemper N, Spindler B (2016): Einfluss des Zugangs zu Beschäftigungsmaterial auf das Verhalten und die Herdengesundheit von Jung- und Legehennen in Praxisbetrieben. Schlussbericht, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Heerkens J, Delezie E, Rodenburg T, Kempen I, Zoons J, Ampe B, Tuytens F (2016): Risk factors associated with keel bone and foot pad disorders in laying hens housed in aviary systems. *Poultry Science* 95, 482–488.

- Hughes BO, Grigor PN (1996): Behavioural time-budgets and beak related behaviour in floor-housed turkeys. *Animal Welfare* 5, 189-198.
- Jung L, Niebuhr K, Hinrichsen L, Gunnarsson S, Brenninkmeyer C, Bestman M, Heerkens J, Ferrari P, Knierim U (2019): Possible risk factors for keel bone damage in organic laying hens. *Animal* 13, 2356–2364.
- Knierim U, Andersson R, Keppler C, Petermann S, Rauch E, Spindler B, Zapf R (2016): Tier-schutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis - Geflügel. KTBL, Darmstadt.
- Krautwald-Junghanns M-E, Ellerich R, Mitterer-Istyagin H, Ludewig M, Fehlhaber K, Schuster E, Berk J, Dressel A, Petermann S, Kruse W, Noack U, Albrecht K, Bartels T (2011): Examination of the prevalence of skin injuries in debeaked fattened turkeys. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 124, 8–16.
- Kulke K, Habig C, Kemper N, Spindler B (2014): Untersuchungen zum Vorkommen von Kannibalismus bei nicht schnabelgekürzten Putenhähnen bei unterschiedlichen Besatzdichten. Schlussbericht, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Kulke K, Spindler B, Kemper N (2016): Verzicht auf das Schnabelkürzen - wo stehen wir in Deutschland? *Züchtungskunde* 88, 456-474.
- Lee H-J, Roberts SJ, Drake KA, Dawkins MS (2011): Prediction of feather damage in laying hens using optical flows and Markov models. *Journal of the Royal Society Interface* 8, 489–499.
- Martin, P., Bateson, P. (2003). *Measuring Behaviour*. 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK, S. 54-55.
- Nasirahmadi A, Gonzalez J, Sturm B, Hensel O, Knierim U (2020): Pecking activity detection in group-housed turkeys using acoustic data and a deep learning technique. *Biosystems Engineering* 194, 40-48.
- Nasr M, Murrell J, Wilkins L, Nicol C (2012a): The effect of keel fractures on egg-production parameters, mobility and behaviour in individual laying hens. *Animal Welfare* 21, 127–135.
- Nasr M, Nicol C, Murrell J (2012b): Do laying hens with keel bone fractures experience pain? *PloS one* 7, DOI:10.1371/journal.pone.0042420.
- Nasr MAF, Browne W, Caplen G, Hothersall B, Murrell J, Nicol C (2013): Positive affective state induced by opioid analgesia in laying hens with bone fractures. *Applied Animal Behaviour Science* 147, 127–131.
- NMELV (2011): Tierschutzplan Niedersachsen. <http://www.tierschutzplan-niedersachsen.de/downloads/>.
- Petrik M, Guerin M, Widowski T (2013): Keel fracture assessment of laying hens by palpation: inter-observer reliability and accuracy. *The Veterinary Record* 173, 500, DOI: 10.1136/vr.101934.
- Richards G, Wilkins L, Knowles T, Booth F, Toscano M, Nicol C, Brown S (2012): Pop hole use by hens with different keel fracture status monitored throughout the laying period. *The Veterinary Record* 170, 494, DOI: 10.1136/vr.100489.
- Rufener C, Baur S, Stratmann A, Toscano M (2018): A reliable method to assess keel bone fractures in laying hens from radiographs using a tagged visual analogue scale. *Frontiers in Veterinary Science* 5, 142, DOI: 10.3389/fvets.2018.00124
- Sherwin CM, Kelland A (1998): Time-budgets, comfort behaviours and injurious pecking of turkeys housed in pairs. *British Poultry Science* 39, 325-332.
- Verband deutscher Putenerzeuger (2013): Bundeseinheitliche Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Mastputen. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Tier/Tierschutz/ZDG-Eckwerte-Haltung-Mastputen.html>.

Tabelle 1: Bewertungsschema für Brustbeinschäden bei Legehennen

<b>Note</b>	<b>Definition für Bewertung am lebenden Tier durch Palpation</b>	<b>Brustbeinspitze (letzte 1,5 cm kaudal)</b>
0	Intakt, ohne fühlbare Kallusauflagerungen oder Zusammenhangstrennungen und ohne laterale, dorsale oder ventrale Abweichungen von gerader Mittellinie	Intakt
1	Fühlbare Kallusauflagerungen oder Zusammenhangstrennungen, oder laterale, dorsale oder ventrale Abweichungen von der Mittellinie ≤ 1 cm	Fühlbare Stauchungen, Deformationen, Kallusauflagerungen
2	Fühlbare Kallusauflagerungen oder Zusammenhangstrennungen oder laterale, dorsale oder ventrale Abweichungen von der Mittellinie > 1 cm	-
<b>Note Definition für Bewertung am Schlachtkörper durch Adspektion</b>		
0	Intakt, keine Abweichung von gerader Brustlinie in jegliche Richtung aufgrund sichtbarer Zusammenhangstrennungen oder Verformungen und keine sichtbaren Kallusauflagerungen – wurde am Projektende geändert zu: keine Abweichung von gerader Brustlinie ≥ 0,5 cm	-
1	Beschädigt, Abweichung von gerader Brustlinie nach oben, unten oder zur Seite aufgrund Zusammenhangstrennungen oder Verformungen und sichtbare Kallusauflagerungen – wurde am Projektende geändert zu: Abweichung von gerader Brustlinie ≥ 0,5 cm	-

Tabelle 2: Inter-Beurteiler-Reliabilität bezüglich Brustbeinschäden an lebenden Legehennen (sechs Beurteiler in 5 Paaren), Schlachtkörpern (sechs Beurteiler in 5 Paaren) und Knochen (zwei Beurteiler)

<b>Brustbeinschäden</b>	<b>n Hennen</b>	<b>Anzahl Hennen/Abgleich</b>	<b>PABAK 2 Noten (Mittelwert)</b>	<b>PABAK 3 Noten (Mittelwert)</b>
Lebend	690	30-80	0,28-0,94 (0,72)	0,42-0,75 (0,63)
Schlachtkörper	2273	60-400	0,64-0,90 (0,75)	0,67-0,85 (0,75)
Knochen	128	128	0,71	0,62

*Tabelle 4: Haltungsverfahren, Genetik, Alter und Gruppengröße der 20 bezüglich Brustbein- und Hautschäden beurteilten Herden mit auf dem Betrieb untersuchten Stichprobengrößen (N)*

<b>Herde</b>	<b>Datum</b>	<b>Stallsystem</b>	<b>Auslauf</b>	<b>Genetik</b>	<b>Lebens- woche</b>	<b>Gruppen- größe</b>	<b>N</b>
1	09.10.2018	Voliere	Ja	Novogen	72	1.140	100
2	16.10.2018	Bodenhaltung	Ja	ISA Braun	76	2.550	360
3	15.11.2018	Voliere	Ja	LB	68	3.000	360
4	24.11.2018	Bodenhaltung	Ja	LB	72	3.000	360
5	10.12.2018	Voliere	Nein	LSL/LB	91	900	360
6	04.01.2019	Voliere	Ja	LB	86	2.737	360
7	02.02.2019	Voliere	Nein	LB	72	k.A.	360
8	02.02.2019	Voliere	Ja	LB	72	k.A.	360
9	09.04.2019	Voliere	Ja	LB	85	2.400	307
10	16.04.2019	Voliere	Ja	Brown Nick	104	3.000	180
11	16.04.2019	Voliere	Ja	Novogen	84	4.200	225
12	17.04.2019	Voliere	Ja	LB	72	k.A.	250
13	22.04.2019	Bodenhaltung	Ja	LB	70	3.256	235
14	24.04.2019	Voliere	Ja	LB	82	2.680	360
15	02.05.2019	Bodenhaltung	Nein	LB	72	880	360
16	13.05.2019	Bodenhaltung	Ja	LB	68	2.880	360
17	15.05.2019	Mobilstall	Ja	LB	74	k.A.	320
18	13.06.2019	Voliere	Nein	LSL	63	10.000	360
19	17.06.2019	Bodenhaltung	Ja	LB	83	1.200	334
20	16.09.2019	Bodenhaltung	Ja	LB	80	k.A.	100

Tabelle 5: Vergleich der durch eine Beurteilerin und durch die automatische Erfassung ermittelten Prävalenzen von Brustbeinschäden bei Legehennen an der Schlachtkette bei 17 Schlachtpartien

	Nr.	Partiegröße	Beurteilerin		Kamera		Differenz	% erfasst
			n	Prävalenz %	n <sup>1</sup>	Prävalenz %		
Lernphase	1	15.815	481	39,1	13.315	21,5	17,6	84
	2	1.044	393	38,3	824	41,7	3,4	79
	3	1.780	538	46,7	1.426	34,5	12,2	80
	4	9.235	210	55,2	8.436	22,7	32,5	91
	5	2.732	548	40,0	1.747	21,2	19,0	64
Optimierung 1	6	906	665	39,2	762	31,6	7,6	84
	7	10.510	314	29,3	8.985	25,9	3,4	86
	8	1.724	1.247	54,1	1.411	32,5	21,6	82
	9	7.105	2.344	29,0	6.241	19,0	10,0	88
	10a	15.249	1.307	68,7	12.845	45,7	23,0	84
	10b <sup>2</sup>	15.249	1.187	68,9	12.845	45,7	23,2	84
Optimierung 2	11	3.091	392	43,6	2.663	46,8	3,2	86
	12	275	253	32,4	251	24,3	8,1	91
	13	745	241	35,3	665	21,8	13,5	89
	14	4.255	369	23,0	3.784	19,5	3,5	89
	15a	4.516	556	30,2	4.103	17,3	12,9	91
	15b <sup>3</sup>	4.516	414	18,8*	4.103	17,3	1,5	91

<sup>1</sup> nur an einem Fuß eingehängte oder schief hängende Tiere wurden in der Regel von der Kamera nicht erfasst und bewertet

<sup>2</sup> Doppelerfassung einer Schlachtpartie mit visueller Beurteilung unterschiedlicher Schlachtkörper

<sup>3</sup> bei 15b wurde Note 1 (=Brustbeinschaden) erst ab einer Abweichung von  $\geq 0,5$  cm von der Beurteilerin vergeben, bei 15a und vorher bei jeglicher Abweichung

Tabelle 6: Definition und Berechnung von Qualitätsparametern.

Begriff	Gleichung/Definition
Sensitivität/Recall	$\frac{RP}{RP + FN} \times 100$
Spezifität	$\frac{RN}{RN + FP} \times 100$
Genauigkeit	$\frac{RN + FP}{RP + RN} \times 100$
Präzision	$\frac{RP}{RP + FP} \times 100$
F1-score	$2 \times \left( \frac{Recall \times Präzision}{Recall + Präzision} \right) \times 100$
Richtig positiv (RP)	Schaden/Picken beobachtet = Schaden/Picken aufgenommen
Richtig negativ (RN)	Kein Schaden/Picken beobachtet = kein Schaden/Picken aufgenommen
Falsch positiv (FP)	Kein Schaden/Picken beobachtet $\neq$ Schaden/Picken aufgenommen
Falsch negativ (FN)	Schaden/Picken beobachtet $\neq$ kein Schaden/Picken aufgenommen

Tabelle 9: Bewertungsschema für Hautschäden an Rücken und Kloake/Legebauch bei Legehennen

Note	Definition
0	Keine Verletzung
1	Maximal 2 kleine Verletzungen $\leq 1$ cm (frisch oder verkrustet)
2	Ab 3 kleine Verletzungen ( $\leq 1$ cm) oder einer großen Verletzung $> 1$ cm (frisch oder verkrustet)

Tabelle 10: Inter-Beurteiler-Reliabilität bezüglich Hautschäden bei Legehennen (fünf Beurteiler in 4 Paaren), beurteilt an lebenden Tieren oder Schlachtkörpern (vier Beurteiler in 3 Paaren)

Hautschäden	n Hennen	Anzahl Hennen/ Abgleich	PABAK 3 Noten
Lebend	309	30-80	0,50-0,92
Schlachtkörper	189	79-110	0,80-0,88

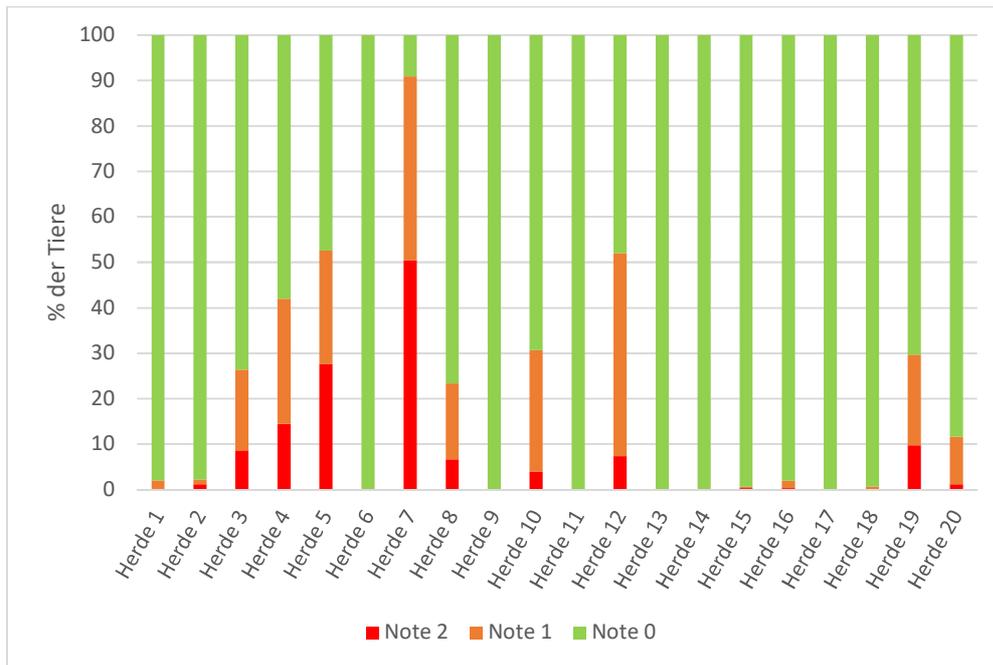


Abbildung 4: Prävalenzen von Hautschäden am Rücken auf dem Betrieb unterschieden nach Schweregraden mit den Noten 1 und 2 (kein Schaden = 0)

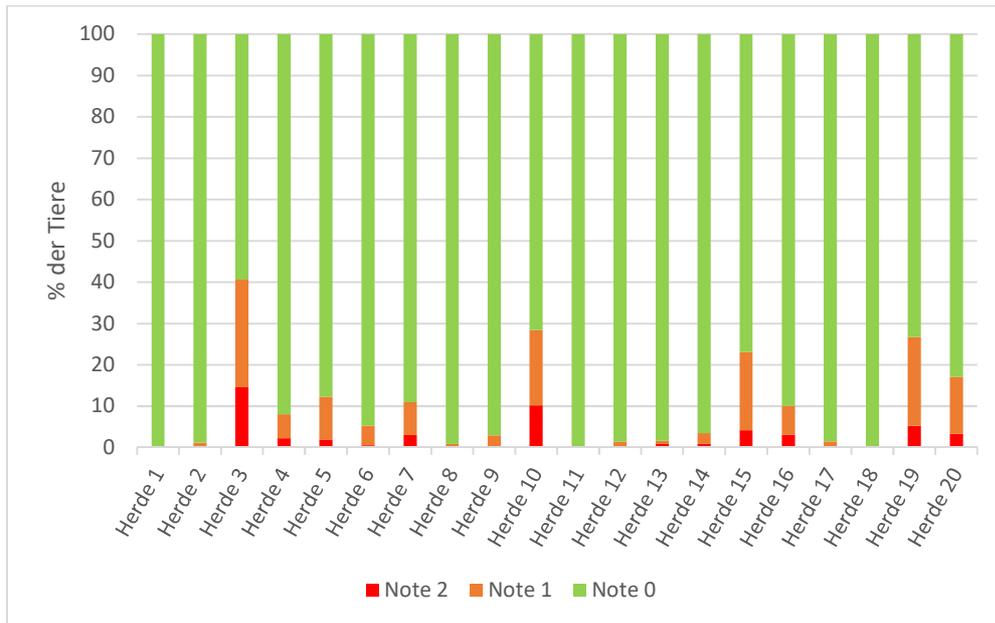


Abbildung 5 Prävalenzen von Hautschäden an Kloake/Legebauch auf dem Betrieb unterschieden nach Schweregraden mit den Noten 1 und 2 (kein Schaden = 0)

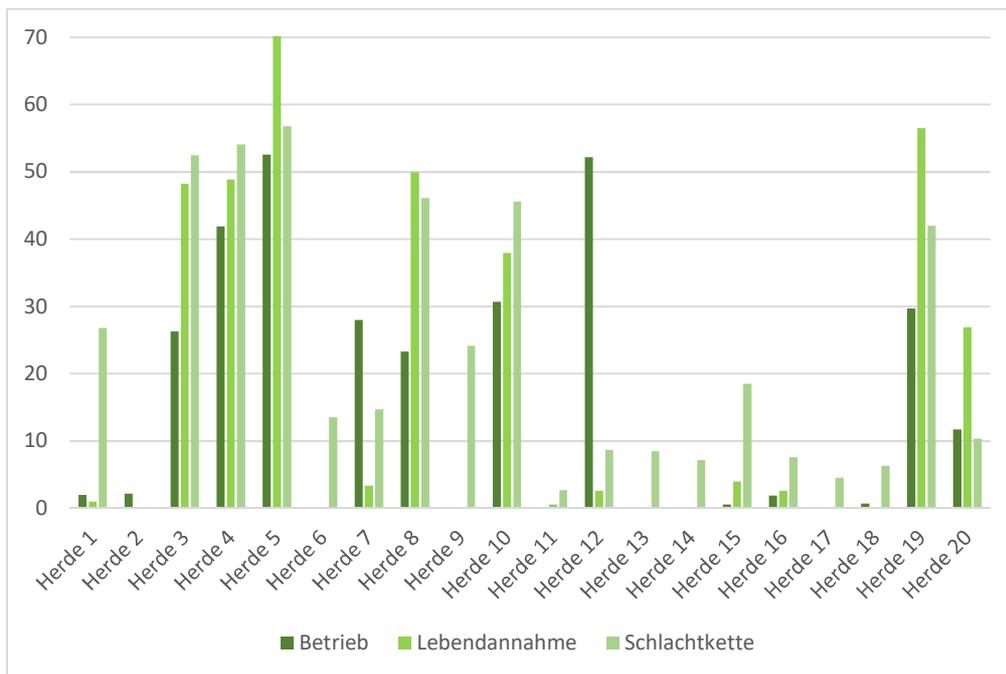


Abbildung 6: Prävalenzen jeglicher Hautschäden am Rücken bei Legehennen, erhoben in 20 Herden auf dem Betrieb, an der Lebendannahme und an der Schlachtkette

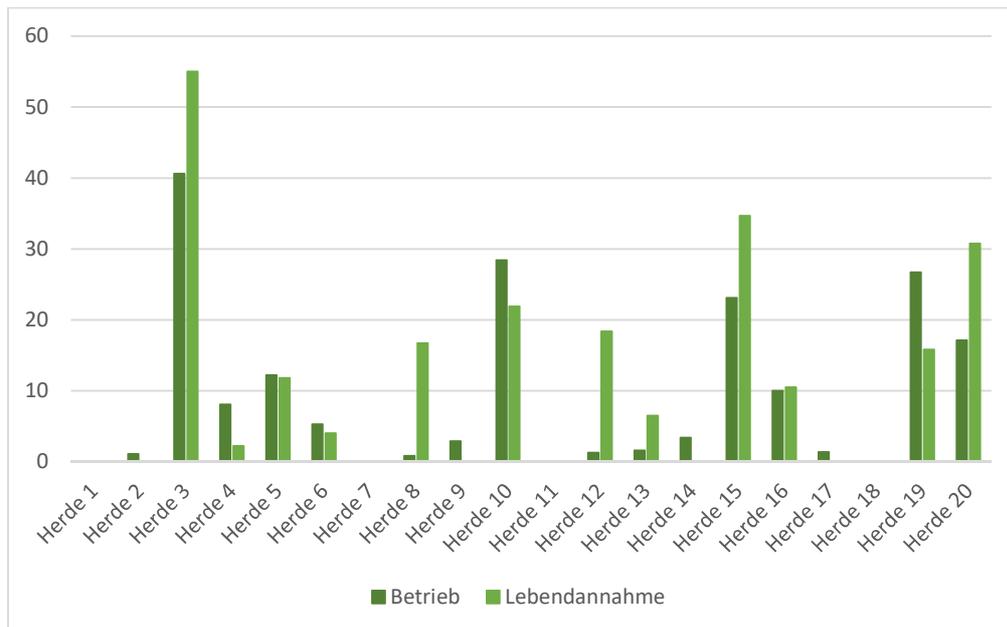


Abbildung 7: Prävalenzen von Hautschäden an Kloake/Legebauch bei Legehennen, erhoben in 20 Herden auf dem Betrieb und an der Lebendannahme

Tabelle 11: Systeminformationen zur Hard- und Software für die Erfassung der allgemeinen Aktivität.

Hardware	Modell/Hersteller	Software	Modell/Hersteller
Edelstahlkonstruktion	Halterung für 4 Kameras	AufnahmesoftwarePuten v0.95	CLK GmbH
Objektive (4 Stück)	Theia MY125M 1,3mm 1/2,5" 5MPix	Halcon 12 Runtime Lizenz	MVTec
Industrie Computer	CLK IPC 19" High Performance	CLK Library Rev. 3003	CLK GmbH
Kameras (4 Stück)	UI-5490RE-C-HQ	Windows 7 64 Bit	Microsoft

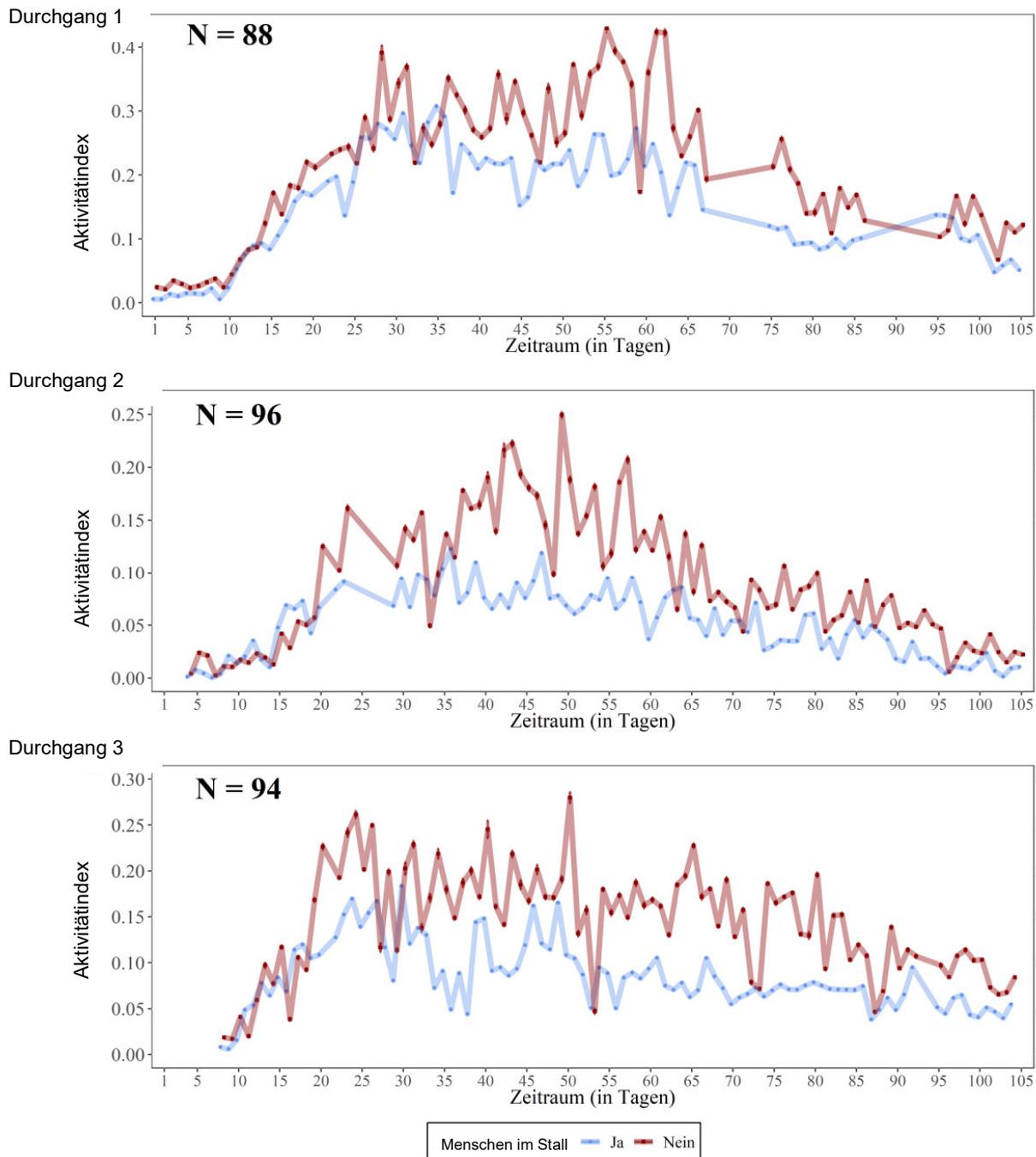


Abbildung 9: Aktivitätsindices/Tag (Mittelwerte von vier Kameras und Indices alle 2 Sekunden) als Indikator für die allgemeine Aktivität von Puten in Zeiten mit und ohne Anwesenheit eines Menschen im Stall

*Tabelle 12: Detektionserfolg des CNN-Modells für Putenhennen mit intaktem Schnabel, n = 300 s (aus Lebenswochen 2-14).*

Woche	RP	RN	FP	FN	Sensitivität/Recall (%)	Spezifität (%)	Genauigkeit (%)	Präzision (%)	F1-score (%)
2	45	240	11	4	91,8	95,6	95,0	80,4	85,7
3	51	242	5	2	96,2	98,0	97,7	91,0	93,6
4	166	117	13	4	97,6	90,0	94,3	92,7	95,1
5	141	152	1	0	100,0	99,3	99,7	99,3	99,7
6	89	184	9	18	83,2	95,3	91,0	90,8	86,8
7	13	283	2	2	86,7	99,3	98,7	86,7	86,7
8	4	288	5	3	57,1	98,3	97,3	44,4	50,0
9	25	269	0	6	80,6	100,0	98,0	100,0	89,3
10	3	295	1	1	75,0	99,7	99,3	75,0	75,0
11	8	284	6	2	80,0	97,9	97,3	57,1	66,7
12	24	259	15	2	92,3	94,5	94,3	61,5	73,9
13	20	277	0	3	87,0	100,0	99,0	100,0	93,0
14	34	255	4	7	82,9	98,5	96,3	89,5	86,1
Gesamt	623	3145	72	54	92,0	97,8	96,8	89,6	90,8

RP = richtig positiv, RN = richtig negativ, FP = falsch positiv, FN = falsch negativ, s. Tab. 6

*Tabelle 13: Detektionserfolg des CNN-Modells für Putenhähne mit gekürztem Schnabel, n = 120 s (aus Lebenswochen 4 und 5).*

Woche	RP	RN	FP	FN	Sensitivität/Recall (%)	Spezifität (%)	Genauigkeit (%)	Präzision (%)	F1-score (%)
4	23	86	1	10	74,2	98,9	90,8	95,8	83,6
5	42	69	5	4	91,3	93,2	92,5	89,4	90,3

RP = richtig positiv, RN = richtig negativ, FP = falsch positiv, FN = falsch negativ, s. Tab. 6

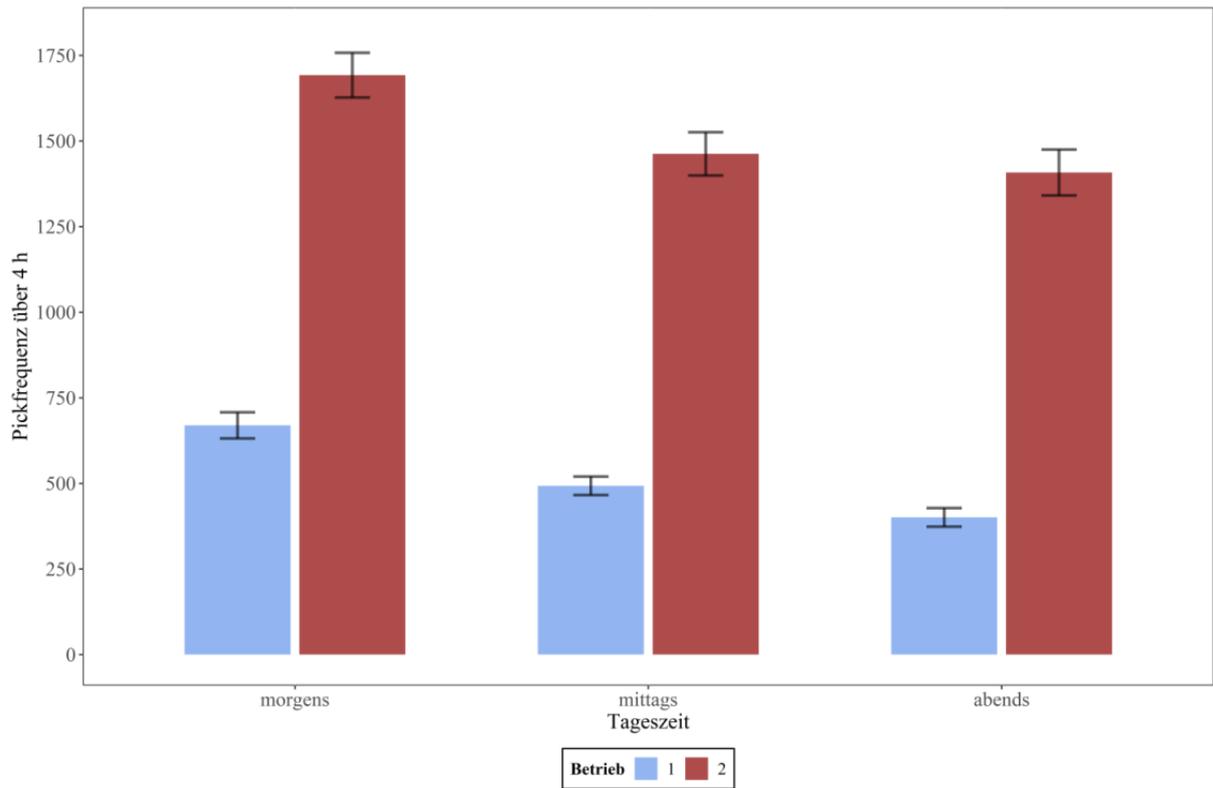


Abbildung 10: Mittlere Pickfrequenzen (und Standardfehler) am Morgen, mittags und abends (jeweils über 4 h) auf dem Versuchsbetrieb (Betrieb 1) und Praxisbetrieb (Betrieb 2)

*Tabelle 14: Bewertungsschema für Hautschäden bei Puten (Knierim et al. 2016, modifiziert)*

<b>Note</b>	<b>Definition</b>
0	Keine Pick- oder Kratzverletzungen vorhanden
1a	Leichte ältere Pick- oder Kratzverletzungen, an Stirnzapfen oder Kehllappen (< 1 cm Länge bzw. Durchmesser), an Kopf, Hals, Rücken, Flügel, Schwanz (< 2 cm Länge bzw. Durchmesser): mit Schorf oder Granulationsgewebe (Krautwald-Junghanns et al. 2011)
1b	Leichte frische Pick- oder Kratzverletzungen, an Stirnzapfen oder Kehllappen (< 1 cm Länge bzw. Durchmesser), an Kopf, Hals, Rücken, Flügel, Schwanz (< 2 cm Länge bzw. Durchmesser): kein Granulationsgewebe erkennbar, Frischblut oder geronnenes Blut an der Wundfläche (Krautwald-Junghanns et al. 2011)
2a	Mittel bis hochgradige ältere Pick- oder Kratzverletzungen, an Stirnzapfen und Kehllappen (≥1 cm Länge bzw. Durchmesser), an Kopf, Hals, Rücken, Flügel, Schwanz (≥ 2 cm Länge bzw. Durchmesser): mit Schorf oder Granulationsgewebe (Krautwald-Junghanns et al. 2011)
4	Mittel bis hochgradige frische Pick- oder Kratzverletzungen, an Stirnzapfen und Kehllappen (≥1 cm Länge bzw. Durchmesser), an Kopf, Hals, Rücken, Flügel, Schwanz (≥ 2 cm Länge bzw. Durchmesser): kein Granulationsgewebe erkennbar, Frischblut oder geronnenes Blut an der Wundfläche (Krautwald-Junghanns et al. 2011)

*Tabelle 15: Inter-Beurteiler-Reliabilität bezüglich Hautschäden bei Mastputen (Vergleich der Beurteilerin mit 3 weiteren Personen = 3 Paare)*

<b>Körperpartie</b>	<b>Anzahl Tiere</b>	<b>PABAK 5 Noten</b>	<b>Mittelwerte PABAK</b>
Kehllappen oder Stirnzapfen	30	0,83-0,96	0,90
Kopf	30	0,58-0,83	0,72
Hals	30	0,54-0,67	0,67
Flügel	30	0,96-0,92	0,95
Rücken	30	0,75-0,96	0,86
Schwanzansatz	30	0,79-0,96	0,88

# Automatisierte Erfassung von Tierwohlindikatoren bei Geflügel

➤ Automatische Erfassung von Brustbeinschäden bei Legehennen am Schlachthof



## Einleitung und Hintergrund

Brustbeinschäden werden in der Legehennenhaltung als ein wichtiger Tierschutzindikator herangezogen, da sie mit Schmerzen und Beeinträchtigungen der Tiere verbunden sind. Eine Erhebung am Schlachthof kann genutzt werden, um Landwirten Rückmeldung zu geben, ob Verbesserungsmaßnahmen bezüglich Haltung und Management ergriffen werden sollten. Zwischen den Herden variiert der Anteil der von Brustbeinschäden betroffenen Hennen stark von wenigen Tieren bis zu 100%.

Im Folgenden wird die Handhabung eines automatischen Systems zur Erfassung von Brustbeinschäden bei Legehennen an der Schlachtkette vorgestellt, das die Möglichkeit bietet, die Schäden wiederholbar und unabhängig von Personen zu bewerten und somit standardisiert zu erheben.

Automatisches System	Hardware	Software
Für mehr Informationen siehe hier:  Handbuch	3 D Kamera CLK Stereo Kamera 1.3 MPX 8mm Brennweite Industrie Computer CLK IPC 19" High Performance; i7-6700 CPU, 8GB RAM; Nvidia GTX 1080 TI Grafikkarte Beleuchtung CLK LED 24V Kamera CLK Kamera GigE 5MP SE	CLK Brustbein-Analyzer

Bonitursystem		<b>Note 0:</b> intakt, keine Abweichung von gerader Brustlinie $\geq 0,5$ cm in jegliche Richtung aufgrund sichtbarer Zusammenhangstrennungen oder Verformungen und keine sichtbaren Kallusauflagerungen		<b>Note 1:</b> beschädigt, Abweichung von gerader Brustlinie $\geq 0,5$ cm nach oben, unten oder zur Seite aufgrund Zusammenhangstrennungen oder Verformungen oder sichtbare Kallusauflagerungen
---------------	-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Beurteiler-abgleich	Sollte alle 6 Monate durchgeführt werden zwischen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• allen Personen, die eine Bewertung von Brustbeinschäden durchführen</li> <li>• Kamerasystem und visueller (=durch trainierte Person) Bewertung</li> </ul> <p>➤ <b>Mindestens aber zur Einarbeitung neuer MitarbeiterInnen und nach Änderungen von Systemeinstellungen</b></p>	Kritische Werte zur Beurteilung der erzielten Kappa-Werte: <ul style="list-style-type: none"> <li>0,41-0,60 = akzeptabel</li> <li>0,61-0,80 = gut</li> <li>0,81-1,00 = sehr gut</li> </ul>
Für mehr Informationen siehe hier:  Anleitung Beurteilerabgleich		

Stichproben-größe	Empfohlene Stichprobengröße bei Ausfall des Systems und Mindestanzahl gültiger automatisierter Beurteilungen:	
Für mehr Informationen siehe hier:  Anleitung Stichprobengröße	Herdengröße	Stichprobengröße
	500	218
	1000	278
	2000	323
	3000	341
	10.000	370

Gütekriterien	Für Dritte nachvollziehbare Qualitätsbeurteilung des automatischen Erfassungssystems Die Kriterien werden in Bezug auf die Beurteilung durch eine gut trainierte Person (als Standard) errechnet. Orientierungswerte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholbarkeit (Präzision): gut bis sehr gut wenn <math>\geq 0,80</math></li> <li>• Derzeit erreichbar (bei Note 0 = keine Abweichung von gerader Brustlinie):                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Richtigkeit: <math>\geq 0,86</math></li> <li>• Sensitivität: <math>\geq 0,95</math></li> <li>• Spezifität: <math>\geq 0,77</math></li> </ul> </li> </ul>
Für mehr Informationen siehe hier:  Anleitung Gütekriterien	

Qualitäts-sicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßige Kontrolle der Gütekriterien</li> <li>• Kontinuierliche Dokumentation der Erhebungen</li> <li>• Dokumentation der Ausfallraten (nicht bewertete Schlachtpartien)</li> <li>• Regelmäßige Überprüfung der Einstellungen (z.B. Sensor, Blitz)</li> <li>• Sorgfältige betriebsspezifische Voreinstellungen des Systems (z.B. Auswahl des geeigneten Standorts)</li> </ul>
---------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Beeinflussende Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standort der Kamera</li> <li>• Verschmutzung</li> <li>• Federreste</li> <li>• Licht</li> <li>• Fehler / Defekte in der Verkabelung</li> </ul>	➤ Informationen zur Reinigung und Wartung sind im Handbuch Brustbein-Analyzer 1.0 hinterlegt.  Handbuch
-------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Große Stichprobenzahl pro Partie (<math>&gt;90</math> % der Brustbeine erfassbar)</li> <li>• Sehr geringer personeller Aufwand</li> <li>• Objektive Erfassung</li> <li>• Vergleichbare Erfassung bei gleich eingestellten Systemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterbewertung der tatsächlich vorhandenen Schäden</li> <li>• Kallusauflagerungen fast nicht erfassbar</li> <li>• Verschiedene Schweregrade werden nicht unterschieden</li> </ul>
Chancen	Risiken/Entwicklungsmöglichkeiten
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung sehr vieler Brustbeine möglich</li> <li>• Langzeiterfassung</li> <li>• Rückmeldung an Legehennenhalter gibt ihnen Aufschluss über das Tierwohl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leichte Veränderungen werden vernachlässigt</li> <li>• Leistung des Systems (hinsichtlich Gütekriterien) ist überwiegend sehr gut, die Spezifität könnte aber noch verbessert werden</li> </ul>

## Stichprobengrößenberechnung

In großen Herden können Stichproben untersucht werden, die repräsentativ für die ganze Herde sein sollen und anhand derer der Anteil Tiere bestimmt werden kann, der zu einem bestimmten Zeitpunkt von einer Beeinträchtigung oder Krankheit betroffen ist. Alternativ kann überprüft werden, ob ein bestimmter Schwellenwert betroffener Tiere nicht überschritten wurde.

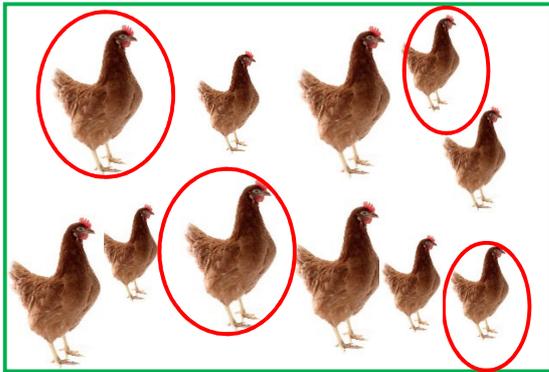


Abbildung 4 Stichprobenziehung aus einer Herde.

Wichtig ist eine zufällige Ziehung der Stichproben, wobei jedes Tier in der Herde die gleiche Chance haben muss, in die Stichprobe zu gelangen.

Es ist z.B. möglich vor der Bewertung der Tiere festzulegen, sich jedes x-te Tier aus einer Partie anzuschauen. Wichtig ist, dass Tiere aus der gesamten Partie bewertet werden, also am Anfang, in der Mitte und am Ende.

Wie viele Tiere aus einer Herde bewertet werden müssen, hängt von der Herdengröße und der geforderten Zuverlässigkeit des Ergebnisses ab.

### Teil 1: Überprüfung, ob eine Prävalenzschwelle nicht überschritten wird

In der folgenden Tabelle 1 wird angegeben, wie groß der Stichprobenumfang sein muss, um mit 99% Sicherheit (Konfidenzniveau) zu überprüfen, ob eine bestimmte Prävalenzschwelle in der Herde nicht überschritten wird.

Tabelle 1: Angabe der Stichprobengröße, die benötigt wird, um festzustellen, ob eine bestimmte Prävalenzschwelle nicht überschritten wird (Quelle: Conraths et al. 2015)

Herdengröße	Zu überprüfende Prävalenzschwellen (%) und Stichprobengrößen								
	50%	40%	30%	25%	20%	15%	10%	5%	2%
>10000	7	10	13	17	21	29	44	90	228
10000	7	10	14	17	21	29	44	90	226
9000	7	10	14	17	21	29	44	90	226
8000	7	10	14	17	21	29	44	90	225
7000	7	10	14	17	21	29	44	90	225
6000	7	10	14	17	21	29	44	90	224
5000	7	10	14	17	21	29	44	89	223
4000	7	10	14	17	21	29	44	89	222
3000	7	10	14	17	21	29	44	89	220
2000	7	10	14	17	21	29	44	88	216
1400	7	10	13	17	21	29	44	87	211
1000	7	10	13	16	21	28	43	86	204
900	7	10	13	16	21	28	43	86	202
800	7	10	13	16	21	28	43	85	199
700	7	10	13	16	21	28	43	85	195
600	7	10	13	16	21	28	43	84	190
500	7	10	13	16	21	28	42	83	183
450	7	10	13	16	21	28	42	83	179
400	7	10	13	16	21	28	42	81	174
350	7	10	13	16	21	28	42	80	168
300	7	10	13	16	20	28	41	78	160
250	7	10	13	16	20	27	41	76	150

Es wird wie folgt vorgegangen:

1. Zu überprüfende Prävalenzschwelle in Tabelle 1 wählen;
2. Spalte mit vorliegender Herdengröße suchen (wenn die Herdengröße nicht gelistet ist, Herdengröße wählen, die dem am nächsten kommt);
3. Die Zahl, die zur ausgesuchten Zeile und Spalte passt, ist die notwendige Stichprobengröße;
4. Die angegebene Anzahl Tiere bewerten, die zufällig aus verschiedenen Abschnitten ausgewählt werden;
5. Werden alle Tiere als unbeeinträchtigt/gesund eingestuft, so kann davon ausgegangen werden, dass die gewählte Prävalenzschwelle nicht überschritten wird;
6. Wurde mindestens ein beeinträchtigtes/krankes Tier gefunden, ist der Anteil kranker Tiere wahrscheinlich größer oder gleich dem gewählten Schwellenwert.

**Beispiel:**

Die Tierhalter<sup>2</sup> bekommen einen Bonus, wenn in ihrer Herde weniger als 2% der Tiere von Hautverletzungen betroffen sind. In der Tabelle wird die Spalte mit der Prävalenzschwelle von 2 % gesucht. Die Partie umfasst 2700 Tiere. Diese Größe ist in der Tabelle nicht gelistet, also wird die ihr am nächsten stehende Herdengröße von 3000 Tieren gewählt. In der Tabelle kann abgelesen werden, dass eine Stichprobe von 220 Tieren bewertet werden muss.

Zu überprüfende Prävalenzschwellen (%) und Stichprobengrößen									
Herdengröße	≥ 50%	40%	30%	25%	20%	15%	10%	5%	2%
≥10000	7	10	14	17	21	29	44	90	226
9000	7	10	14	17	21	29	44	90	226
8000	7	10	14	17	21	29	44	90	225
7000	7	10	14	17	21	29	44	90	225
6000	7	10	14	17	21	29	44	90	224
5000	7	10	14	17	21	29	44	89	223
4000	7	10	14	17	21	29	44	89	222
3000	7	10	14	17	21	29	44	89	220
2000	7	10	14	17	21	29	44	88	216
1400	7	10	13	17	21	29	44	87	211
1000	7	10	13	16	21	28	43	86	204
---	--	--	--	--	--	--	--	--	---

Abbildung 5: Bestimmung der Stichprobengröße bei einer Herdengröße von 3000 und einer Prävalenzschwelle von 2 %

Mögliches Ergebnis 1: Alle 220 Tiere aus der Stichprobe waren frei von Hautverletzungen. D.h. der Landwirt bekommt den Bonus, da mit 99% Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden kann, dass in der gesamten Herde nicht mehr als 2% der Tiere von Hautverletzungen betroffen sind.

Mögliches Ergebnis 2: Ein oder mehrere Tiere sind von Hautverletzungen betroffen. Der Landwirt bekommt den Bonus nicht, da davon ausgegangen werden kann, dass die 2%-Schwelle überschritten wurde.

<sup>2</sup> Im Interesse einer besseren Lesbarkeit soll die gewählte männliche Form jedes Geschlecht gleichberechtigt einschließen.

## Teil 2: Schätzung des tatsächlichen Anteils (Prävalenz) betroffener Tiere in der Herde

Um den tatsächlichen Anteil beeinträchtigter oder erkrankter Tiere zu schätzen, werden umfangreichere Stichprobengrößen benötigt. Der erforderliche Stichprobenumfang hängt dabei von der zu erwartenden Prävalenz und der akzeptierten Fehlerspanne und dem Konfidenzniveau ab. Die Fehlerspanne beschreibt die akzeptierte Abweichung vom wahren Wert, das Konfidenzniveau, mit welcher Wahrscheinlichkeit der ermittelte Wert den wahren Wert der gesamten Herde ( $\pm$  der Fehlerspanne) widerspiegelt. Je geringer die Fehlerspanne und je höher das Konfidenzniveau, umso mehr Tiere müssen untersucht werden. Außerdem muss die Stichprobe umso größer sein, je näher die zu erwartende Prävalenz an 50 % liegt. So lange keine sichere Erwartung formuliert werden kann, sollte deshalb vom ungünstigsten Fall (bezüglich der benötigten Stichproben) einer „erwarteten“ Prävalenz von 50 % ausgegangen werden.

Aus Tabelle 2 kann die benötigte Stichprobengröße bei einer erwarteten Prävalenz von 50 % (die benötigten Stichprobengrößen für alle anderen erwarteten Prävalenzen sind damit auf jeden Fall abgedeckt) bei einem Konfidenzniveau von 95% und einer Fehlerspanne von 5% bei entsprechender Herdengröße herausgelesen werden:

*Tabelle 2: Minimal benötigte Stichprobengrößen für die Bestimmung des Anteils beeinträchtigter/krankter Tiere bei unterschiedlichen Herdengrößen (Konfidenzniveau 95%, Fehlerspanne 5%; Quelle: Conraths et al. 2015)*

<b>Herdengröße</b>	<b>Stichprobengröße</b>
>10000	385
10000	370
9000	369
8000	367
7000	365
6000	362
5000	357
4000	351
3000	341
2000	323
1400	302
1000	278
900	270
800	260
700	249
600	235
500	218
450	208
400	196
350	184
300	169
250	152

### Beispiel:

Eine Partie umfasst 2700 Tiere. Ohne jedes einzelne Tier zu bewerten, soll festgestellt werden wie hoch der Anteil von Tieren mit Brustbeinschäden ist.

Eine Herdengröße von 2700 Tieren ist nicht gelistet, es wird die nächstliegende Größe von 3000 Tieren gewählt. Nach Tabelle 2 soll die Stichprobe 341 Tiere umfassen. Von 341 zufällig gewählten Tieren weisen 82 Tiere Brustbeinschäden auf.

Anzahl Tiere mit Schäden aus der Stichprobe  $\times$  100/Stichprobengröße = Anteil betroffener Tiere in %:  $82 \times 100/341 = 24\%$

24% der Tiere aus der Stichprobe weisen Brustbeinschäden auf. Mit einer Sicherheit von 95% liegt der Anteil betroffener Tiere in der gesamten Herde zwischen 19% und 29% (24%  $\pm$  5% maximaler Abweichung).

Wenn nur geringere Abweichung von z.B. 1% akzeptiert werden, muss die Stichprobe wesentlich größer sein. Bei unserer Herde mit 2700 Tieren, müsste die Stichprobe bei einer maximalen Abweichung von 1%, 2286 Tiere umfassen.

Für die **eigene Berechnung notwendiger Stichprobengrößen** können auch Rechner im Internet genutzt werden, z.B. bezüglich der Stichprobengröße für eine Prävalenzschätzung:

<https://www.surveymonkey.de/mp/sample-size-calculator/> (bei erwarteter Prävalenz von 50%) o-

der <https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html> (in Englisch, aber erwartete Prävalenz kann selbst eingegeben werden).

Weitere Erklärungen zu beiden hier vorgestellten Berechnungen der Stichprobengröße und Berechnungsformeln sind z.B. in Conraths et al. (2015) zu finden:

Conraths, J.F., Fröhlich, A., Gethmann, J., Ziller, M. (2015): Epidemiologische Untersuchungen in Tierpopulationen - Ein Leitfaden zur Bestimmung von Stichprobenumfängen. [https://www.openagrar.de/receive/openagrar\\_mods\\_00017757](https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00017757)