Programm zur Innovationsförderung des BMEL

Bewertung der Tiergerechtheit und des Tierwohls in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung unter Einsatz geeigneter Indikatoren

AutoWohl

Automatisierte Erfassung von Tierwohlindikatoren bei Geflügel

Arbeitspaket 1.1: „Automatisierte Erfassung von Gefiederveränderungen im Bestand bei Legehennen“

Abschlussbericht 2017-2019

Ansprechpartner: Stefanie Döhring, Robby Andersson

Hochschule Osnabrück

Fachgebiet Tierhaltung und Produkte

Studienschwerpunkt angewandte Geflügelwissenschaften (StanGe)

Am Krümpel 31, D-49090 Osnabrück

Tel: +49 (0)541 986 5351

Fax: +49 (0)541 986 5293

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Zuwendungsempfänger:	Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Fachgebiet Tierhaltung und Produkte
Förderkennzeichen:	2817903815
Vorhabenbezeichnung:	AutoWohl
Laufzeit des Vorhabens:	19. April 2017 bis 18. Dezember 2019
Berichtszeitraum:	19. April 2017 bis 18. Dezember 2019

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis IV

Tabellenverzeichnis V

Abbildungsverzeichnis VI

I. Kurzdarstellung 1

I.1. Aufgabenstellung 1

I.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 1

I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens 2

I.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde 3

I.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen 3

II Eingehende Darstellung 4

II.1. Erzielte Ergebnisse im Einzelnen 4

II.2. Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 12

II.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit 12

II.4. Voraussichtlicher Nutzen des Ergebnisses 12

II.5. Fortschritte auf dem Gebiet während der Durchführung des Projekts 13

II.6. Veröffentlichungen des Ergebnisses 14

IV Kurzfassung 15

Literatur 16

Anhang 17

Grafiken zum Verlaufstest 17

Abkürzungsverzeichnis

ggf.	gegebenenfalls
LW	Lebenswoche
m	Meter
MW	Mittelwert
sec	Sekunde
sek.	sekundär
z.T.	zum Teil

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fokussierter Hennenscore, modifiziert nach Spindler 2013 (bonitierte Körperbereiche: Rücken, Flügel, Stoß)..... 5
Tabelle 2: Ergebnisse des Beobachterabgleichs vom 27.09.2018, n=60 Hennen..... 6
Tabelle 3: Bewertungsmaßstäbe des PABAK-Tests (Sim und Wright 2005)..... 6

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abgrenzung der Henne vom Hintergrund mittels 3D-Technik (grüne Markierung) und Bildung des 100%-Bereichs für die Berechnung der anteiligen Areale mit fehlenden Konturfedern oder federlosen Arealen (gelb umrandet). Beispiel aus dem Praxistest. 5
Abbildung 2: Beispiele aus dem externen Praxistest. Variationen der Objektpräsentation für die Detektion durch das Kamerasystem. 7
Abbildung 3: Vergleichende Ergebnisdarstellung externer Praxistest. Gegenüberstellung des gruppierten Medians der manuellen (y-Achse, graue Balken) und digitalen (sek. y-Achse, gelbe Punkte) Ergebnisse. Graue Balken, die über die rote Linie heraustreten zeigen mindestens deutliche Gefiederschäden. 8
Abbildung 4: Testung des Kamerasystems in Bewegung. Kamera am Schienensystem installiert. 9
Abbildung 5: Beispiel aus der Kameratestung im Lauf, drei aufeinander folgende Bilder, Zuggeschwindigkeit 00:30 min / 2 m. 10
Abbildung 6: Beispiel aus der Kameratestung im Lauf, drei aufeinander folgende Bilder, Zuggeschwindigkeit 00:60 min / 2 m. 10
Abbildung 7: Erprobung Wärmebildtechnik, links: Rohbild; rechts: dazugehöriges Wärmebild, grüner Kreis entspricht intaktem Deckgefieder, roter Kreis entspricht federlosem Areal. 11
Abbildung 8: Erprobung Wärmebildtechnik, links: Rohbild; rechts: dazugehöriges Wärmebild, Henne mit Gefiederschäden in den Bereichen Rücken und Stoß, Gefiederschäden teilweise durch Flügel verdeckt. 11
Abbildung 10: Tiernummer 1, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 17
Abbildung 11: Tiernummer 2, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 18
Abbildung 12: Tiernummer 3, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 18
Abbildung 13: Tiernummer 4, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 19

Abbildung 14: Tiernummer 5, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 19
Abbildung 15: Tiernummer 6, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 20
Abbildung 16: Tiernummer 7, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 20
Abbildung 17: Tiernummer 8, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 21
Abbildung 18: Tiernummer 9, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 21
Abbildung 19: Tiernummer 10, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 22
Abbildung 20: Tiernummer 11, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 22
Abbildung 21: Tiernummer 12, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 23
Abbildung 22: Tiernummer 13, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 23

Abbildung 23: Tiernummer 14, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 24
Abbildung 24: Tiernummer 6, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW) 24

I. Kurzdarstellung

I.1. Aufgabenstellung

Dieses Verbundprojekt diente der Entwicklung verbesserter und neuer Messsysteme zur automatisierten bildgestützten Erfassung von Tierwohlindikatoren am Schlachthof und im Bestand bei Legehennen, Masthühnern und Puten und wurde im Rahmen der Innovationsförderung des BMEL gefördert. Beteiligt waren vier wissenschaftliche Partner (Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo), Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), Hochschule Osnabrück, Universität Kassel) sowie vier Unternehmen der vor- und nachgelagerten Produktion (CLK GmbH Bildverarbeitung und Robotik, Barnstorfer Geflügelschlachterei Dietrich Menge GmbH, Heidemark GmbH und Brüterei Süd ZN der BWE-Brüterei Weser-Ems GmbH & Co. KG). Aufgeteilt in acht Arbeitspaketen (AP) sollten bereits bestehende Messsysteme standardisiert, optimiert und validiert sowie neue Systeme entwickelt werden. Ziel des Vorhabens war es, das Potential einer besseren Standardisierung und objektiven Befunderhebung mit dem Vorteil einer zeiteffizienten Datenerhebung weiter zu erschließen, um routinemäßige Tierwohlbeurteilungen am Schlachthof und im Geflügelbetrieb verstärkt und valide einsetzen zu können.

Gegenstand des Teilprojektes AP 1.1 war die Entwicklung eines neuen Messsystems zur automatisierten bildgestützten Erfassung von Gefieder-Veränderungen im Bestand bei Legehennen. Dabei war zu prüfen, ob sich die automatisierte Bonitur als Frühwarnsystem für beginnendes Federpicken eignet.

I.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Unter der Leitung von Prof. Dr. Robby Andersson hat die Osnabrücker Arbeitsgruppe in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungen, Projekte sowie Abschlussarbeiten zur Bewertung und Verbesserung von Haltungssystemen, Optimierung des Herdenmanagements und Indikator basiertem Controlling durchgeführt; zu nennen sind beispielsweise Arbeiten im Rahmen des Tierschutzplans Niedersachen zum Federpicken und Kannibalismus.

Das Arbeitspaket wurde in enger Zusammenarbeit mit der Firma CLK GmbH (CLK) bearbeitet, deren Schwerpunkt insbesondere in der Entwicklung von Kameratechnik (2D, 3D, Farbe) und stabiler Algorithmen zur automatischen Bewertung liegt.

Federpicken ist eine Verhaltensstörung, die durch das Bepicken von Federn sowie das Herausziehen von Federn eines Artgenossen definiert ist. Die Vermeidung von Federpicken stellt in der Haltung von Legehennen eine große Herausforderung dar und gewann in den letzten Jahren weiterhin an Bedeutung, da durch den Verzicht auf das Schnabelkürzen seit 2017 im Falle des Auftretens von Federpicken dessen Folgen deutlicher sichtbar werden. Der Status des Gefieders erlaubt demnach auch Rückschlüsse auf die Haltungs- und

Managementbedingungen. Um die Objektivität und die Zeiteffizienz von Gefiederbonituren zu erhöhen, wird die Entwicklung eines automatisierten Systems zur Erfassung des Gefiederstatus angestrebt. Da es sich bei dem Projektteil um eine Neuentwicklung handelte, wurden zunächst zeitintensive, technische Entwicklungsarbeiten notwendig. Zum Ende der Entwicklungsarbeit stand ein Prototyp, der jedoch während des Praxistests noch Arbeiten zur Weiterentwicklung bzw. Anpassungen bedurfte.

I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der geplante zeitliche Ablauf der Arbeitspakete wich bereits durch einen abweichenden Projektstart (geplant November 2016, bewilligt zum 19.04.2017) von der ursprünglichen Vorhabenbeschreibung ab. Unterschiedliche Meilensteine waren im Projektplan festgelegt und sollten für die unterschiedlichen Arbeitspakete gleichermaßen realisiert werden.

- Meilenstein 1: Vorarbeiten, Installation der Technik, Festlegung eines Beobachtersystems, Durchführung der Beobachterabgleiche (geplanter Abschluss bis November 2017)
- Meilenstein 2: automatisierte Erfassung und Bonitur, histopathologische Untersuchungen, Optimierung der automatischen Systeme (geplanter Abschluss November 2018)
- Meilenstein 3: Validierung der Ergebnisse, erste Auswertung (geplanter Abschluss Mai 2019)
- Meilensteine 4 und 5: Erarbeitung von Anleitungen zur Anwendung bzw. Schulungsunterlagen, Publikation der Ergebnisse (geplanter Abschluss bis Dezember 2019).

Die Erreichung der einzelnen Meilensteine verschob sich im Laufe der Projektbearbeitung. Die Neuentwicklung der Technik zur Erkennung von Gefiederschäden erwies sich als komplexer als ursprünglich gedacht, so dass mit der Erprobung erst im August 2018 begonnen werden konnte.

Der Ablauf des Projektes gliederte sich in eine Entwicklungsphase des Kamerasystems und eine Erprobungsphase, in der das Kamerasystem unter Praxisbedingungen getestet wurde. Der Praxistest wurde in die „Verlaufsuntersuchung“ einzelner Hennen einer Legehennen-Herde während der Legeperiode (insgesamt 35 Wochen) und in den „externen Praxistest“, der die Untersuchung verschiedener Legehennen-Herden beinhaltete, unterteilt. Ursprünglich war der Praxistest lediglich als externer Praxistest (Untersuchung verschiedener Herden/Bestände) geplant. Im Rahmen der Softwareentwicklung wurde jedoch deutlich, dass eine fortlaufende Untersuchung gleicher Individuen im Verlauf der Legeperiode im Sinne des Projektes wäre, da eine solche Untersuchung eine Aussage ermöglicht, ob das Kamerasystem fortlaufende Veränderungen im Gefiederstatus, vergleichend mit der manuellen Bonitur,

erfassen kann. Vorteilig war hier die einheitliche Objektpräsentation (jeweils nur eine Henne vollständig im Bild), die im Rahmen des darauffolgenden externe Praxistests durch eine willkürliche Objektpräsentation (unterschiedlich viele Hennen im Bild, z.T. nur angeschnitten) nicht gegeben war. Der abschließende Teil des Praxistest, die Kameratestung im Lauf, wurde wie geplant durchgeführt. Das Kamerasystem wurde hier mit der Fragestellung erprobt, ob eine Detektion von Gefiederschäden auch in Bewegung möglich ist. Für die Nutzung des Kamerasystems in der Praxis ist das Fahren der Kamera an einer Schiene im Bereich der Stalldecke geplant um eine möglichst hohe Stichprobe verschiedener Hennen in die Bewertung mit einbeziehen zu können.

Während der Projektlaufzeit wurden drei Konsortium-Treffen (am 26.06.2017, am 25.05.2018 und am 25.06.2019) und zwei Workshops zur Ergebnispräsentation und zum Wissenstransfer in die Praxis (am 13.02.2019 und am 21.11.2019) durchgeführt. Die ursprüngliche Planung sah zwei Konsortium-Treffen und drei Workshops vor (ein entsprechender Änderungsantrag wurde vom Projektkoordinator gestellt und durch den Projektträger bewilligt).

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

Nach wissenschaftlichem Kenntnisstand wird der Status des Gefieders bei der Haltung von Jung- und Legehennen als ein geeigneter Indikator für die Einschätzung des Tierwohls (Knierim et al. 2016, Keppler et al., 2017; ML Nds., 2017) angesehen. Bonituren des Gefieders werden gegenwärtig manuell durchgeführt. Dem Projekt vorangegangene Untersuchungen bzw. bestehende Verfahren zur automatisierten Erfassung von Gefiederschäden sind der Arbeitsgruppe nicht bekannt. Für die Tierhaltung allgemein existieren bisher keine automatisierten Systeme zur Erfassung von Tierwohlindikatoren beim Nutzgeflügel, die nachweislich valide Ergebnisse erzielen.

I.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Projekt wurde als Teil eines Verbundes in enger Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Partnern Stiftung Tierärztliche Hochschule (Koordination), der Universität Kassel und der Ludwig-Maximilian-Universität München durchgeführt. Mit der Firma CLK erfolgte eine enge Zusammenarbeit, da diese die technische Zuarbeit leistete und das Kamerasystem nach definiertem Bedarf durch die Arbeitsgruppe lieferte bzw. das System auch während des Praxistests technisch überarbeitete. Die Firma CLK war außerdem an den Untersuchungen im externen Praxistest (siehe Kap. II.1) beteiligt, da bei jeder Systeminstallation aufgrund variierender Standortbedingungen (Beleuchtung, Einfall natürlichen Lichtes etc.) eine Anpassung der Einstellungen und eine Kalibrierung (Weißabgleich) des Systems notwendig wurde. Dr. Lisa Jung von der Universität Kassel

unterstützte das Teilprojekt bei der Durchführung des Boniturabgleichs (Inter-Observer-Abgleich).

II Eingehende Darstellung

II.1. Erzielte Ergebnisse im Einzelnen

Da es sich bei dem Projektteil um eine Neuentwicklung handelte, wurden zunächst Arbeiten zur **Entwicklung eines Kamerasystems (Prototyp)** für die Detektion von Gefiederschäden notwendig. Dazu wurden drei verschiedene Kameras (Nah-Infrarot *NIR*-, visuelle *VIS*- und Ultraviolett *UV*-Technik) unter Laborbedingungen (präparierte/ausgestopfte Henne) und in Praxisbetrieben auf ihre Fähigkeit untersucht, Deckgefieder vom Dunenfederkleid zu unterscheiden. Beim Vorkommen von Federpicken, wird das Dunenfederkleid durch das Herausziehen der Deckfedern sichtbar. Die Federarten unterscheiden sich in ihrer Struktur, bei Deckfedern ist der typische Aufbau mit Federkiel und Federfahne erkennbar. Bei braunen Genetiken unterscheiden sich die beiden Federarten auch in ihrer Farbe. Das Dunenfederkleid ist hier weiß. Die Unterscheidung der beiden Federarten ist somit, im Vergleich zu Genetiken mit weißem Deckgefieder, erleichtert. Zur Unterscheidung der beiden Federtypen konnten mit Nah-Infrarot-Technik (600-1100 nm) die besten Ergebnisse erzielt werden. Die Daten dieser Rohbilder waren mittels im Kamerasystem hinterlegten Algorithmen am ehesten zur Unterscheidung der Federtypen geeignet. Die Bildaufnahme erfolgt synchron mit der Auslösung eines Blitzes im Nah-Infrarot-Bereich. Das Wellenlängenspektrum des Blitzes befindet sich außerhalb des für Vögel sichtbaren Lichtspektrums (Kämmerling et al. 2017) und hat den Vorteil, dass die Tiere dadurch nicht gestört werden. Im Rahmen des Praxistests erfolgte die Bildgebung in der Aufsicht der Henne(n). Um die Henne(n) vom Hintergrund abgrenzen zu können, wurde die Nah-Infrarot-Technik des Systems mit einer 3D-Technik kombiniert. Die von der Firma CLK entwickelten und im Kamerasystem hinterlegten Algorithmen ermöglichen eine Berechnung der prozentualen Fläche veränderter Areale (fehlende Deckfedern/unbefiederte Bereiche) mit Bezug auf die Gesamtfläche der Henne(n) im Bild (siehe Abb. 1). Die veränderten Areale, also fehlende Deckfedern oder unbefiederte Bereiche, werden im Folgenden begrifflich als „Fehlstellen“ zusammengefasst.

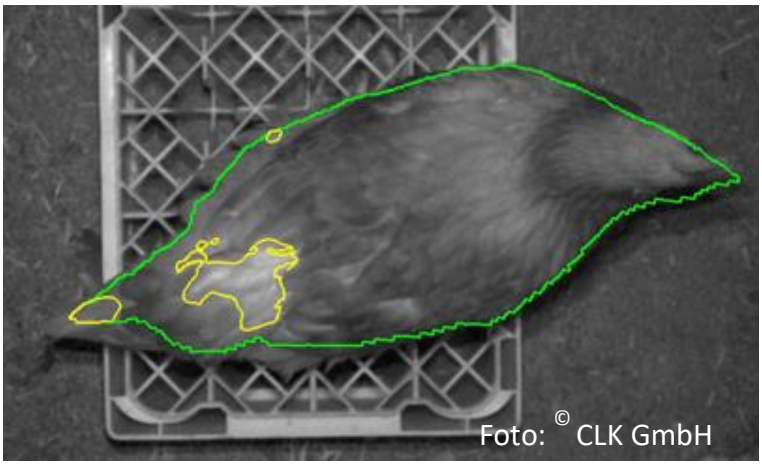

Abbildung 1: Abgrenzung der Henne vom Hintergrund mittels 3D-Technik (grüne Markierung) und Bildung des 100%-Bereichs für die Berechnung der anteiligen Areale mit fehlenden Konturfedern oder federlosen Arealen (gelb umrandet). Beispiel aus dem Praxistest.

Der **Praxistest** wurde in drei Bestandteile („Verlaufsuntersuchung“, „externer Praxistest“ und „Kameratestung im Lauf“) gegliedert. Der Verlaufstest und der externe Praxistest sollten Aufschluss darüber geben, ob die Ergebnisse des Kamerasystems mit den Ergebnissen der manuellen Bonitur übereinstimmen. Das verwendete Boniturschema (Spindler 2013, Tabelle 1) beinhaltet im Ursprung die Beurteilung des Gefiederstatus von sechs verschiedenen Körperregionen (Hals, Rücken, Flügel, Stoß, Legebauch und Schenkel) anhand eines Viererscores (0-3). Dieser fokussierte Hennenscore dient als Referenz für die Ergebnisse des Kamerasystems, wurde aber durch Reduktion einiger Körperregionen (Legebauch, Schenkel, Hals), modifiziert. Die Modifikation des Boniturschemas ist den Bedingungen des Praxistestes angepasst. Das Kamerasystem erfasst und bewertet die Körperregionen Rücken, Stoß und Flügel aufgrund ihrer Position (Aufnahmen in der Aufsicht) und gewährleistet so die Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Tabelle 1: Fokussierter Hennenscore, modifiziert nach Spindler 2013 (bonitierte Körperbereiche: Rücken, Flügel, Stoß)

Score 0	Gefieder vollständig intakt
Score 1	Gefiederschäden und fehlende Federn deutlich erkennbar
Score 2	Gefiederschäden und fehlende Federn massiv erkennbar
Score 3	überwiegend unbefiedert

Das modifizierte Boniturschema wurde zunächst einem Boniturabgleich unterzogen. Die Auswertung des Abgleichs erfolgte, nach dem Übereinkommen der Projektpartner am 25.5.2018 (2. Projekttreffen AutoWohl am ITTN der Tierärztlichen Hochschule Hannover) mittels PABAK-Test. Die Berechnung erfolgte mit Microsoft EXCEL (nach Vorlage der Projektleitung/TiHo). Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. Der Beobachterabgleich wurde im Legehennenstall des Lehr- und Versuchshofs der Hochschule Osnabrück mit zwei Beobachtern (1 Person der Hochschule Osnabrück und 1 Person der Universität Kassel)

durchgeführt. Die Bewertungsmaßstäbe des PABAK-Tests sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Die Hennen zeigten zum Zeitpunkt des Abgleichs (31. Lebenswoche) fast ausschließlich im Bereich des Rückens Gefiederschäden, so dass die hervorragenden Ergebnisse des PABAK-Tests im Bereich der Körperregionen „Flügel“ und „Stoß“ durch die geringen Abweichungen vom Normzustand beeinflusst waren. Die Ergebnisse der Rückenregion können mit 77% Übereinstimmung und einem PABAK von 0,69 ebenfalls als solide angesehen werden. Der Beobachterabgleich wurde zu Beginn der Legephase durchgeführt. Die Situation des Gefieders ist demnach dem Projektziel „Gefiederschäden-Früherkennung“ angepasst.

Tabelle 2: Ergebnisse des Beobachterabgleichs vom 27.09.2018, n=60 Hennen

Körperregion	Rücken	Flügel	Stoß
Übereinstimmung (%)	77	100	98
PABAK	0,69	1,00	0,98

Tabelle 3: Bewertungsmaßstäbe des PABAK-Tests (Sim und Wright 2005)

< 0.00	Poor
0.00-0.20	Slight
0.21-0.40	Fair
0.41-0.60	Moderate
0.61-0.80	Substantial
0.81-1.00	Almost Perfect

Der **Verlaufstest** erfolgte über 35 Wochen an 15 markierten Hennen zwischen der 24. und 61. Lebenswoche im Legehennenstall des Lehr- und Versuchshof der Hochschule Osnabrück. Die Hennen wurden wöchentlich manuell bonitiert und dem Kamerasystem zur Beurteilung des Gefiederstatus präsentiert. Die Abbildungen 10-24 zeigen die Ergebnisse der manuellen und automatisierten Bonitur jeder Henne über den Zeitraum der Erhebung (August 2018 bis April 2019) im Vergleich und befinden sich im Anhang.

Im Verlaufstest konnten in der 45. und 46. Lebenswoche aufgrund technischer Probleme keine Daten erhoben werden (siehe Abb. 10-24 im Anhang). Das Innere des PCs war verstaubt und konnte nicht mehr gestartet werden. Es fand eine Reinigung durch die Firma CLK statt. Während des Verlaufstest war einmalig die Anpassung der Algorithmen durch die Firma CLK notwendig. Gefiederschäden wurden zuvor nicht sicher erkannt.

In der 56. Lebenswoche konnten die digitalen Daten einiger Hennen (Nr. 2, 4, 6, 7, 10 und 12, siehe Abb. 11, 13, 15, 16, 19 und 21 im Anhang) nicht verwendet werden, da das Kamerasystem Bereiche zur Bewertung heranzog, die nicht den Umrissen der Hennen

entsprachen. Nach Rücksprache mit der Firma CLK ist der Bewertungsfehler durch einen Neustart des Systems zu beheben.

Die manuellen und digitalen Ergebnisse steigen bei den Hennen im zeitlichen Verlauf. Es erfolgte eine Korrelationsberechnung mittels **Spearman-Rho**. Hier wurden die Mittelwerte der Kameraergebnisse und die Summe der Boniturnoten aus allen drei Regionen zur Berechnung herangezogen (alle Paare, unabhängig von Woche und Tier, n=487). Der so errechnete Korrelationskoeffizient erreicht einen Wert von **0,679** und zeigt eine **Signifikanz zwischen automatisierten und manuellen Ergebnissen** an.

Trotz des stetigen Anstiegs der manuellen Boniturnoten, kam es zu Schwankungen. Teilweise verbesserten sich Boniturnoten zum Ergebnis der vorangegangenen Woche. Dies ist mutmaßlich in den hinterlegten Beschreibungen zu den Boniturnoten (Gefiederschäden mäßig oder deutlich erkennbar bzw. überwiegend unbefiedert) begründet, die insbesondere bei schwierigen Grenzentscheidungen Raum für eine subjektive Ergebnisfindung lassen. Die Notwendigkeit eines automatisierten Systems wird dadurch unterstrichen.

Die Durchführung des **externen Praxistests** erfolgte enger angepasst an die geplante Nutzung in der Praxis. Das Kamerasystem wurde, entsprechend des Verlaufstests, im Scharrbereich platziert. Die Datenerhebung erfolgte in der Aufsicht an insgesamt **13 Herden**. Die Objektpräsentation variierte hier innerhalb der Aufnahmen stark, da unterschiedlich viele Hennen, häufig nur teilweise, vom Kamerasystem erfasst wurden bzw. den 100%-Bereich bildeten (siehe Abb. 2). Die Datenerhebung durch das Kamerasystems erfolgte über mindestens 20 Minuten (entspricht ca. 600 Bildern). Für die manuelle Bonitur der Körperregionen Rücken, Flügel und Stoß wurden je nach Herdengröße 25 oder 40 Hennen untersucht. Die Auswahl der Hennen erfolgte randomisiert.

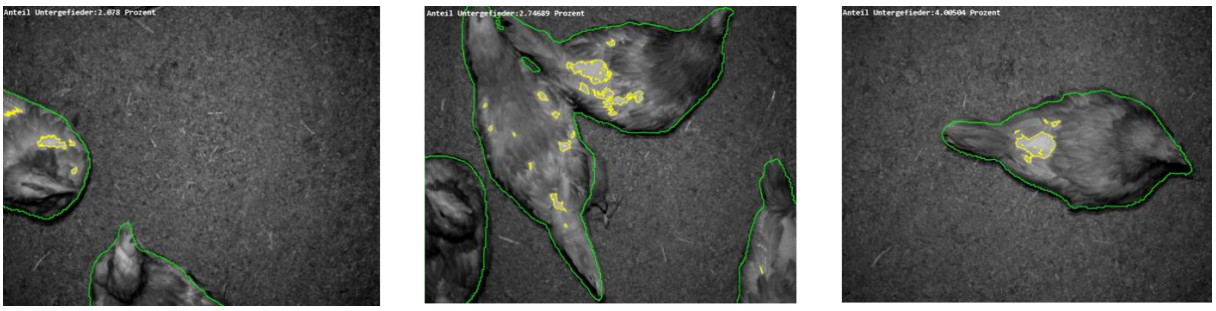

Abbildung 2: Beispiele aus dem externen Praxistest. Variationen der Objektpräsentation für die Detektion durch das Kamerasystem. Fotos: CLK GmbH

Werden die Hennen vom System vollständig erfasst (Abb. 2, Mitte und rechts), bietet dies die beste Basis um die Fehlstellen korrekt zu markieren und deren prozentualen Anteil auszuweisen. Sind Hennen in Randbereichen nur teilweise miterfasst, kann eine adäquate Ausweisung der Fehlstellenanteile nicht erfolgen. Der 100%-Bereich (Bezug für die

Berechnung) wird nicht von der vollständigen Henne gebildet. Im mittleren Bild (siehe Abb. 2) wird der 100%-Bereich durch die angeschnittenen Hennen in den Randbereichen vergrößert und der Fehlstellen-Anteil dadurch verringert.

Die manuellen und digitalen Ergebnisse wurden im Anschluss an die Erhebung mit der Fragestellung gegenübergestellt, ob das Kamerasystem durch Gefiederschäden auffällige Herden erkennt (Abb 3).

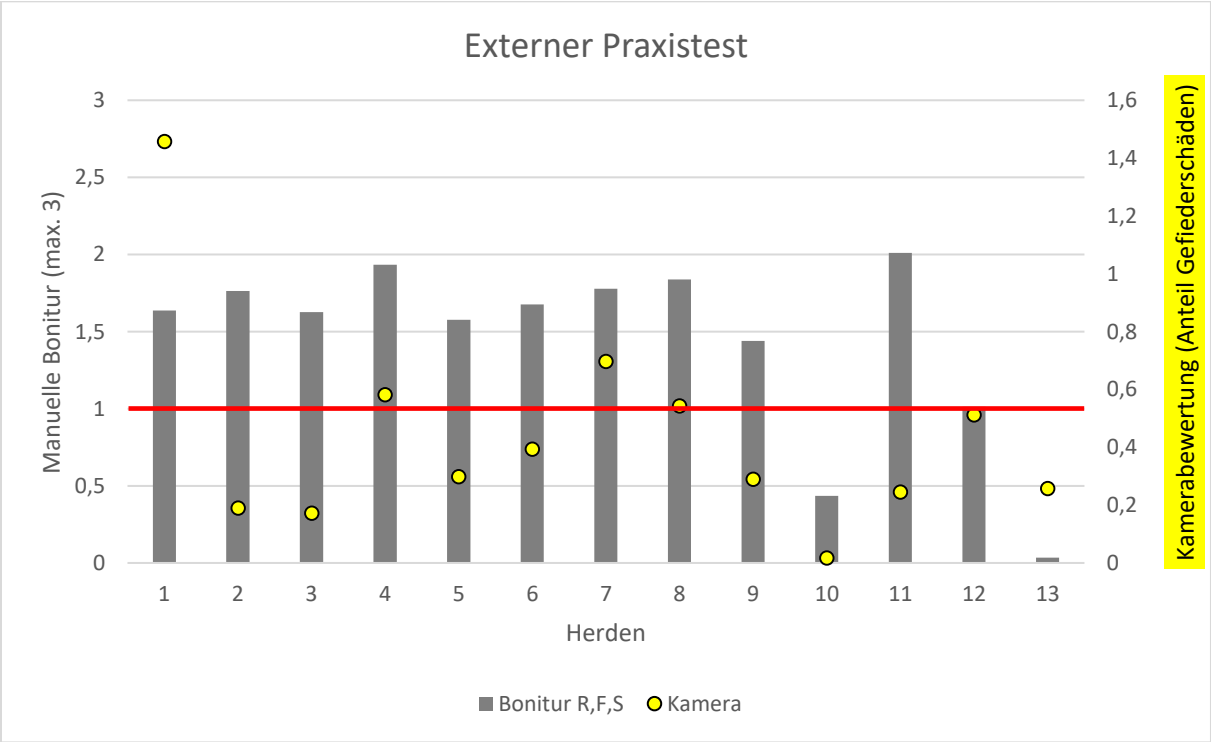

Abbildung 3: Vergleichende Ergebnisdarstellung externer Praxistest. Gegenüberstellung des gruppierten Medians der manuellen (y-Achse, graue Balken) und digitalen (sek. y-Achse, gelbe Punkte) Ergebnisse. Graue Balken, die über die rote Linie heraustreten zeigen mindestens deutliche Gefiederschäden.

Für die Ergebnisse der manuellen Bonitur und für die Ergebnisse des Kamerasystems wurden zunächst gruppierte Mediane (SPSS) berechnet und diese für alle Herden grafisch gegenübergestellt. Die Ergebnisse der manuellen Bonitur sind im Diagramm mit Bezug zur primären y-Achse hinterlegt (graue Balken). Die Ergebnisse des Kamerasystem sind als gelbe Punkte für jede Herde dargestellt. Der Bezug wird hier durch die sekundäre y-Achse hergestellt. Die rote Linie in Höhe der Boniturnote 1 markiert die Herden, bei denen „deutliche Gefiederschäden“ (siehe manuelles Boniturschema, Tab. 1) zu erkennen waren. Lediglich die Herden 10 und 13 zeigten fast keine bzw. geringgradige Gefiederschäden. Das Kamerasystem ermittelte jedoch nicht ausschließlich bei diesen Herden geringgradige prozentuale Fehlstellen-Anteile. Bei allen Herdenuntersuchung detektierte das System, insbesondere im

Vergleich zum Verlaufstest, durchschnittlich geringe prozentuale Fehlstellen-Anteile unter 1,5%.

Im externen Praxistest stimmten die Ergebnisse der manuellen Bonitur und die Ergebnisse des Kamerasystem **nicht überein**. Ursächlich für die niedrigen Werte der vom Kamerasystem detektierten Fehlstellen-Anteile war die variierende Objektpräsentation (vgl. Abb. 2). Wurden Hennen nur am Rande des Bildes erfasst, erfolgte die Detektion der Fehlstellen dieser Hennen -vermutlich aufgrund ihrer Position am Rande des Kamerafokus- häufig nicht vollumfänglich. Zusätzlich wurden Hennen bzw. Teile von Hennen, die sich in den Randbereichen des Bildes befanden, in die Ermittlung des 100%-Bereichs einbezogen. Dadurch sinkt der vom System ausgewiesene prozentuale Fehlstellen-Anteil.

Gefiederschäden zeigen sich häufig zunächst im Bereich des Rückens und werden von den Flügeln zum Teil verdeckt. Die Bewertung des Rückens durch das Kamerasystem kann nur an Arealen des Rückens erfolgen, die nicht von den Flügeln verdeckt sind. Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Praxistest machen deutlich, dass die Früherkennung von Gefiederschäden durch das System bei beginnendem Federpicken im Bereich des Rückens erschwert ist.

Die **Kameratestung im Lauf** ging der Fragestellung nach, ob das System Gefiederschäden auch in Bewegung erfassen kann. Dazu wurde die Kamera 1,55 m oberhalb des Bodens im Scharrbereich an einer 2 m langen Schiene angebracht (siehe Abb. 4). Die Bedingungen entsprachen denen des Verlaufstests um den Kamerafokus beibehalten zu können.

Abbildung 4: Testung des Kamerasystems in Bewegung. Kamera am Schienensystem installiert.

Die Kamera wurde in unterschiedlichen Geschwindigkeiten (00:20 bis 2:00 Minuten / 2 m) manuell von einem Ende der Schiene zum anderen Ende gezogen.

Auch in Bewegung konnte das Kamerasystem die 100%-Bereiche markieren und Gefiederschäden ausweisen. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen jeweils drei

aufeinanderfolgende Bilder, die bei unterschiedlichen Zuggeschwindigkeiten (Dauer von 00:30 Minuten und 00:60 Minuten für 2 m) ausgelöst und bewertet wurden. Unter beiden Geschwindigkeiten konnten scharfe Bilder erzeugt werden, so dass die Detektion der Fehlstellen-Anteile durch die Bewegung nicht erschwert war.

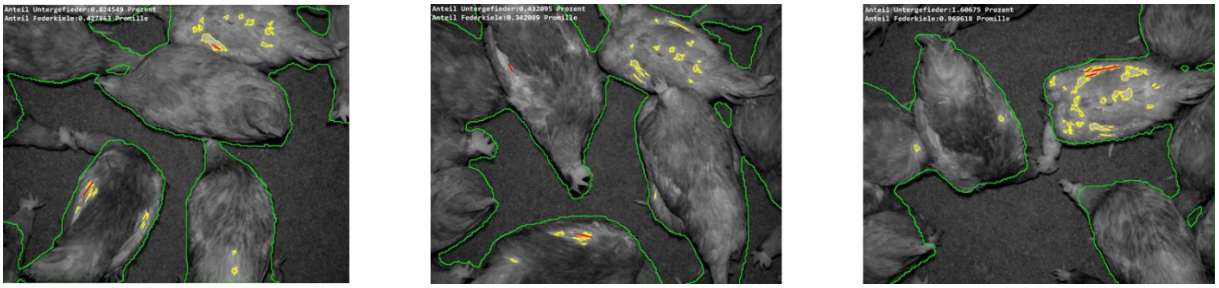

Abbildung 5: Beispiel aus der Kameratestung im Lauf, drei aufeinander folgende Bilder, Zuggeschwindigkeit 00:30 min / 2 m. Fotos: CLK GmbH

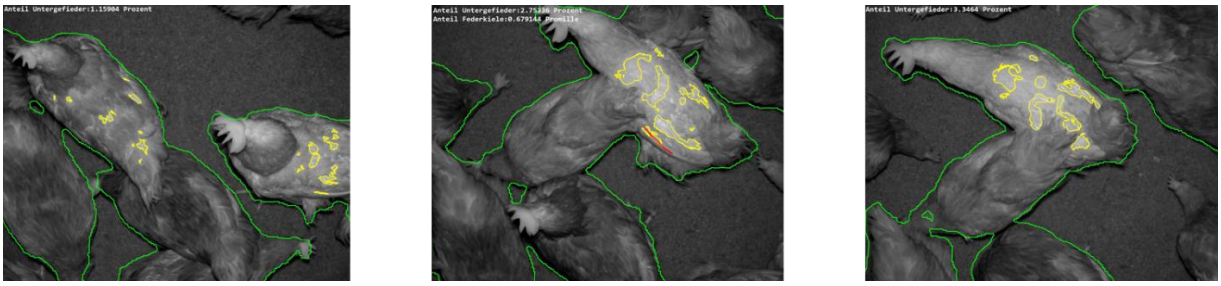

Abbildung 6: Beispiel aus der Kameratestung im Lauf, drei aufeinander folgende Bilder, Zuggeschwindigkeit 00:60 min / 2 m. Fotos: CLK GmbH

Das Kamerasystem wurde außerdem für die Anwendung in Beständen mit **weißer Genetik** getestet. Gefiederschäden konnten mit dem hier verwendeten Kamerasystem nicht sicher erfasst werden, da das System hauptsächlich über die Erfassung farblicher Unterschiede (dunkles Deckgefieder, helles Dunenfederkleid) arbeitet. Es erfolgte die Testung eines Kamerasystems mit höherer Auflösung mit dem Ziel, die Unterscheidung über die Gefiederstruktur, anstelle der Farbe bzw. des Kontrasts, zu ermöglichen. Eine sichere Detektion der Gefiederschäden weißer Tiere war auch mittels dieser Technik nicht möglich.

Die Anwendung des Kamerasystems in Beständen mit weißer Genetik **erfordert Unterstützung durch zusätzliche Technik**.

Während des Praxistests wurden erste Untersuchungen mit unterstützender **Wärmebildtechnik** durchgeführt. Ein nicht vollständiges Gefieder wird aufgrund schlechterer Wärmeisolation, durch die Wärmebildkamera, abweichend von der Farbe Blau, (grün→gelb→rot) dargestellt (Abb. 7 und 8).

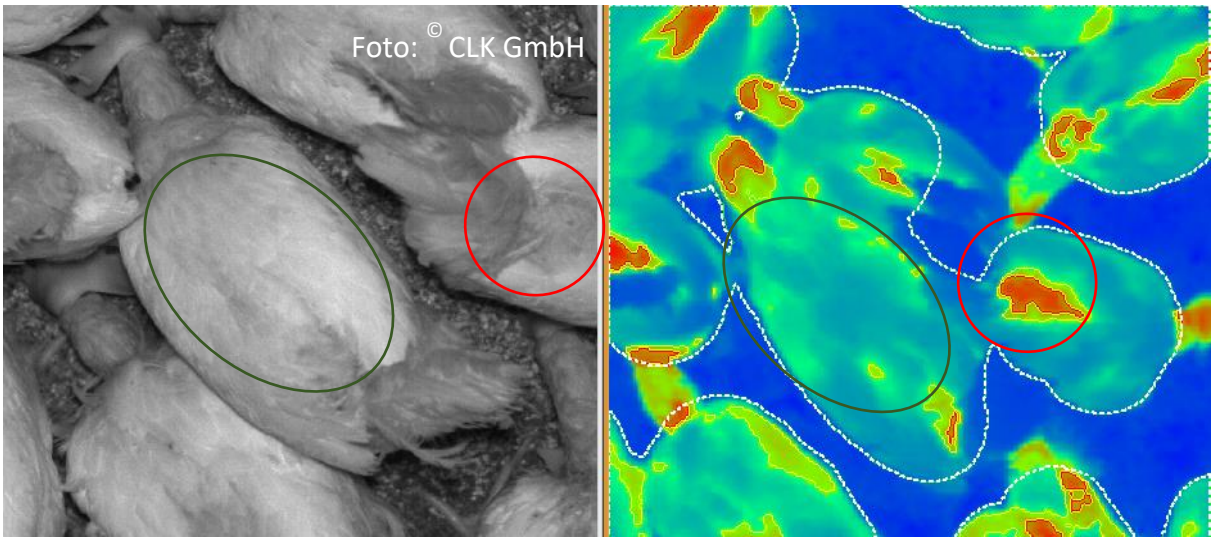

Abbildung 7: Erprobung Wärmebildtechnik, links: Rohbild; rechts: dazugehöriges Wärmebild, grüner Kreis entspricht intaktem Deckgefieder, roter Kreis entspricht federlosem Areal.

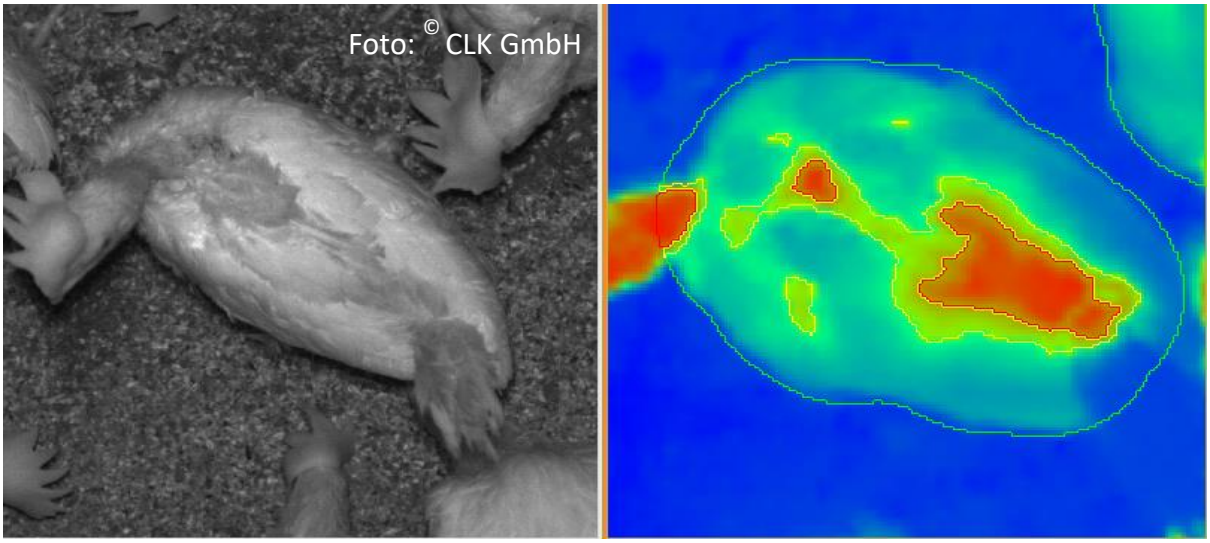

Abbildung 8: Erprobung Wärmebildtechnik, links: Rohbild; rechts: dazugehöriges Wärmebild, Henne mit Gefiederschäden in den Bereichen Rücken und Stoß, Gefiederschäden teilweise durch Flügel verdeckt.

Die Wärmebildtechnik hat Potential das Kamerasystem in der Funktion der automatisierten Früherkennung von Gefiederschäden zu unterstützen. In der Abbildung 8 wird deutlich, dass das unvollständige (von den Flügeln größtenteils verdeckte) Gefieder des Rückens mittels Wärmebildtechnik „sichtbar“ gemacht werden kann. Bereiche, die am Rücken unterhalb der Flügeldecke rot erscheinen, zeigen ein nicht vollständiges Gefieder bzw. federlose Areale an. Die Kopfbereiche der Hennen unterliegen, aufgrund der mäßigen bis fehlenden Befiederung, keiner oder einer geringen Wärmeisolierung und werden von der Kamera in grüner, gelber oder roter Farbe wiedergegeben. Der Kopfbereich wird somit fälschlicherweise vom Kamerasystem als Fehlstelle bewertet. Die Nutzung der Wärmebildtechnik bedarf demnach Anpassungen zur Fehlerkorrektur. Nach Aussage der Firma CLK ist es möglich den Kopfbereich nicht in die Berechnung miteinzubeziehen. Das Herausrechnen des Kopfbereichs

ist jedoch nur möglich, wenn der Hals nach vorne gestreckt ist. Befindet sich der Kopf in der Aufsicht über dem Rücken, ist dies technisch nicht möglich. Alternativ müsste der Schwellenwert für die Warnstufe erhöht werden um die Berechnung der Situation anzupassen.

Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse und Gegenüberstellung zu den vorgegebenen Projektzielen AP 1.1:

Die Ziele des Arbeitspaketes wurden in der Projektlaufzeit nicht vollständig erreicht. Obwohl sich das hier entwickelte Kamerasystem zur Detektion von Gefiederschäden brauner Hennen eignet, besteht weiterer Optimierungsbedarf hinsichtlich der sicheren Früherkennung von Gefiederschäden (erste Schäden im Bereich des Rückens) bzw. in der Ausweitung der Funktion auf Hennen weißer Genetik.

II.2. Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der während der Projektlaufzeit aktualisierte Finanzierungsplan (nach Änderungsbescheid aus September 2018) enthielt Positionen für Personalkosten wissenschaftlicher Mitarbeiter sowie Studentischer Hilfskräfte (0812, 0817, 0822), eine Position zu sonstigen allgemeinen Verwaltungsausgaben (0843), eine Position für Ausgaben, die durch Dienstreisen entstehen (0846) sowie eine Position für den Erwerb von Gegenständen und anderen Investitionen von mehr als 410€ Kosten (0850) und unterhalb 410€ Kosten (0831). Die Personalkosten für die Projektmitarbeiter bildeten den mit Abstand größten Posten. Durch notwendige Anpassung des Praxistests (Erweiterung um einen Verlaufstest zur fortlaufenden individuellen Bonitur an 15 markierten Hennen, vgl. auch Kap. I.3) wurden insbesondere für Dienstreisen weniger Gelder benötigt, als beantragt, da die Untersuchungen am Lehr- und Versuchshof der Hochschule Osnabrück durchgeführt wurden.

II.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Rahmen des Teilprojektes geleisteten Arbeiten waren für das Erreichen der beantragten Arbeitsziele erforderlich und in dem Umfang notwendig -unter Berücksichtigung des sparsamen Haushaltes.

II.4. Voraussichtlicher Nutzen des Ergebnisses

Der im Rahmen des Teilprojektes entwickelte und erprobte Prototyp zur automatisierten bildgestützten Detektion von Gefiederschäden im Bestand erweist sich als vielversprechend zur Erfassung des Gefiederstatus brauner Hennen.

Zur Erlangung einer Praxisreife bedarf es noch weiterer Entwicklungsarbeit. Die Ergebnisse bzw. Erkenntnisse über die noch umzusetzenden Eigenschaften eines solchen Systems stellen jedoch eine solide Basis für eine etwaige Weiterentwicklung des Systems dar und werden folgend aufgeführt:

Für die Nutzung des Systems in der Praxis ist die Entwicklung und Integrierung eines **automatischen Kalibriersystems** unumgänglich. Diese Notwendigkeit wurde während des Verlaufstests insbesondere durch die nicht korrekt markierten Hennen (100%-Bereich) in der 56. LW (siehe Kap. II.1, Verlaufstest) sowie durch die Senkung der ausgewiesenen Fehlstellenanteile bei allen Hennen in der 37. LW (siehe Abb. 10 bis 24, Anhang) deutlich. Letzteres war nach Aussage von CLK mutmaßlich durch eine Asynchronie von Blitz und Bildauslösung begründet. Auch geringgradige Veränderungen der Standortbedingungen (Qualität, Quantität künstliche Beleuchtung, Schattenbildung durch Gegenstände, Einfall natürlicher Lichtquellen etc.) hatten im Praxistest Einfluss auf die Datenerhebung und machen eine vorangestellte Kalibrierung erforderlich. Im externen Praxistest musste das System vor jeder Datenerhebung von der Firma CLK manuell, in Form eines Weißabgleichs, kalibriert werden.

Um das System auf die Richtigkeit seiner Ergebnisse überprüfen zu können, bedarf es außerdem einer Validierung vor jeder Datenerhebung. Mögliche **Methoden zur Validierung** des Systems sind zu untersuchen.

Eine Nutzung des Kamerasystem in der Haltung weißer Genetiken erfordert die **Integration weiterer Technik** -Wärmebildtechnik-, die auch die Früherkennung von Gefiederschäden deutlich erleichtern kann (siehe Kap. II.1). Im Praxistest wurde deutlich, dass die Nutzbarkeit der Rohbilder zur Bewertung des Gefiederstatus aufgrund der **Unterschiede in der „Objektpräsentation“** variierte. Das Kamerasystem bewertet aus technischen Gründen auch Bilder, die nur Teile von Hennen zeigen. Für die Nutzung in der Praxis ist eine möglichst **hohe Stichprobenzahl** pro Tag ratsam (beispielsweise durch mehrmaliges Fahren des Kamerasystems durch den Stall), um mögliche Fehler auszugleichen. Das System kann alternativ an einem festen Standort installiert werden, der jeweils die vollständige Erfassung einer Henne ermöglicht. Der Standort müsste, ähnlich dem einer automatischen Waage, im Haltungssystem so gewählt sein, dass möglichst viele verschiedene Hennen (vom Rang unabhängig) die Kamera passieren. Der feste Standort hätte ggf. wirtschaftliche Nachteile, da hier die Installation einer Kamera pro Abteil erforderlich wäre.

Eine Etablierung des Kamerasystems im Feld unter wissenschaftlicher Begleitung ist sinnvoll um die bisherigen Entwicklungsarbeiten und Ergebnisse optimal nutzen zu können und so die objektive zeiteffiziente Erfassung des Gefiederstatus vollumfänglich erschließen zu können.

II.5. Fortschritte auf dem Gebiet während der Durchführung des Projekts

Fortschritte auf dem Gebiet der digitalen Gefiederschäden-Erkennung durch andere Arbeitsgruppen während der Durchführung des Projekts sind nicht bekannt.

II.6. Veröffentlichungen des Ergebnisses

Die Ergebnisse des Teilprojektes werden in Form eines Posterbeitrags bei der WPSA (Deutsche Vereinigung Geflügelwissenschaften e.V.) -Frühjahrstagung 2020 in Rostock und in Form eines Vortrags beim 11. Osnabrücker Geflügelsymposium vorgestellt.

IV Kurzfassung

Autowohl -Automatisierte Erfassung von Tierwohlindikatoren bei Geflügel, Arbeitspaket (AP) 1.1: „Automatisierte Erfassung von Gefiederveränderungen im Bestand bei Legehennen“

Stefanie Döhring, Robby Andersson

Ziel des Teilprojektes AP 1.1 war die Entwicklung und Erprobung eines automatisierten bildgestützten Messsystems zur Erfassung des Gefiederstatus bei Legehennen während der Haltung. Der hier entwickelte Prototyp eignet sich zur automatisierten Erfassung des Gefiederstatus brauner Hennen. Die prozentuale Fläche veränderter Areale (fehlende Deckfedern/unbefiederte Bereiche) wird vom Kamerasystem mit Bezug zum 100%-Bereich (alle Hennen im Bild) ausgewiesen. Die Erlangung einer Praxisreife des Systems bedarf weiterer Entwicklungsarbeiten. Der Gefiederstatus weißer Genetiken erfordert beispielsweise die Integration unterstützender Technik, da das System Deckgefieder und Dunenfederkleid mittels Kontrast- bzw. Farbunterschiede detektiert. In ersten Untersuchungen erwies sich Wärmebildtechnik als geeignet, Gefiederschäden -unabhängig von der Farbe des Deckgefieders- anzuzeigen. Areale, die in ihrer Befiederung reduziert sind, können mit Hilfe der Wärmebildtechnik durch die herabgesetzte Isolierung lokalisiert werden. Die Wärmebildtechnik erhöht außerdem das Potential des Systems zur Früherkennung von Gefiederschäden. Befinden sich erste Gefiederschäden im Bereich des Rückens, werden sie von den Flügeln ggf. überdeckt. Diese Areale sind jedoch herabgesetzt wärmeisoliert und könnten somit detektiert werden.

Literatur

Kämmerling JD, Döhring S, Arndt C, Andersson R (2017): „Tageslicht im Stall – Anforderungen an das Spektrum von Lichtquellen bei Geflügel“, Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr., open access DOI 10.2376/0005-9366-16034

Keppler, C.; Fetscher, S., Hilmes, N., Knierim, U. (2017): Basiswissen MTool- eine Managementhilfe für Legehennenaufzucht und –haltung, https://www.mud-tierschutz.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/MTool/2018-09-25_Basiswissen_MTool_web.pdf, letzter Zugriff: 30.4.2020

Knierim, U., Andersson, R., Keppler, C., Petermann, S., Rauch, E., Spindler, B., Zapf, R. (2016): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Geflügel Vorschläge für die Produktionsrichtungen Jung- und Legehenne, Masthuhn, Mastpute, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, ISBN 978-3-945088-28-9

Sim and Wright (2005): The kappa statistic in reliability studies: Use, interpretation, and sample size requirements. Physical Therapy 85/3, p. 268.

Spindler, B. (2013): Abschlussbericht „Praxisbegleitende Untersuchungen zur Prüfung des Verzichtes auf Schnabelkürzen bei Legehennen in Praxisbetrieben“, Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, file:///D:/Downloads/TiHo_Abschlb_Pilotprojekt_LH_final_03_2014%20(4).pdf, letzter Zugriff: 29.04.2020

Anhang

Grafiken zum Verlaufstest

Manuelle Ergebnisse versus Ergebnisse der automatisierten Erfassung aller Hennen (n=15)

Die Mittelwerte MW der Ergebnisse des Kamerasystems (prozentuale Anteile detektierter Fehlstellen) sind als graue gestrichelte Linie dargestellt (primäre Y-Achse). Die zugehörigen Standardabweichungen werden als senkrechte Linie angezeigt. Die sekundäre y-Achse bezieht sich auf die Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken). Die Daten werden in Bezug zum zeitlichen Verlauf (Lebenswochen LW auf der x-Achse) dargestellt.

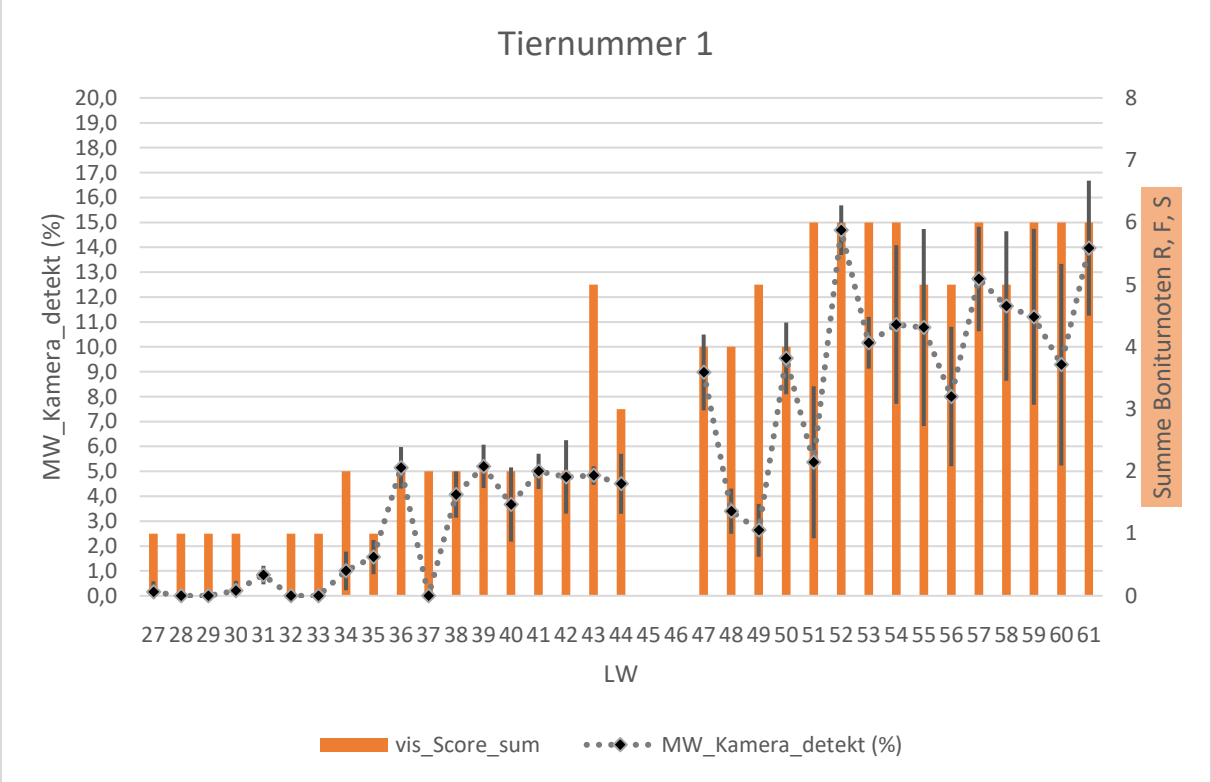

Abbildung 9: Tiernummer 1, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

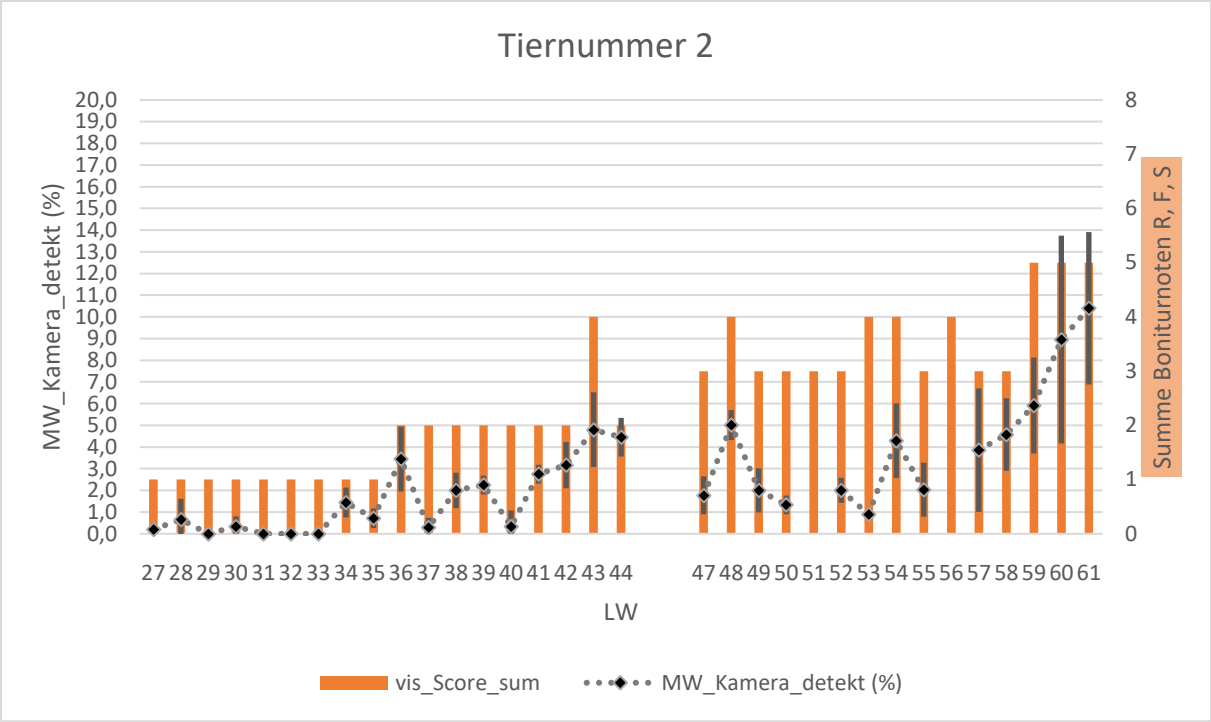

Abbildung 10: Tiernummer 2, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

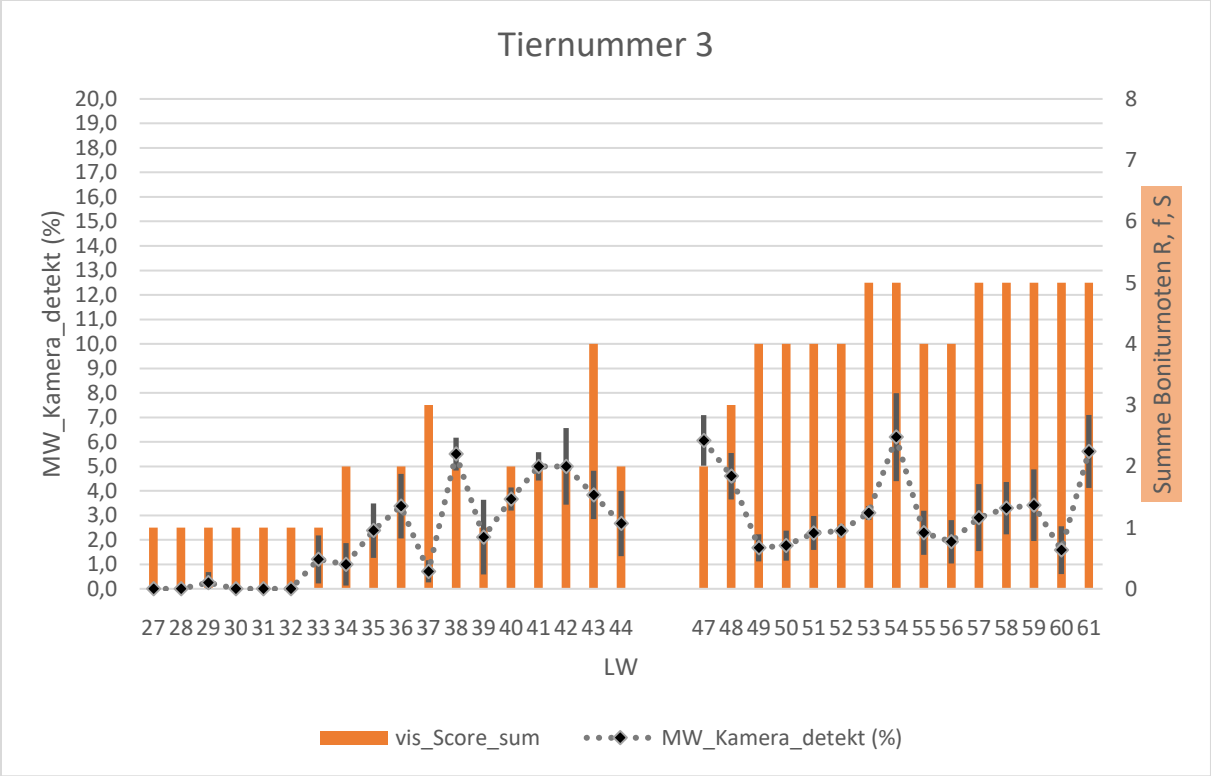

Abbildung 11: Tiernummer 3, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

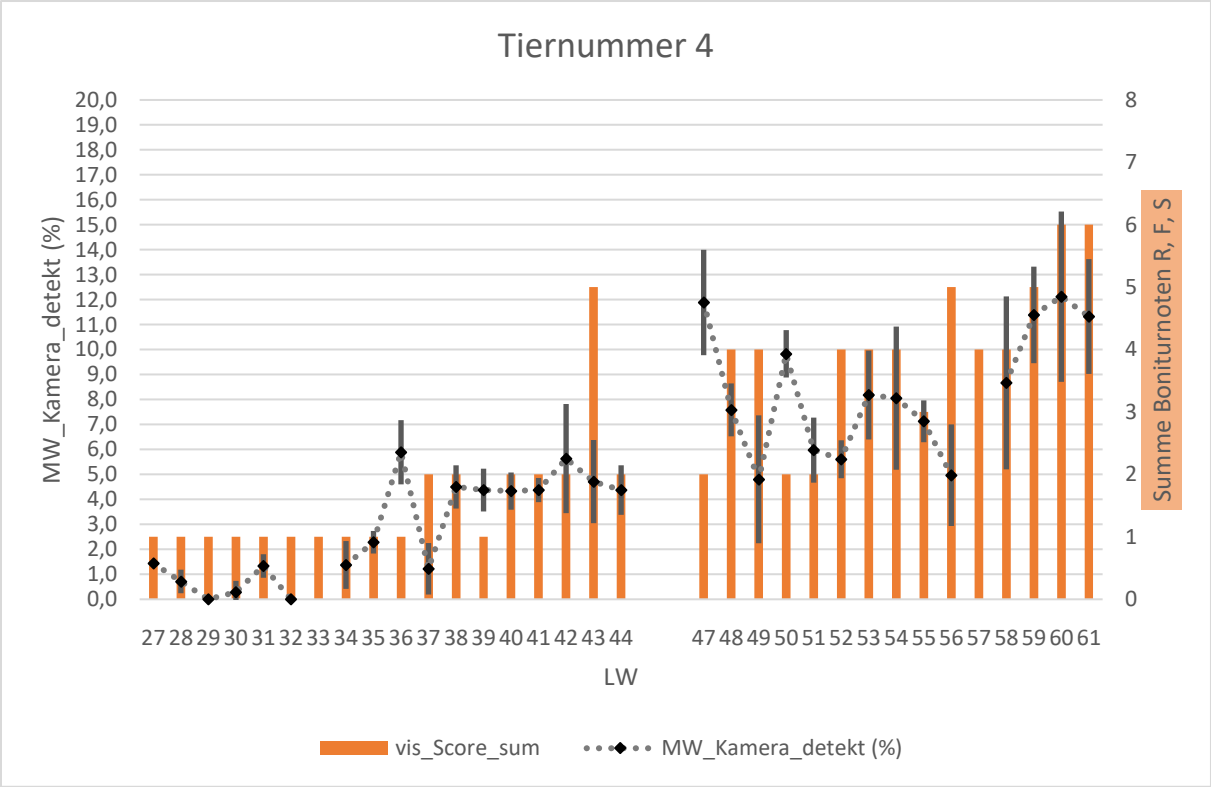

Abbildung 12: Tiernummer 4, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

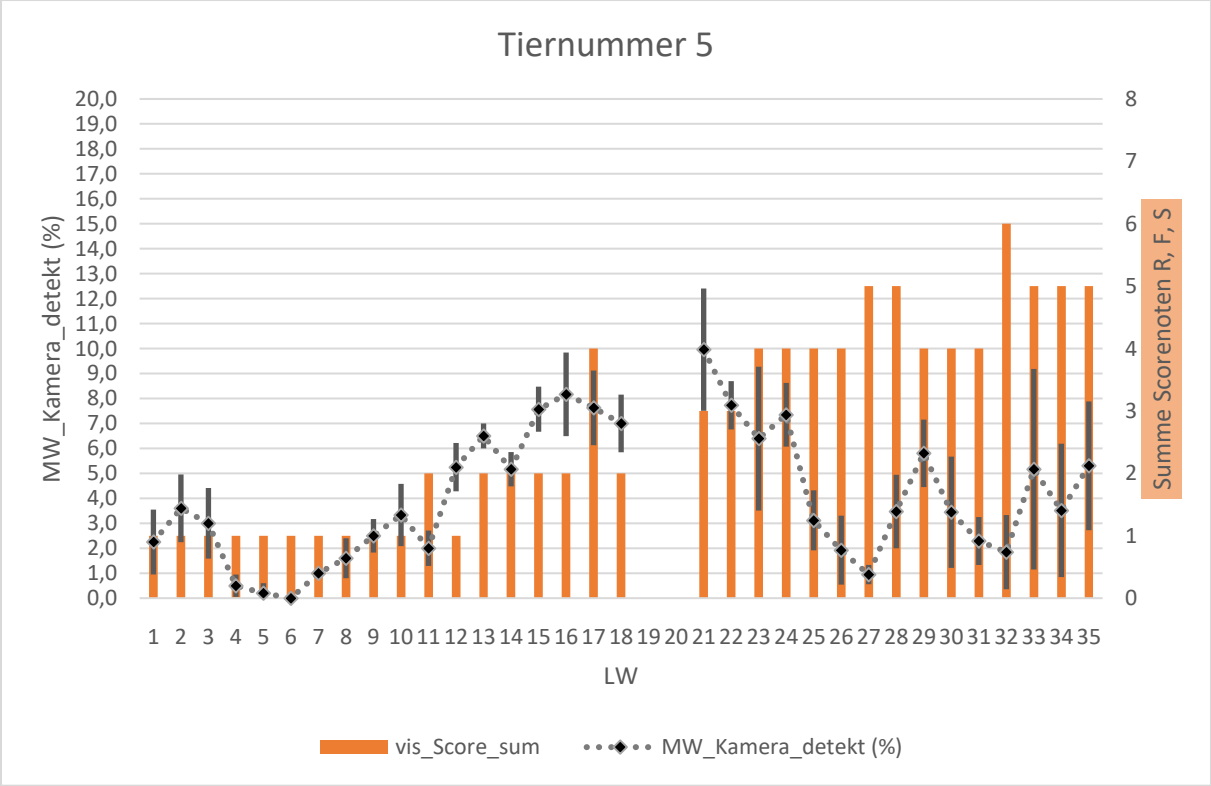

Abbildung 13: Tiernummer 5, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

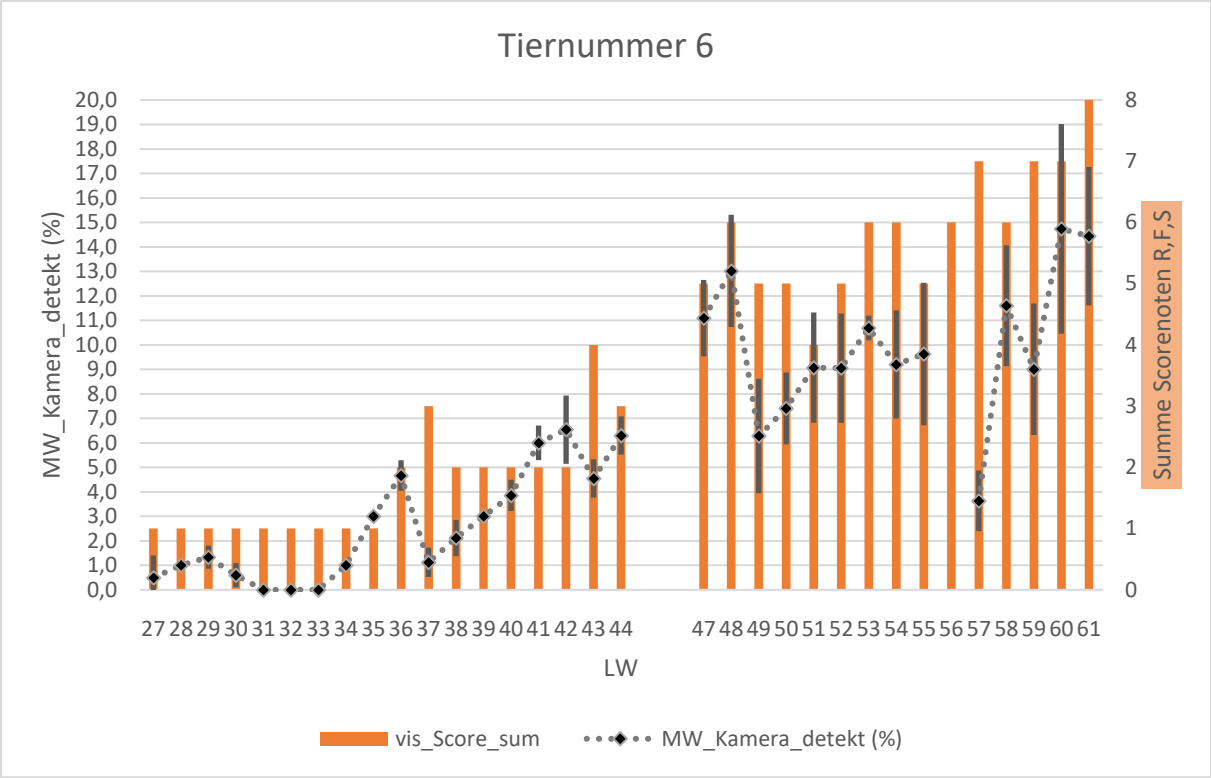

Abbildung 14: Tiernummer 6, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

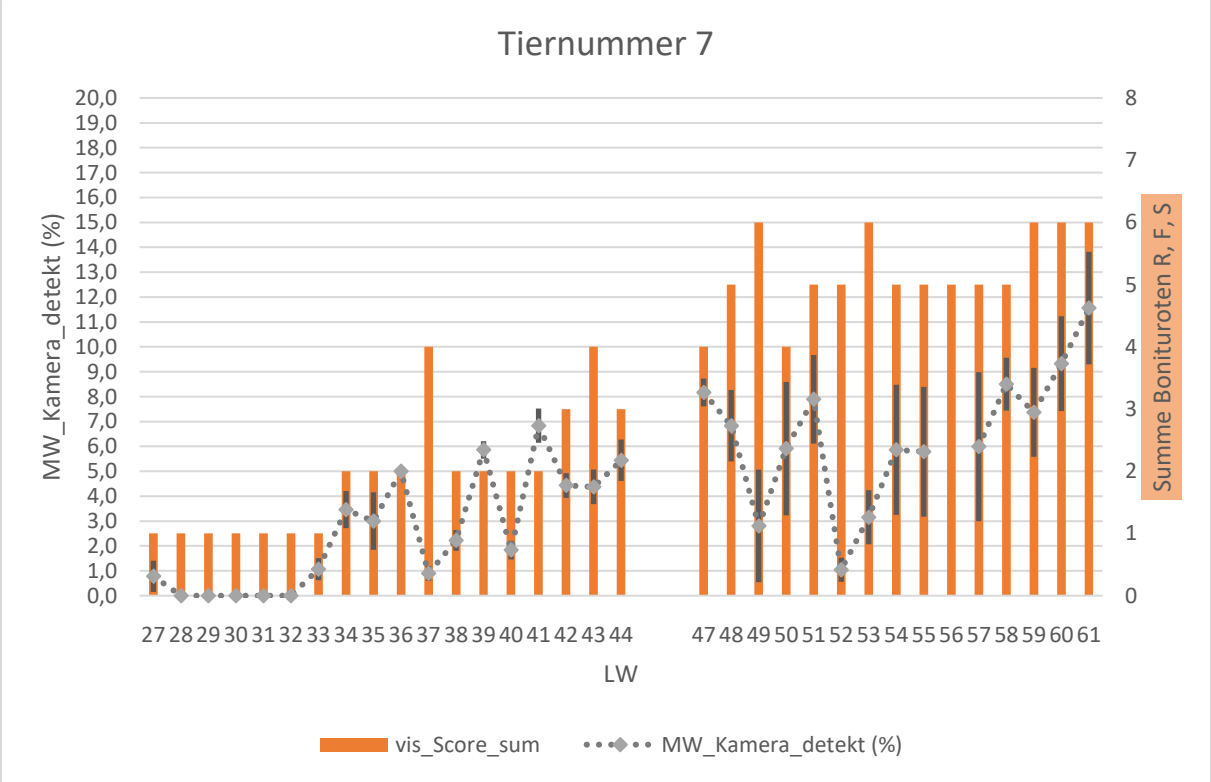

Abbildung 15: Tiernummer 7, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

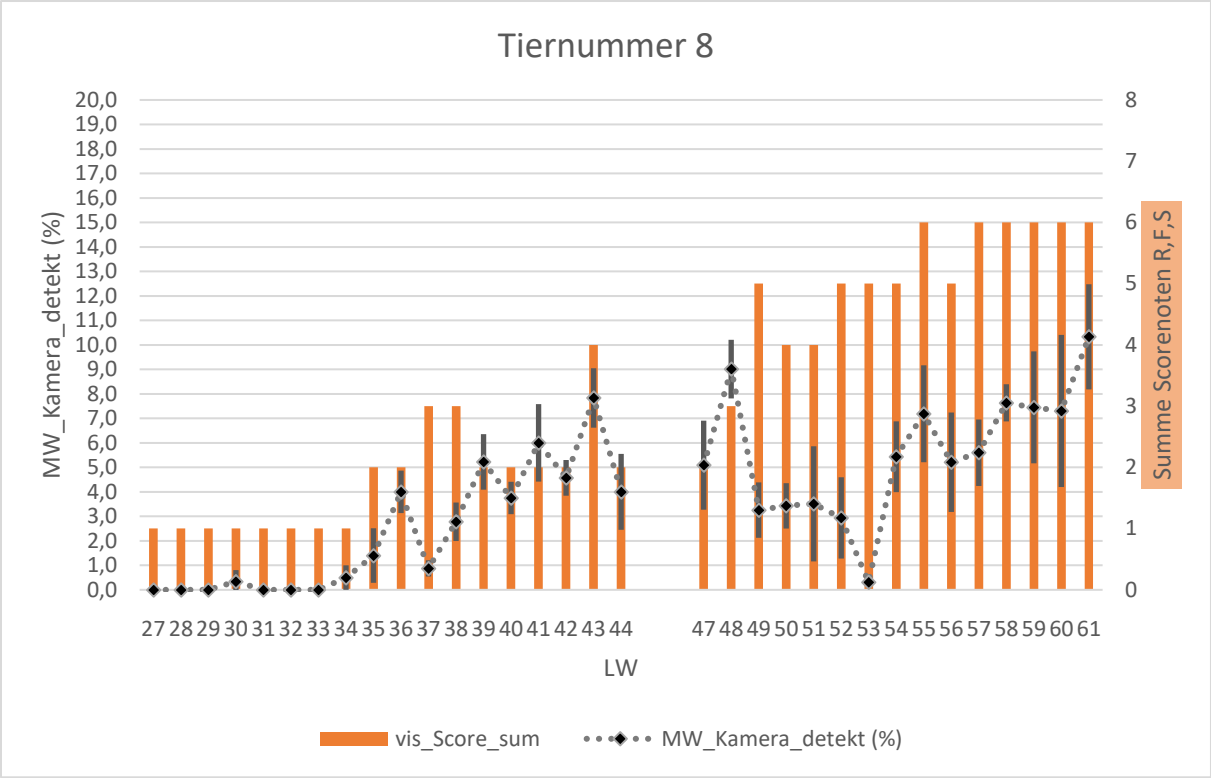

Abbildung 16: Tiernummer 8, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

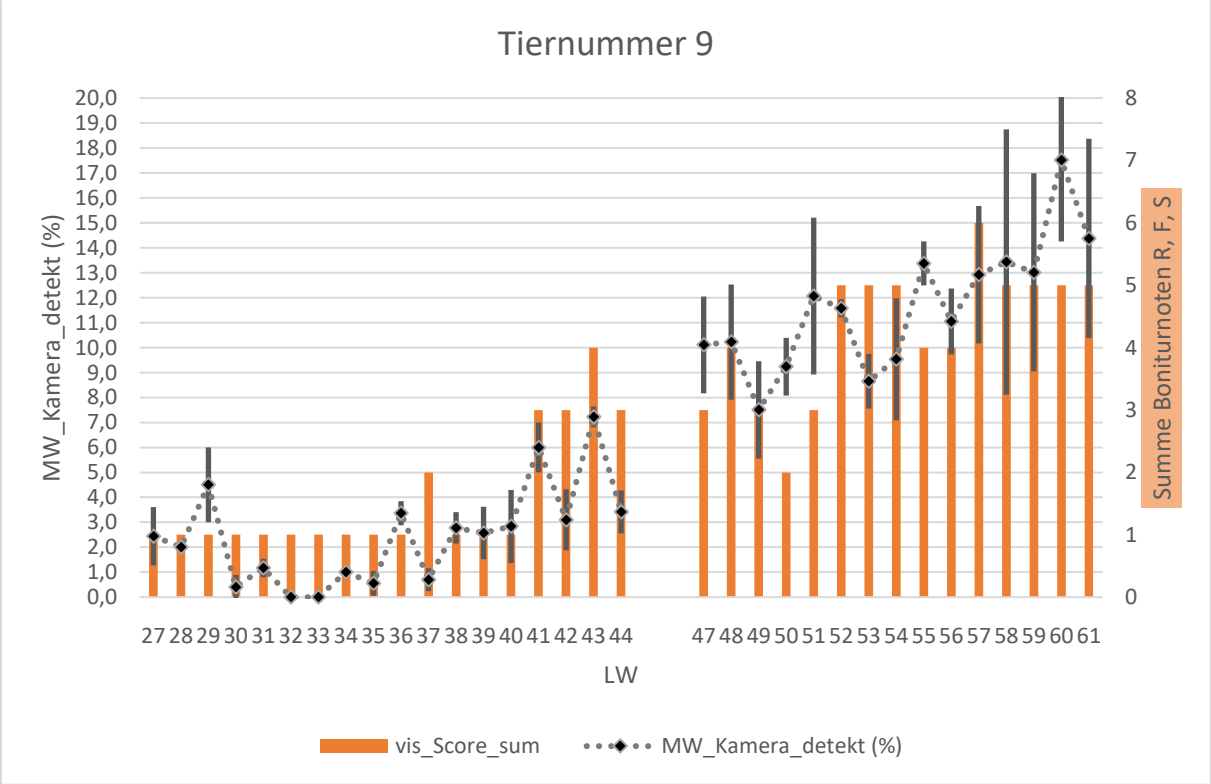

Abbildung 17: Tiernummer 9, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

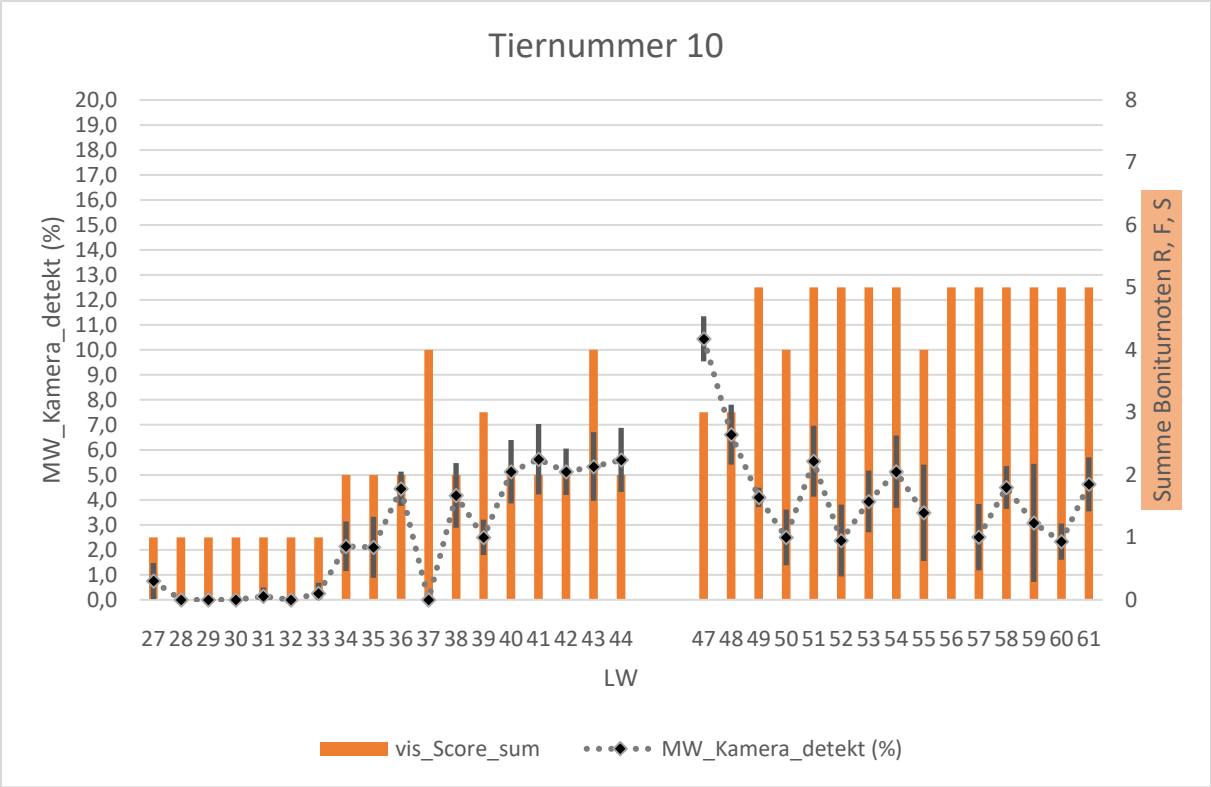

Abbildung 18: Tiernummer 10, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

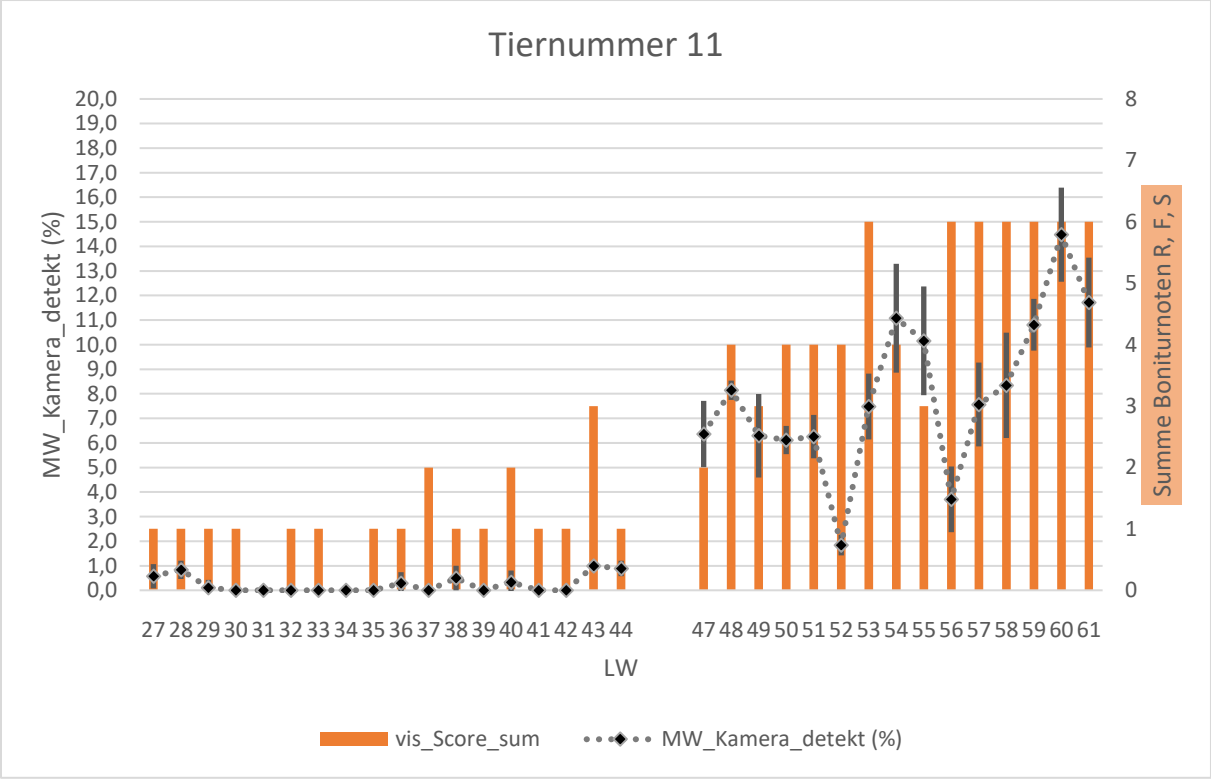

Abbildung 19: Tiernummer 11, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

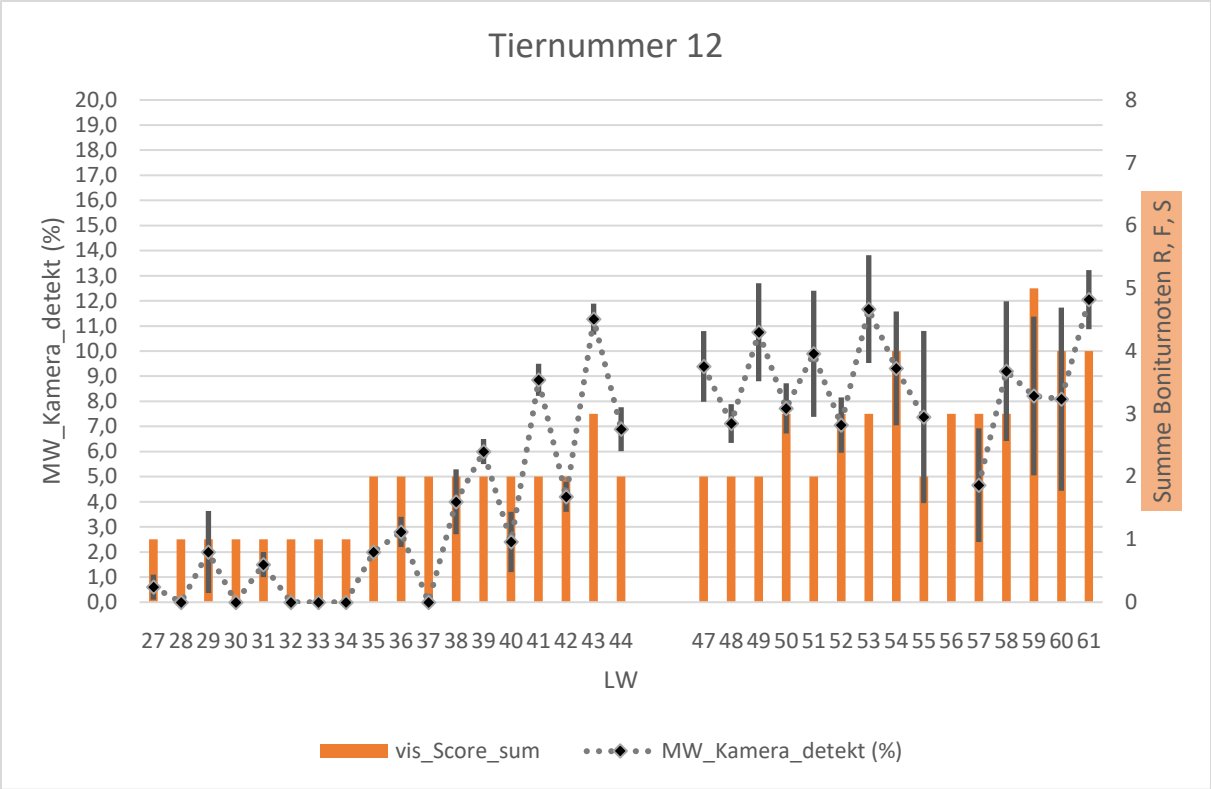

Abbildung 20: Tiernummer 12, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

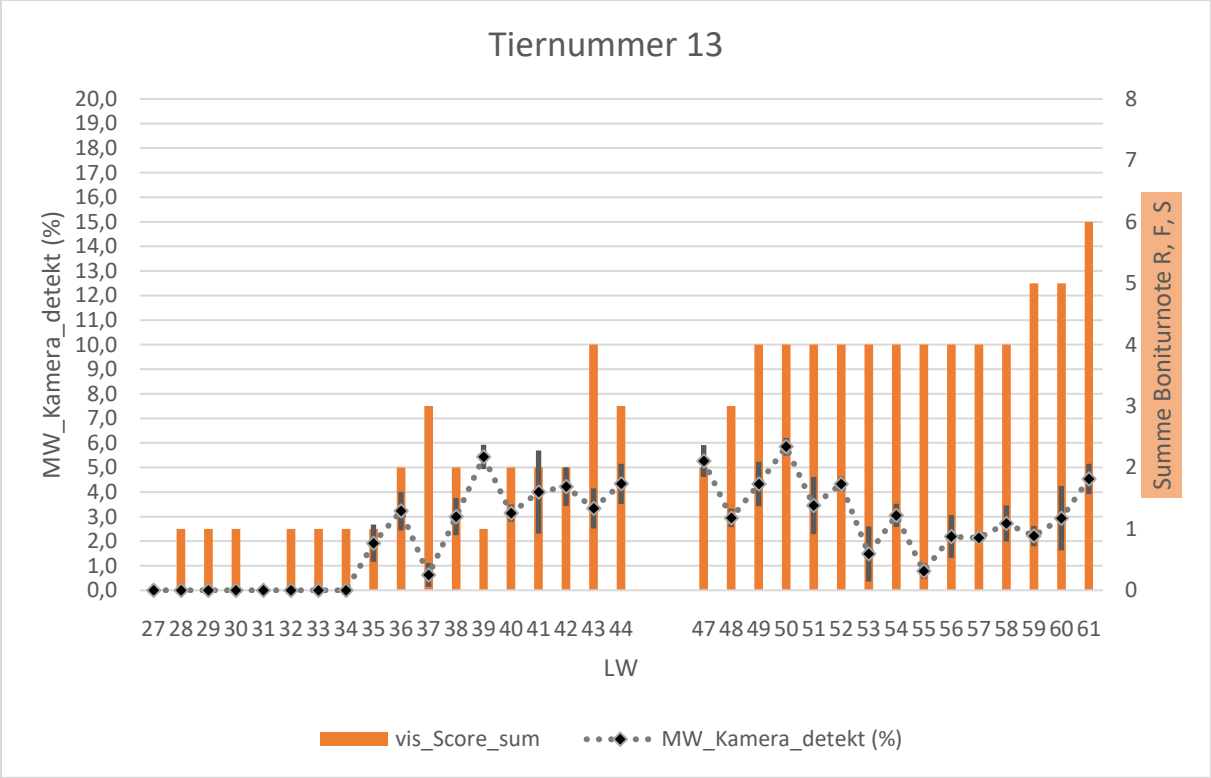

Abbildung 21: Tiernummer 13, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

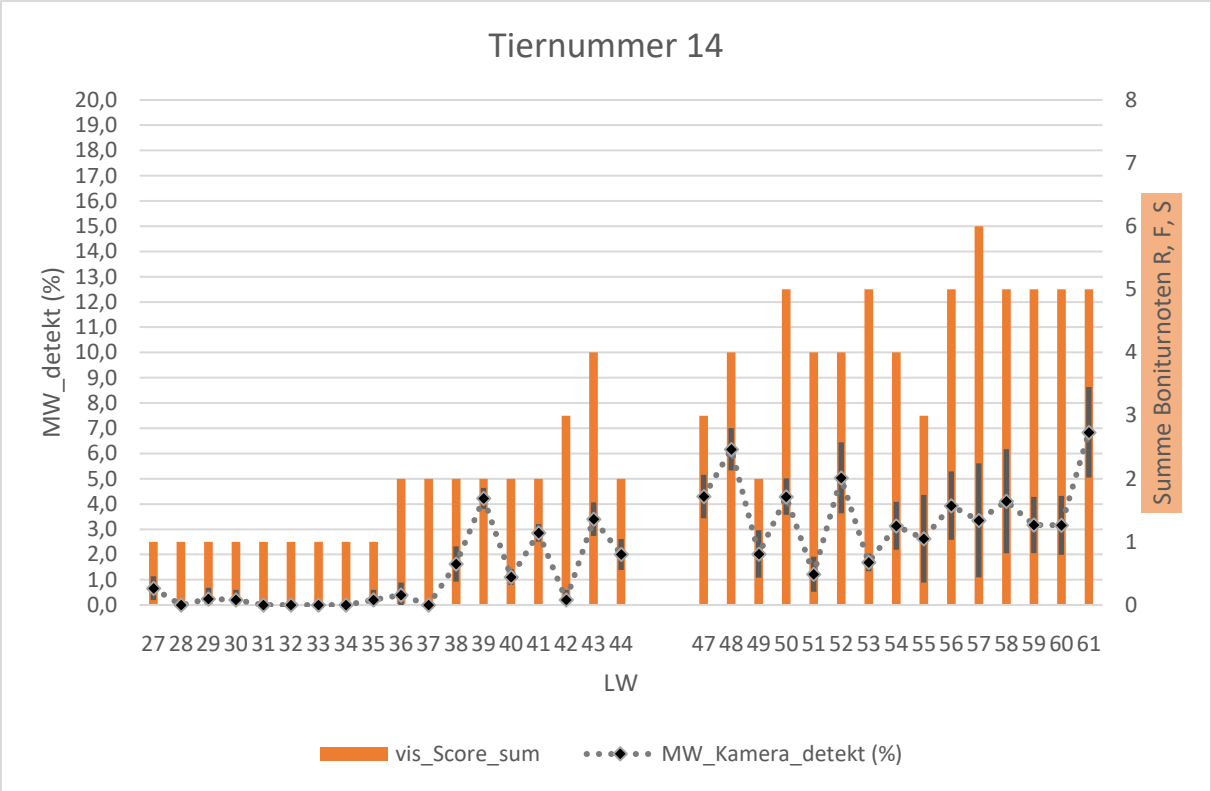

Abbildung 22: Tiernummer 14, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)

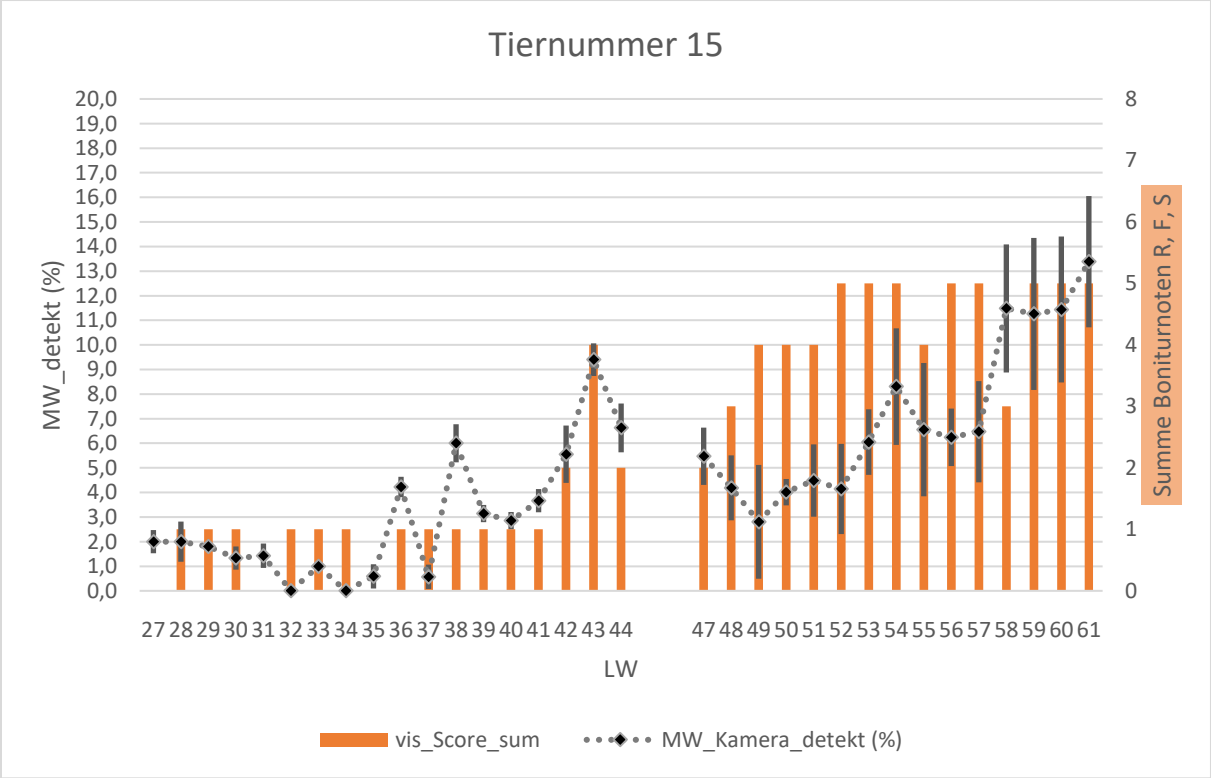

Abbildung 23: Tiernummer 6, MW der von der Kamera detektieren Fehlstellen-Anteile (graue Linie, Standardabweichung als senkrechte Linie angezeigt), sekundäre y-Achse: Summe der Boniturnoten aus den Regionen Rücken, Flügel und Stoß (orangene Balken) im zeitlichen Verlauf (LW)