

Stressbedingtes Abwehrverhalten von
Masthühnern während der maschinellen
Verladung mit einer Fangmaschine

von

Anne Simone Werner

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-
Universität München

Stressbedingtes Abwehrverhalten von
Masthühnern während der maschinellen
Verladung mit einer Fangmaschine

von Anne Simone Werner
aus Lichtenfels

München 2024

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.-Prof. Dr. Elke Rauch

Angefertigt an der Universität Rostock

Mentorin: Prof. Dr. med. vet. habil. Helen Louton

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Elke Rauch

Korreferent/en: Priv.-Doz. Dr. Karin Weber

Tag der Promotion: 10. Februar 2024

Für all die tierischen Zwei- und Vierbeiner

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT	3
1.	Verladung von Masthühnern	3
2.	Mensch-Tier-Beziehung.....	3
2.1.	ADT.....	4
2.2.	SPT	4
2.3.	TT	5
3.	Einflüsse auf das Verhalten von Masthühnern	5
3.1.	Lichtstärke	5
3.2.	Geschlecht	5
3.3.	Stallbesatzdichte und Förderbandbesatzdichte.....	6
3.4.	Verladedauer	7
3.5.	Mastgewicht	7
III.	MATERIAL UND METHODEN	9
1.	Erweiterte Beschreibung des Materials	9
1.1.	Mastbetriebe und Masthühner	9
1.2.	Verwendete Container	10
1.3.	Fangmaschine.....	12
2.	Erweiterte Beschreibung der Methodik.....	15
2.1.	Voruntersuchung	15
2.1.1.	Stationary Person Test (SPT)	16
2.1.2.	Avoidance Distance Test (ADT).....	17
2.1.3.	Touch Test (TT)	18
2.2.	Hauptuntersuchung.....	18
2.2.1.	Durchführung	18
2.2.2.	Statistik.....	19
IV.	PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE	21
V.	ERWEITERTE ERGEBNISSE.....	39
1.	Voruntersuchung.....	39

1.1.	ADT.....	41
1.2.	SPT.....	43
1.3.	TT.....	43
2.	Hauptuntersuchung	44
2.1.	Fluchtverhalten.....	45
2.2.	Flügelschlagen.....	50
2.3.	Überschlag.....	51
2.4.	Anschlagen am Nachbartier	51
2.5.	Anschlagen an der Maschine/dem Container.....	52
VI.	ERWEITERTE DISKUSSION.....	53
1.	Verhaltenstests.....	53
1.1.	Einfluss der Lichtintensität.....	53
1.2.	ADT.....	54
1.3.	SPT.....	54
1.4.	TT.....	55
2.	Verhaltensweisen.....	56
2.1.	Fluchtverhalten.....	56
2.2.	Flügelschlagen.....	57
2.3.	Überschlag.....	58
2.4.	Anschlagen am Nachbartier	59
2.5.	Anschlagen an der Maschine/dem Container.....	60
VII.	SCHLUSSFOLGERUNG.....	61
VIII.	ZUSAMMENFASSUNG	65
IX.	SUMMARY.....	69
X.	ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS	73
XI.	ANHANG.....	79
1.	Abbildungsverzeichnis.....	79
1.1.	Abbildungen aus den Kapiteln III und V	79
1.2.	Abbildungen und Tabellen in den bereits publizierten Ergebnissen (Kapitel IV)	81
XII.	DANKSAGUNG.....	83

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADT	Avoidance Distance Test
SPT	Stationary Person Test
TT	Touch Test
AD	Ausweichdistanz
Min.	Minimum
Max.	Maximum
Fb	Förderband
r	Korrelation
MD	Mittlere Differenz
RR	Relatives Risiko
KI	Konfidenz Intervall
SD	Standardabweichung

I. EINLEITUNG

Der weltweite Trend zum steigenden Fleischkonsum und somit auch zur vermehrten Fleischproduktion hat sich in den letzten Jahren nahezu stetig fortgesetzt. So konnte auch im Jahr 2021 eine globale Zunahme der Fleischproduktion bei den Tierarten Rind, Schwein und Geflügel beobachtet werden (FAO, 2021). Eine gleichbleibende Konstante ist außerdem die Geflügelfleischproduktion, die schon seit vielen Jahren den Spitzenreiter der globalen Fleischproduktion darstellt, was sich im Jahr 2020 beispielsweise mit der Produktion von circa 133,9 Millionen Tonnen Geflügelfleisch zeigte (FAO, 2021). Diese Tendenz lässt sich außerdem nicht nur global, sondern auch deutschlandweit beobachten, denn auch hierzulande nehmen die Masthühner einen wichtigen Platz in der Fleischproduktion ein. 2020 gab es in Deutschland 3.828 Masthühnerbetriebe, mit insgesamt 92.460.956 Tieren (Statistisches Bundesamt, 2021). 2021 wurden insgesamt 625.824.778 Jungmasthühner geschlachtet mit einer Gesamtschlachtmenge von 1.081.009.023 kg (Statistisches Bundesamt, 2022). Diese Zahlen sind bezüglich der Tieranzahl die höchsten seit 2015 und bezüglich der Schlachtmenge die höchsten der letzten 10 Jahren.

Das Einfangen der Tiere für den Transport zum Schlachthof stellt einen der größten Stressoren in der Masthühnerproduktion dar und wirkt sich direkt auf das Wohlbefinden der Tiere aus (Knowles und Broom, 1990; Knierim und Gocke, 2003; Kittelsen et al., 2018). Um den steigenden Tierzahlen und der wirtschaftlichen Rentabilität, aber auch dem Tierschutz und der Tiergesundheit gerecht zu werden, wurden in den letzten Jahren vermehrt automatische Fangmaschinen entwickelt und zum Ausstallen von Masthühnerbeständen eingesetzt (Knowles und Broom, 1990; Gocke, 2000).

Bei der Betrachtung des Tierschutzes sind viele Punkte zu berücksichtigen, unter anderem auch das Tierverhalten (Duncan, 1998). Laut Duncan (1998) ist das von den Tieren gezeigte Verhalten unter anderem ein Indikator für Leidenszustände wie Angst, Frustration und Schmerz.

In einem durchgeführten Vorgängerprojekt wurde das gezeigte stressbedingte Abwehrverhalten des manuellen und maschinellen Fangs während der Verladung

untersucht und durch die Ergebnisse wurden verschiedene Punkte an der Fangmaschine als Risikobereiche identifiziert (Wolff et al., 2019). Die dort eingesetzte Fangmaschine wurde an den als kritisch beurteilten Punkten, mit dem Ziel einer Optimierung, überarbeitet und bei diesem Projekt als modifizierte Version eingesetzt.

Ein Ziel dieses Projektes war es herauszufinden, ob durch die Nutzung der überarbeiteten Fangmaschinen-Version CMC Apollo Generation 2 weniger stressbedingtes Abwehrverhalten von den Tieren gezeigt wird. Ferner sollte untersucht werden, ob verschiedene Parameter das Verhalten der Tiere während der Verladung beeinflussen können.

Es wurde der Einfluss der eingestellten Drehzahl („langsame“ vs. „schnelle“ Geschwindigkeit der Förderbänder), zweier unterschiedlicher Containertypen (ursprünglich verwendeter Containertyp [„GP live bird container supply system“] vs. neuer Containertyp [„Atlas type Smartstack 5t1“]), der Jahreszeiten und der Haltungsform untersucht. Weitere untersuchte Einflüsse waren das Mastgewicht, die Stallbesatzdichte, die Besatzdichte von Förderband 1 und 3 und die Beladedauer der Container. Außerdem wurde der Einfluss des Tierverhaltens auf die verladebedingten Verletzungen analysiert.

II. ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT

1. Verladung von Masthühnern

Es stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die Masthühner aus dem Stall in Transportbehältnisse zu verladen, um sie anschließend zum Schlachthof transportieren zu können. Einerseits gibt es den manuellen Handfang (Duncan et al., 1986; Kittelsen et al., 2018), bei dem beispielsweise mehrere Hühner gleichzeitig mit einer Hand an einem oder beiden Beinen vom Boden hochgehoben und zum Container getragen werden (Langkabel et al., 2015; Wessel et al., 2022). Als Alternative zum Handfang gibt es die Möglichkeit der maschinellen Verladung durch dafür entwickelte Maschinen (Gocke, 2000; Mönch et al., 2020). Das Ziel der Mechanisierung ist die Verbesserung des Tierschutzes und der Tiergesundheit (Gocke, 2000), aber auch der Wirtschaftlichkeit und des Arbeitsschutzes (Knierim und Gocke, 2003). Während der maschinellen Verladung ist der Kontakt zwischen Tier und Mensch auf ein Minimum reduziert, aber dennoch sind menschliche Eingriffe beim Verladen notwendig, wie beispielsweise das Wegtreiben der Tiere von den Stallwänden (Kannan und Mench, 1997) oder das Einladen und Verteilen der Tiere in den Containern. Für die maschinelle Verladung wurden diverse Systeme von unterschiedlichen Firmen entwickelt, die in verschiedenen Ländern eingesetzt werden, wobei in Deutschland das manuelle Fangen immer noch am weitesten verbreitet ist (Gocke, 2000).

2. Mensch-Tier-Beziehung

Der Stationary Person Test (SPT), der Avoidance Distance Test (ADT) und der Touch Test (TT) sind Tests zur Erhebung des durch Angst ausgelösten Verhaltens von Hühnern gegenüber dem Menschen (Graml et al., 2008; Hakansson, 2015). Graml et al. (2008) bestätigten die Aussagekraft des SPTs, des ADTs und des TTs zur Messung der Beziehung zwischen Huhn und Mensch, wenn auch für Legehühner, und zeigten außerdem, dass das Verhalten von Hühnern gegenüber dem Menschen durch positiven menschlichen Kontakt beeinflusst werden kann. Zwar ist der physische Kontakt zwischen Landwirt und Tier in Mastbetrieben eher begrenzt, jedoch zeigen Studien, dass das Angstlevel der Hühner aufgrund des Verhaltens und der Routine des Landwirts variiert, was sich sowohl auf die

Produktivität als auch auf das Wohlbefinden auswirkt (Johansson et al., 2015).

Bei Durchführung der Tests und Beurteilung der Testergebnisse muss beachtet werden, dass diese durch verschiedene Parameter beeinflusst werden können. Tiere langsam wachsender Genetiken werden beispielsweise als ängstlicher eingestuft (Wilhelmsson, 2016). Auch das Gewicht hat einen Einfluss auf das gezeigte Verhalten, da das Ungleichgewicht zwischen Motivation und körperlichen Fähigkeiten sich zu bewegen mit steigendem Gewicht deutlicher wird (Bokkers und Koene, 2003). Zudem kann eine längere Dunkelperiode im Stall und auch das Alter der Tiere die Zutraulichkeit der Tiere und somit die Ergebnisse der Verhaltenstests (TT, ADT) beeinflussen (Bassler et al., 2013). Bei Anderson et al. (2021) zeigte sich durch Verhaltenstests (Tonic Immobility Test und Attention Bias Test), dass Tiere bei einer höheren Besatzdichte und einer komplexeren Umgebung weniger ängstlich reagierten.

2.1. ADT

Beim ADT wird die Vermeidungsreaktion eines Tieres bei einer sich bewegenden und sich annähernden Person untersucht (Waiblinger et al., 2006, Graml et al., 2008) und die Ausweichdistanz (AD) in 10 cm-Schritten notiert. Bei Tieren mit einer geringeren AD wird davon ausgegangen, dass diese während der darauffolgenden Verladung weniger ängstliches Verhalten zeigen (Wolff et al., 2019). Jedoch kann eine hohe Anzahl von berührten Tieren in diesem Test auch durch eine zunehmende Größe der Vögel beeinträchtigt werden, die den verfügbaren Raum für eine Flucht vor dem Menschen verringert (Johansson et al., 2015). Auch Hakansson (2015) vermutet geringere ADT-Werte verursacht durch eine geringere Mobilität der Tiere aufgrund einer höheren Besatzdichte an späteren Masttagen. In eine ähnliche Richtung gehen die Ergebnisse von Bassler et al. (2013), die herausfanden, dass auch das Alter der Tiere einen Einfluss auf die Ergebnisse des ADT hat, was daran liegen kann, dass Tiere allgemein mit steigendem Alter weniger aktives Verhalten zeigen (Bokkers und Koene, 2003).

2.2. SPT

Der SPT ist ein Annäherungstest, bei dem die freiwillige Annäherung der Tiere an eine unbekannte stationäre Person untersucht wird (Graml et al., 2008; Hakansson, 2015). Generell wird bei Tieren mit einer höheren Annäherungsaktivität davon

ausgegangen, dass diese weniger ängstliches Verhalten während der maschinellen Verladung zeigen (Wolff et al., 2019). In diesem Test kann eine Annäherung an den Untersucher als Neugierde auf ein neues Objekt oder als Ausdruck der Bewegungsfähigkeit und möglicherweise eines hohen Aktivitätsniveaus des Tieres interpretiert werden (Wolff et al., 2019). Auch hier wird vermutet, dass höhere Werte im SPT, also weniger ängstliches Verhalten, durch eine geringere Mobilität aufgrund einer höheren Besatzdichte an den letzten Masttagen verursacht werden können (Hakansson, 2015).

2.3. TT

Der TT untersucht die Reaktion von Hühnern auf eine stationäre Person, die versucht, einzelne Tiere zu berühren (Graml et al., 2008). In der Studie von Bassler et al. (2013) zeigte sich ein Einfluss der Dunkelperiode im Stall auf die Ergebnisse des Touch Test, hier waren höhere Werte im TT, also weniger ängstliches Verhalten, bei einer längeren Dunkelphase zu beobachten.

3. Einflüsse auf das Verhalten von Masthühnern

3.1. Lichtstärke

Die Lichtintensität im Stall ist ein wichtiger Einflussfaktor auf das Verhalten von Masthühnern (Deep et al., 2012). Tiere, die bei einer niedrigeren Lichtintensität gehalten werden, zeigen mehr Ruheverhalten im Gegensatz zu bei höheren Lichtstärken gehaltene Hühner (Weise, 2008; Alvino et al., 2009; Deep et al., 2012). Zudem ist bei Tieren bei niedrigeren Lux-Zahlen eine verminderte Anzahl an aktiven Verhaltensweisen, wie Explorationsverhalten, Lokomotion und Gehen sowie Stehen zu beobachten (Newberry et al., 1988; Weise, 2008).

3.2. Geschlecht

Bei männlichen und weiblichen Tieren zeigen sich sowohl in Bezug auf die Physiologie, aber auch auf das Verhalten, Geschlechtsunterschiede (Maekawa et al., 2014; Gonzalez-Voyer et al., 2022). In der Literatur gibt es verschiedene Studien zum geschlechtsspezifischen Verhalten, wobei Yang et al. (2019) keinen Einfluss des Geschlechts auf das Verhalten von Masthühnern beobachten konnten.

Die Ergebnisse der meisten anderen Studien zeigen jedoch, dass es einen

geschlechterspezifischen Unterschied im Verhalten gibt. Marin et al. (2002) fanden heraus, dass männliche Tiere generell stressanfälliger zu sein scheinen als weibliche Tiere. Auch in der Studie von Moroi et al. (2019) wurde bei männlichen Hühnern häufiger Meideverhalten im Vergleich zu den weiblichen Tieren gesehen.

Im Gegensatz dazu gibt es aber auch mehrere Studien, die darlegen, dass weibliche Tiere ängstlicheres Verhalten zeigen als männliche Hühner. Nätt et al. (2014) führten verschiedene Tests bezüglich Angst-, Erkundungs- und Sozialverhalten mit dem Hauptaugenmerk auf Geschlechtsunterschiede bei Hühnern durch. Hier zeigte sich, dass weibliche Tiere zwar erkundungsfreudiger und aktiver sind als männliche, jedoch auch ängstlicher auf Stressreize reagieren. Nakasai et al. (2013) führten in ihrer Studie Tonic Immobility Tests an Tosa-Jidori-Küken durch und kamen zu dem Ergebnis, dass weibliche Tiere aufgrund einer längeren Immobilitätsdauer ängstlicher waren als die männlichen.

3.3. Stallbesatzdichte und Förderbandbesatzdichte

Im Allgemeinen werden Masthühner häufig in wenig angereicherter Umgebung mit hoher Besatzdichte gehalten, was sich negativ auf den Tierschutz auswirken kann (Anderson et al., 2021). Es ist anzunehmen, dass eine steigende Stallbesatzdichte und dadurch ein sinkendes Platzangebot, insbesondere in den letzten Masttagen zu einer geringeren Mobilität der Tiere führen kann (Hakansson, 2015; Johansson et al., 2015). Auch in der Studie von Sanchez-Casanova et al. (2019) zeigte sich, dass sich die Masthühner in Ställen mit höheren Besatzdichten weniger aktiv fortbewegten. Bei höheren Besatzdichten wird, vermutlich infolge der zunehmenden Beeinträchtigung durch andere Tiere, das Ruhe-, Liege- und Putzverhalten der Hühner zunehmend gestört. Ebenso nehmen die Fortbewegung und das Picken am Boden ab (Hall, 2001).

Auch ein Außenbereich kann einen Einfluss auf das Tierverhalten haben, denn das Vorhandensein führt generell zu einer Erhöhung des gezeigten aktiven Verhaltens der Tiere (Sanchez-Casanova et al., 2019).

Zu dem Thema des Einflusses der Besatzdichte auf den Förderbändern der Fangmaschine gibt es noch relativ wenig Literatur. Gocke (2000) beschreibt, dass einzelne Tiere auf der Maschine tendenziell ruhig bleiben und mehrere Tiere in einer Gruppe eher zu Flügelschlagen neigen. Gegensätzliche Ergebnisse zeigen sich

bei Wolff et al. (2019), hier wird vermutet, dass sich die Hühner in der Nähe von anderen Tieren wohler fühlen, deshalb ruhiger sind und weniger Platz für Flügelschläge zur Verfügung haben und dadurch bei einer höheren Förderbandbesatzdichte weniger häufig mit den Flügeln schlagen.

3.4. Verladedauer

Die Verladedauer ist abhängig von verschiedenen Faktoren wie der Bandgeschwindigkeit und dem Containertyp bzw. der Schubladenanzahl, aber auch der Stallbesatzdichte und anderen externen Einflüssen. Mönch et al. (2020) zeigten die Tendenz einer positiven Korrelation zwischen der Verladedauer der einzelnen Tiere und der Gesamtverladedauer bei der maschinellen Verladung. Zudem zeigte sich dort tendenziell, dass sich mit einer langsameren Bandgeschwindigkeit die Verladedauer erhöht. In der Literatur ist auch beschrieben, dass sich eine längere Verladedauer beim manuellen und maschinellen Fang von Einzeltieren und der gesamten Herde negativ auf die Tiergesundheit (Jacobs et al., 2017) und auch auf stressbedingtes Abwehrverhalten, wie Flügelschlagen und Überschlag auswirken kann (Wolff et al., 2019).

3.5. Mastgewicht

Studien zeigen, dass Masthühner mit steigendem Alter und steigendem Gewicht generell seltener natürliche Verhaltensweisen zeigen und inaktiver werden, da sie wahrscheinlich durch das höhere Gewicht eingeschränkt sind (Bokkers und Koene, 2003; Dawson et al., 2021). Langsam wachsende Hühner sind aktiver und zeigen weniger Ruheverhalten (Đukić-Stojčić und Bessei, 2011), wohingegen schnell wachsende Hühnerrassen relativ inaktiv sind (van der Sluis et al., 2022). Đukić-Stojčić und Bessei (2011) vermuten, dass die Gewichtsbelastung der Haupteinflussfaktor für die Unterschiede in der Bewegungsaktivität und dem Ruheverhalten von schnell und langsam wachsenden Hühnerrassen ist. Dawson et al. (2021) zeigten, dass beim Vergleich von Tieren im gleichen Alter die schneller wachsenden Rassen eine höhere Inaktivität aufweisen als die langsam wachsenden, jedoch vor allem in jüngerem Alter. Aber auch bei langsam wachsenden Masthühnern wurde mit zunehmendem Alter eine Abnahme des Laufverhaltens beobachtet, vermutlich da durch das Wachstum der Tiere weniger Platz pro Vogel vorhanden war (Bokkers und Koene, 2003). Weitere Ursachen für Unterschiede in

körperlicher Aktivität können physische Anomalien sein, die Schmerzen und körperliche Einschränkungen verursachen können (Bokkers und Koene, 2003). Demnach ist das Mastgewicht ein wichtiger Einflussfaktor auf das Verhalten der Tiere.

III. MATERIAL UND METHODEN

Die Phase der Datenerhebung erstreckte sich von Dezember 2020 bis November 2021 und umfasste 32 Verladungen auf 10 verschiedenen Mastbetrieben in Bayern. Für die Verladungen wurde eine modifizierte CMC Apollo Generation 2 Fangmaschine (CMC Industries – Ciemmealabria, Cazzago San Martino BS, Italien, Baujahr: 2020) genutzt. Bei jeder dieser Verladungen fand eine Vor- und eine Hauptuntersuchung mit jeweils einer Erfassung des Tierverhaltens und der verladebedingten Verletzungen statt.

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Parameter untersucht, wobei das Hauptaugenmerk auf der Haltungsform, der eingestellten Rotationsgeschwindigkeit der Förderbänder der Maschine während der Verladung, des verwendeten Containertyps und der Jahreszeit lag.

1. Erweiterte Beschreibung des Materials

1.1. Mastbetriebe und Masthühner

Für die Datenerhebung des Projekts mussten die Betriebe folgende Voraussetzungen erfüllen:

- maximal 6 % Gesamtmortalität
- keine medikamentösen Behandlungen der Herden in den letzten 10 Tagen vor der Verladung
- maximal 1 Lux in den Stallungen während der Verladung
- Besatzdichte möglichst unter 35 kg/m², maximal aber 39 kg/m²

Die Betriebsakquise sowie der Transport der Fangmaschine und der Smartstack Container zu den einzelnen Betrieben erfolgte über den Kooperationspartner Verlade GbR.

Anhand der Haltungsbedingungen und der Genetik der Masthühner wurden die Betriebe in verschiedene Haltungsformen und Mastverfahren eingeteilt. Die Vorgaben für die Einteilung orientierten sich am Haltungsformsiegel des deutschen Einzelhandels (Haltungsform.de) sowie an den Vorgaben von zwei Labels, im Folgenden „Standard Premium“ und „Premium“ benannt.

Bei Herden der Haltungsform 2 (Mastverfahren „Standard Premium“ und „Standard“) wurden Tiere der Genetik Ross 308 gehalten. Bei Herden der Haltungsform 3 (Mastverfahren „Premium“) wurden primär Tiere der Genetik Ranger Classic gehalten, nur bei einer Verladung waren zusätzlich zu Ranger Classic Tieren auch Tiere der Genetik Hubbard 787 eingestallt.

1.2. Verwendete Container

Für dieses Projekt wurden zwei verschiedene Arten von Containern verwendet. Der GP Container „GP live bird container supply system“ (Maße [L x B x H]: 2430 mm x 1200 mm x 1212 mm) (Abb. 1) und der Smartstack Container „Smartstack 5t1“ (Maße [L x B x H]: 2430 mm x 1200 mm x 1415 mm) (Abb. 2), beide der Firma Marel (Austurhraun 9, Gardabaer, IS-210 Island). Die Schubladen beider Containertypen wurden manuell bedient und beginnend mit der untersten Schublade nacheinander befüllt und mit der darüber liegenden Schublade verschlossen. Die Containertypen unterschieden sich in ihrer Konstruktion und in der Anzahl an Schubladen.

Der GP Container war der Containertyp, der routinemäßig bei der maschinellen Verladung bei den teilnehmenden Landwirten genutzt wurde. Dieser bestand aus vier Ebenen mit jeweils zwei Schubladen, also insgesamt acht Schubladen mit einer Mitteltrennwand. Bei Verladungen von Herden der Haltungsform 2 wurden alle Tiere der Schubladen veterinärmedizinisch untersucht, bei Verladungen von Herden der Haltungsform 3 jeweils 25 Tiere pro Schublade, da diese Tiere im Durchschnitt 700 Gramm leichter waren als die der Haltungsform 3 und sich demnach mehr Tiere in den Schubladen befanden. Dadurch wäre es zeitlich nicht möglich gewesen, in der vorhandenen Zeit alle Tiere der Schubladen einer veterinärmedizinischen Untersuchung zu unterziehen. Bei den restlichen Tieren der Schubladen wurde das Geschlecht und das Gewicht bestimmt, um die Besatzdichte der Schubladen und Container beurteilen zu können. In den GP Container wurden pro Beladung durchschnittlich 211 Tiere bei Herden der Haltungsform 2 und 285 Tiere bei Herden der Haltungsform 3 geladen. Die Verladezeit des GP Containers betrug im Durchschnitt 01:41 Minuten (min. 01:13 Minuten, max. 02:51 Minuten).



Abbildung 1: GP Container mit geöffneten und nummerierten Schubladen (Firma Marel, Island) (Foto: Bläske)

Der Smartstack Container wurde für dieses Projekt angeschafft und war ein neuer Containertyp für die Landwirte und Fänger. Er bestand aus fünf Ebenen mit je einer Schublade, die sich über die gesamte Länge des Containers erstreckte, also insgesamt 5 Schubladen. Es gab demnach keine Mittelwand zwischen den Schubladen auf einer Ebene und eine Schublade fasste die doppelte Anzahl an Tieren im Vergleich zu den Schubladen des GP Containers. Zum Verschließen der obersten Schublade (Schublade Nr. 1) war bei diesem Containertyp ein bewegliches Netz angebracht. Auch beim Smartstack Container wurden bei Verladungen von Tieren der Haltungsform 2 alle Tiere einer veterinärmedizinischen Untersuchung unterzogen, wohingegen bei Verladungen von Tieren der Haltungsform 3 nur jeweils 50 Tiere pro Schublade untersucht und bei dem Rest der Tiere nur das Gewicht erhoben und das Geschlecht bestimmt wurde. Im Smartstack Container wurden pro Verladung durchschnittlich 255 Tiere bei Betrieben der Haltungsform 2 und 348 Tiere bei Betrieben der Haltungsform 3 verladen. Für diesen Containertyp betrug die durchschnittliche Beladungszeit 02:29 Minuten (min. 01:49 Minuten, max. 03:17 Minuten).



Abbildung 2: Smartstack Container mit geöffneten (links) und geschlossenen Schubladen (rechts) und Nummerierung der Schubladen (Firma Marel, Island) (Foto: Bläske)

1.3. Fangmaschine

Für die Verladung der Masthühner wurde eine modifizierte CMC Apollo Generation 2 Fangmaschine (Abb. 3) verwendet. Diese besteht aus fünf hintereinander geschalteten Förderbändern (Fb 1 – 5), über die die Masthühner ohne menschlichen Kontakt vom Stallboden bis zur Container-Plattform transportiert werden. Dort werden sie über einen durch zwei Arbeiter gesteuerten Verladearm in die einzelnen Schubladen der Container verladen.



Abbildung 3: Modifizierte CMC Apollo Generation 2 Fangmaschine im Stall (Firma CMC Industries, Italien) (Foto: Bläske)

Die im Vorgängerprojekt von Wolff et al. (2019) genutzte Fangmaschine wurde für dieses Projekt an verschiedenen Punkten modifiziert, um den Fangprozess möglichst zu optimieren.

Unter anderem wurde die Förderbandstruktur verändert, die bisher genutzten rauen Förderbänder (Abb. 4) wurden durch ein neues, ebeneres Modell mit nebeneinandergereihten hufeisenförmigen Erhebungen ersetzt (Abb. 5). Hierdurch sollte einerseits die Rutschfestigkeit mit einer geringen Haut-Reizung vereint und andererseits die Reinigung und Hygiene der Förderbänder optimiert werden.



Abbildung 4: Förderbänder der bisher eingesetzten Fangmaschine (Fotos: Gotthart, Verlade GbR)



Abbildung 5: Neue verwendete Förderbandstruktur mit multiplen hufeisenförmigen Erhebungen (Fotos: CMC Industries)

Eine weitere Modifikation betraf den Fangarm. Hier wurde ein optimiertes Modul zur Steuerung des Übergangs von Förderband 5 in den Container eingebaut, um die Masthühner zielsicherer in den Containern absetzen zu können (Abb. 6 und Abb. 7).



Abbildung 6: Bisher genutztes Fangarm-Modul (Fotos: Gotthart, Verlade GbR)



Abbildung 7: Neues, in diesem Projekt genutztes Fangarm-Modul (Fotos: CMC Industries)

Die dritte durchgeführte Veränderung war die Verwendung einer neuen Software für eine exakte Anpassung und Steuerung der Förderbandgeschwindigkeit und ein „Soft-Go“-Verfahren, wodurch die Förderbänder sanfter anfahren bzw. abbremesen, um die Tiere auf der Maschine dadurch möglichst wenig zu beeinflussen und aus dem Gleichgewicht zu bringen.

Eine zusätzliche geplante Modifikation der Fangmaschine war die Installation eines Vorhangs über Förderband 1 und Förderband 2 zur Abdunkelung für die Tiere während der Verladung (Abb. 8). Der Vorhang wurde bei den Testverladungen angebracht, jedoch zeigte sich, dass durch diesen die Förderbänder von den Arbeitern nicht mehr eingesehen werden konnten und somit weder eine Anpassung der Höheneinstellung von Förderband 1 in Bezug zum Stallboden noch eine zufriedenstellende Tierkontrolle möglich war. Deshalb wurde, aufgrund der schlechteren Tierkontrolle und einer hohen Verletzungsquote während der Testverladungen, beschlossen, den Vorhang bei den weiteren Verladungen des Projektes nicht zu nutzen.

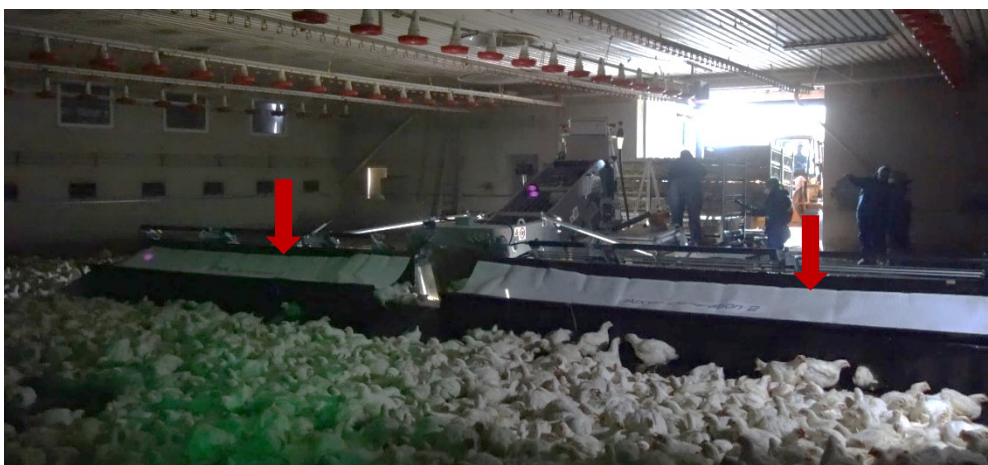


Abbildung 8: Modifizierte Fangmaschine Apollo Generation 2 mit angebrachtem Vorhang (s. roter Pfeil) über den Förderbändern 1 und 2 (Foto: Bläske)

2. Erweiterte Beschreibung der Methodik

2.1. Voruntersuchung

Eine Voruntersuchung fand jeweils maximal 24 Stunden und minimal 4 Stunden vor der Verladung statt. Hier wurden Parameter sowohl zum Verhalten als auch bezüglich der verladebedingten Verletzungen der Tiere erhoben.

Um das Stresslevel der Tiere bzw. deren stressbedingtes aktives und passives Abwehrverhalten vor der Verladung einschätzen zu können, wurden im Rahmen dieser Voruntersuchung drei unterschiedliche Verhaltenstests durchgeführt (Stationary Person Test [SPT], Avoidance Distance Test [ADT] und Touch Test [TT, bestehend aus TTreach und TTtouch]). Diese Tests wurden immer von derselben Person zu Beginn der Voruntersuchung durchgeführt. Der Untersucher war für alle Masthühner eine unbekannte Person und trug immer einen blauen Overall, ein weißes oder grünes Haarnetz, Überziehschuhe und Einweghandschuhe. Die Dauer der Tests betrug etwa 1 Stunde und der Untersucher war während der Verhaltenstests die einzige Person im Stall. Die Tests wurden standardisiert nach den Beschreibungen von Graml et al. (2008) und Wolff et al. (2019) durchgeführt und nur leicht an die baulichen Gegebenheiten des Stalls vor Ort angepasst. Der Untersucher startete die Untersuchung immer auf der kurzen Seite des Stalls und ging durch den rechten Gang zur gegenüberliegenden Seite und von dort im linken Gang zurück zur Ausgangsseite. Während dieses Weges durch den Stall wurden an vorher festgelegten Punkten in den Gängen und an den Wänden die drei Tests (SPT, ADT und TT) durchgeführt. Der SPT und der TT wurden beide insgesamt an drei festgelegten Stellen im Stall und der ADT an insgesamt 40 Tieren, aufgeteilt auf beiden Stallseiten, durchgeführt (Abb. 9).

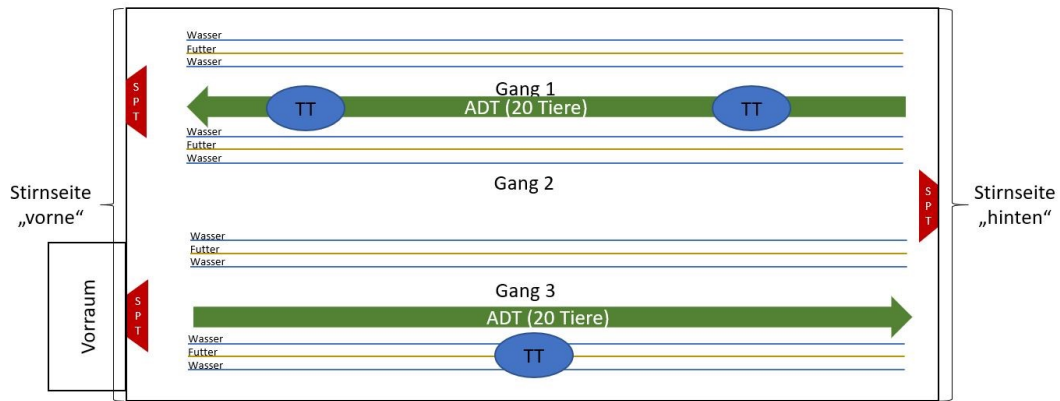


Abbildung 9: Weg des Untersuchers durch den Stall mit den festgelegten Stellen zur Durchführung der Tests der Voruntersuchung (Stationary Person Test [SPT] = rot, Avoidance Distance Test [ADT] = grün, Touch Test [TT] = blau)

Vor Beginn der Tests wurde in jedem Stall die dort vorherrschende Lichtstärke auf Tierhöhe mit einem VOLTcraft LX-1108 Luxmeter (Conrad Electronic, Hirschau, Deutschland) erfasst, um einen vorhandenen Einfluss auf die Testergebnisse analysieren zu können. Hierfür wurde eine Sechsen-Ebenen-Messung durchgeführt und anschließend der Mittelwert gebildet. Bei den ersten vier Verladungen wurde die Lichtstärke auf circa 8 lx eingestellt. Da die Lichtstärken in den Ställen unter normalen Haltungsbedingungen bei den verschiedenen Haltungsformen allerdings stark variierten und ein verfälschender Einfluss der Helligkeit auf die Aktivität der Tiere und folgend auf das Tierverhalten vermieden werden sollte, wurde ab der fünften Verladung keine einheitliche Lux-Zahl mehr vorgegeben. Stattdessen wurden die Voruntersuchungen bei der Haltungsbeleuchtung, die üblicherweise im Stall gegeben war, durchgeführt.

2.1.1. Stationary Person Test (SPT)

Der SPT dient zur Ermittlung der „Approach Distance“ (Annäherungsdistanz), also zur Bestimmung der freiwilligen Annäherung der Masthühner an den Untersucher. Dieser wurde insgesamt dreimal pro Voruntersuchung während des Wegs des Untersuchers durch den Stall durchgeführt, einmal an der Vorderwand rechts, einmal an der Rückwand und einmal an der Vorderwand links. Der Untersucher stand hierfür mit dem Rücken zur Stallwand und hielt eine Sony Cyber-Shot DSC-RX100 Kamera (Sony Europe Limited, Surrey, UK) auf Brusthöhe vor sich (ca. 120 cm über dem Boden). Der Aufnahmewinkel der Kamera war senkrecht zum Boden ausgerichtet, so dass die Fußspitzen mittig am unteren Rand des Bildes

zu sehen waren. Der Untersucher verharrte 5 Minuten lang in dieser Position und filmte diesen Bereich anschließend für 2 Minuten. Das Filmmaterial wurde mit dem Computer-Analyse-Programm „Kinovea 0.9.5“ (Kinovea organization, www.kinovea.org, France) ausgewertet. Hierbei wurde ein vom Programm vorgegebenes Raster (ca. 75 x50 cm) über das Bild gelegt und das Video wurde mit verlangsamter Geschwindigkeit abgespielt. Während das Video abgespielt wurde, wurden die Tiere markiert und die Tieranzahl notiert, die das Raster betraten und verließen (Abb. 10). Es wurde außerdem erhoben, ob generell Tierbewegung in das Raster hinein oder heraus vorkam oder nicht. Soweit die phänotypischen Merkmale auf den Videos zu erkennen waren, wurde auch das Geschlecht der beurteilten Tiere erfasst.



Abbildung 10: Standbild eines Videos des Stationary Person Test (SPT) mit markierten Tieren innerhalb des eingefügten Rasters (Foto: Werner)

2.1.2. Avoidance Distance Test (ADT)

Beim ADT wird die „Avoidance Distance“ (Ausweichdistanz, AD) ermittelt, d. h. die Entfernung zu einem Menschen, bei der sich ein Tier aktiv wegbewegt. Dieser Test wurde während des Wegs des Untersuchers durch die beiden Stallgänge an 40 Tieren jeder Herde durchgeführt, an 20 Tieren im rechten und 20 im linken Gang. Der Untersucher lief hierfür mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit (1 Schritt pro Sekunde) durch den Stall, wobei er den linken Arm hinter dem Rücken hielt und den rechten Arm leicht nach vorne streckte. Bei jedem fünften Schritt drehte sich der Untersucher entweder nach rechts oder nach links und näherte sich einem zufällig ausgewählten Tier aus einer Entfernung von etwa 1,5 m an und versuchte dieses zu berühren, indem er den Oberkörper beugte. Die Distanz,

bei der sich das Huhn wegbewegte, wurde in 10-cm-Schritten notiert. Als „Wegbewegen“ wurde das Anheben des zweiten Beins definiert. Ein Ergebnis von 0 cm bedeutete, dass das Tier mit den Fingerspitzen berührt werden konnte. Ab der 11. Verladung wurde auch für diesen Test das phänotypisch beurteilte Geschlecht des Tieres festgehalten.

2.1.3. Touch Test (TT)

Der TT wurde insgesamt dreimal während des Wegs durch den Stall durchgeführt, nämlich in der Mitte des rechten Ganges, am Anfang und am Ende des linken Ganges. Der Untersucher wählte eine zufällige Tiergruppe von mindestens 3 Tieren aus, ging neben dieser in die Hocke und wartete 2 Minuten lang. Anschließend wurden zwei Parameter erhoben: die Anzahl der Tiere in unmittelbarer Nähe des Untersuchers (TTreach) und die Anzahl der Hühner, die sich davon berühren ließen (TTtouch).

2.2. Hauptuntersuchung

Im Rahmen der Hauptuntersuchung der 32 Verladungen wurden jeweils Daten bezüglich eines GP Containers und eines Smartstack Containers sowohl direkt während der Verladung dieser Container als auch anschließend über aufgenommenes Videomaterial erhoben.

2.2.1. Durchführung

Auch bei der Hauptuntersuchung wurde der Einfluss der Lichtstärke auf das Verhalten der Masthühner berücksichtigt. Hierfür wurde vor jeder Verladung die Lichtstärke auf Tierhöhe vor der Maschine gemessen, um sicher zu stellen, dass die maximale Lux-Zahl von 1 lx nicht überschritten wurde. Während der Verladung wurde für die Messung der Bandgeschwindigkeit der einzelnen Förderbänder der Maschine das Geschwindigkeitsmessgerät Testo 470 (Testo SE & Co. KGaA, Lenzkirch, Deutschland) mit passendem Aufsatz genutzt. Um die Temperaturen zu erfassen, wurden Datenlogger des Typs LogBox RHT (B+B Thermo-Technik GmbH, Donaueschingen, Deutschland) innerhalb und außerhalb des Stalls verwendet.

Vor jeder Verladung wurden sieben Wildtierkameras der Marke SECACAM des Typs HomeVista (SECACAM, VenTrade GmbH, Köln, Deutschland) an der

Maschine befestigt, sodass jedes Förderband und jeder Übergang der Fangmaschine auf einer Kamera zu sehen war. Zusätzlich wurden die Übergänge vom Boden auf Fb 1 und von Fb 5 in den Container manuell mit jeweils einer Cyber-Shot Typ DSC-RX100 Kamera (Sony Europe Limited, Surrey, UK) gefilmt. Um für das manuelle Filmen eine gute Ausleuchtung zu gewährleisten, wurde mit NITECORE Taschenlampen (SYSMAX Innovations Co., Ltd., Guangdong, China) vom Typ Chameleon CB6 geleuchtet. Hierfür wurde immer das grüne Licht (500 – 570 nm) verwendet. Für die Auswertung des Videomaterials wurden 10 Bereiche der Fangmaschine (Übergang Boden – Fb 1, Fb 1, Übergang Fb 1 – Fb 2, Fb 2, Übergang Fb 2 – Fb 3, Übergang Fb 3 – Fb 4, Fb 4, Übergang Fb 4 – Fb 5, Fb 5, Übergang Fb 5 – Container) und fünf Verhaltensweisen (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschläge am Nachbartier und Anschläge an der Maschine/dem Container) definiert (s. Kap. IV Publierte Studienergebnisse, Figure 2). Für jeden Bereich war das Ziel 100 Tiere zu beurteilen, wobei die Übergänge der Förderbänder im fahrenden Förderbandzustand und die individuellen Förderbänder beim Anfahren/Abbremsen, im fahrenden und im stehenden Förderbandzustand beurteilt wurden.

Im Anschluss an die Verladung wurde das Gewicht der zu untersuchenden Tiere in den zwei Containern mit der Tierwaage Mettler Toledo ICS425 scale (Mettler Toledo GmbH, Gießen, Deutschland) und der Tierwaage KERN DE35K5D (KERN & SOHN GmbH, Balingen, Deutschland) gemessen.

Anhand der aufgenommenen Videos wurde zusätzlich auch die Förderbandbesatzdichte beurteilt, die während der Verladung der zwei Container auf den Förderbändern 1 und Förderband 3 herrschte. Förderband 3 wurde komplett beurteilt, bei Förderband 1 wurde ein bestimmter Bereich des Förderbandes zur Beurteilung gewählt. Zunächst wurde die Tierzahl auf dem Förderband bzw. dem jeweiligen Förderbandabschnitt zu mehreren Zeitpunkten bestimmt. Anhand der Größe des Förderbandes bzw. des Förderbandabschnittes, der Tierzahl und dem durchschnittlichen Tiergewicht der Verladung wurde die durchschnittliche Besatzdichte (kg/m^2) für Förderband 1 und 3 berechnet.

2.2.2. Statistik

Für die Analyse der stressbedingten Verletzungen und der Verhaltensvariablen wurden logistische Regressionsmodelle mit gemischten Effekten für binomiale

Zielgrößen verwendet, wobei betriebsspezifische Variationen durch zufällige Effekte für die Modellkonstante berücksichtigt wurden. Für kategoriale Prädiktoren (Geschlecht im ADT) werden Risiken entlang der Kategorien mit dem relativen Risiko (RR) verglichen. Kontinuierliche Merkmale (Mastgewicht, Stallbesatzdichte, Förderbandbesatzdichte, Beladedauer) wurden gemäß ihrer Standardabweichung (SD) skaliert, sodass RRs skalunenabhängig als faktorielle Änderung des Risikos für eine Änderung der Prädiktoren um eine SD-Einheit interpretiert werden können. Die Analysen wurden sowohl insgesamt als auch unter Berücksichtigung der Interaktion zwischen den Merkmalen und dem Zustand des Förderbandes nach Förderbandzuständen (anfahrenden/abbremsenden, fahrend, stehend) durchgeführt.

Die paarweisen Abhängigkeiten zwischen den drei Verhaltenstests der Voruntersuchung (SPT, ADT und TT) wurden durch den Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) untersucht.

Für den Einfluss der Lichtintensität auf die Ergebnisse der Tests der Voruntersuchung wurde eine Korrelationsanalyse mit log-transformierten Werten der Tests und der Lichtintensität durchgeführt.

Die Ergebnisse werden in Form von Punktschätzungen, den entsprechenden 95%-Konfidenzintervallen (KI) und den P-Werten dargestellt. Alle Analysen wurden mit der statistischen Programmiersprache R (R Core Team, 2019) durchgeführt.

IV. PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE

Anne Werner^{*1}, Alexandra Blaeske^{*}, Elke Rauch^{*}, Michael Erhard^{*}, Julia Unterholzner^{*}, Paul Schmidt[†], Martin Gotthart[‡], Helen Louton[#]

^{*}Chair of Animal Welfare, Animal Behavior, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, Veterinaerstr. 13/R, D-80539 Munich, Germany

[†]Paul Schmidt, Statistical Consulting for Science and Research, Große Seestraße 8, D-13086 Berlin, Germany

[‡]Verlade GbR, Eder 1, D-84332 Hebertsfelden, Germany

[#]Animal Health and Animal Welfare, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, University of Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6b, D-18059 Rostock, Germany

Behavior of broilers and impacts occurring to them during mechanical loading under field conditions

Poultry Science, angenommen am 28. März 2023

Manuskript Nummer/DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102688>

Behavior of broilers and impacts occurring to them during mechanical loading under field conditions

Anne Werner ^{*,1}, Alexandra Blaeske^{*}, Elke Rauch ^{*}, Michael Erhard^{*}, Julia Unterholzner^{*}, Paul Schmidt [†], Martin Gotthart[‡], and Helen Louton [§]

^{*}Chair of Animal Welfare, Animal Behavior, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, D-80539 Munich, Germany; [†]Statistical Consulting for Science and Research, D-13086 Berlin, Germany; [‡]Verlade GbR, D-84332 Hebertsfelden, Germany; and [§]Animal Health and Animal Welfare, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, University of Rostock, D-18059 Rostock, Germany

ABSTRACT Mechanical loading has been used increasingly in recent years alongside the manual loading of broilers. The aim of this study was to analyze the influence of various factors on the behavior of broilers and the impacts occurring to broilers during loading with a loading machine in order to identify risk factors and thus improve animal welfare. During 32 loadings we assessed escape behavior, wing flapping, flip, bumping into an animal, and bumping against the machine or container by evaluation of video recordings. The parameters were analyzed for influences of rotation speed, container type (GP container vs. SmartStack container), husbandry system (“Indoor Plus” vs. “Outdoor Climate”), and season. In addition, the behavior and impact parameters were correlated with the loading-related injuries. The results showed that an increase in rotation and conveyor belt speed was associated with an elevated risk of all behaviors or impacts, except for a lower risk of escape behavior. The seasonal influence showed that the risk of wing flapping, bumping into an animal, and

bumping against the machine or container was highest in fall. The comparison of the container types showed that the risk of escape behavior, wing flapping, and bumping into an animal was increased when loading with the SmartStack container, but the risk of bumping against the machine or container was reduced. For animals of the husbandry system “Outdoor Climate,” the risk of bumping into an animal and bumping against the machine or container was reduced. In addition, we found an influence of the examined parameters on the loading-related injuries. Increased escape behavior reduced the risk of severe injuries (fractures, dislocations, epiphysiolyses). Wing flapping and bumping against the machine or container increased the risk of hematomas and abrasions. The risk of hematomas was increased if broilers bumped into conspecifics. In summary, our analysis revealed that the behavior and impacts on the animals during loading are influenced by each of the analyzed factors and that they in turn can affect loading-related injuries.

Key words: broiler loading, mechanical loading, slow-growing broiler, behavior observation, impact on broiler

2023 Poultry Science 102:102688

<https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102688>

INTRODUCTION

The global trend toward rising meat consumption and thus increasing meat production has continued almost steadily over the last few years. In 2021, meat production increased for all common animal species such as cattle, pigs, and poultry (FAO, 2021). Poultry meat production has been the global leader for many years,

with a worldwide production of approximately 133.9 million tons of poultry meat in 2020 alone (FAO, 2021).

To be transported to the abattoir, broilers must be caught and loaded in transport crates. During these pre-slaughter activities, the broilers are exposed to various stressors (Jacobs et al., 2017; Benincasa et al., 2020), and especially the loading of the animals is one of the biggest stress factors in broiler production and has a direct impact on animal welfare (Knowles and Broom, 1990; Lacy and Czarick, 1998; Queiroz et al., 2015; Kittelsen et al., 2018). Whereas in Scandinavian countries, such as Finland, almost 100% of broilers are caught and loaded by loading machines (Personal Notification by Hanna Hamina, 2022), manual loading is still the most common method of loading broilers worldwide (Dutra et

© 2023 The Authors. Published by Elsevier Inc. on behalf of Poultry Science Association Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Received January 3, 2023.

Accepted March 28, 2023.

¹Corresponding author: a.werner@tierhyg.vetmed.uni-muenchen.de

WERNER ET AL.

al., 2021). This is also the case in Germany (Gocke, 2000), where only 5% of broilers are loaded by a machine (Wolff, 2020). However, to meet increasing animal numbers and economic profitability, as well as animal welfare and health concerns, loading machines have been developed and used increasingly to depopulate broiler flocks in the last decades (Knowles and Broom, 1990; Lacy and Czarick, 1998; Gocke, 2000; Mönch et al., 2020). Berry et al. (1990) stated that the use of a carefully designed loading machine can reduce stress and injuries to the animals. Dutra et al. (2021) summarized the study results of several other authors and concluded that mechanized loading should be preferred to manual loading.

The mechanical loading methods can be divided into 5 groups according to the way they function: herding systems, sweeping systems, vacuum systems, scooping systems, and mat systems (Gerrits and de Koning, 1981; Gerrits et al., 1985). The 2 most common systems are the herding system and the sweeping system. Both systems use conveyor belts to move the animals toward the container inside the machine. The main difference between these systems is the way the animals are loaded onto the machine. If using a herding-type loading machine, the animals are picked up from the ground via a wide collection belt, whereas when using a sweeping-type loading machine, the broilers are picked up by rubber fingers and deposited on a sloping conveyor belt (Duncan et al., 1986). Loading with the first system might be less stressful for the animals to be maneuvered onto the conveyor belt without any forced contact to objects, but it also gives them the possibility of escaping and implies a longer way to the containers. Both systems have the advantage that no human contact is needed and the animals are transported in an upright position. In reviewing the early phases of machine development, Lacy and Czarick (1998) reported that the sweeping-type loading machine was highly adept in picking the birds up from the ground. Only some minor problems were noted with the process of placing the birds into the containers (Lacy and Czarick, 1998). Similarly, in machines of the herding system, the transition between caging arm and container is a risk area (Wolff et al., 2019).

In addition to the risk of injuries, the stressors to which animals are exposed during loading are an important issue to consider for the benefit of animal welfare. Stress is not exactly the same as fear, but fear is an adaptive psychophysiological response to a perceived danger and therefore an important component of stress (Jones, 1987; Zulkifli et al., 1998). Fear-related responses are characterized by physiological and behavioral reactions that prepare the animal to deal with a dangerous situation (Forkman et al., 2007). The underlying evolutionary function is to avoid sources of danger through defensive reactions and thus to increase one's own life expectancy (Forkman et al., 2007). However, an extreme fear reaction, such as uncoordinated escape attempts or panic, can lead to injuries and a higher mortality rate in the fattening, loading, and transport of broilers (Jones, 1996; Hakansson, 2015). During catching and handling,

birds display not only escape behavior (Knowles and Broom, 1990; Wolff et al., 2019; Wessel et al., 2022) but also wing flapping (Kittelsen et al., 2018; Wolff et al., 2019; Wessel et al., 2022). Wolff et al. (2019) additionally observed flipping and bumping against the container during mechanical loadings, defining these parameters as passive behaviors resulting from external pressure on the broiler. In addition, de Lima et al. (2019) and Wessel et al. (2022) collected data during manual loadings on striking or hitting the container. These passive behaviors are mentioned as impacts on the animals in our present study.

In a previous study, Wolff et al. (2019) investigated the defensive behavior of broilers during manual and mechanical loading and identified various areas of the loading machine as risk areas. In their study, the transition between the first 2 conveyor belts (conveyor belts 1 and 2) (Figure 1) was the greatest risk area because there was both a large difference in height between the conveyor belts and a change in direction. As a result, the highest occurrence of wing flapping was observed there. The analyses also indicated that fewer starts and stops of the conveyor belts could reduce the risk of loading-related injuries (Wolff et al., 2019). The loading machine used in the study by Wolff et al. (2019) was therefore re-engineered at critical points, and a modified loading machine was used in the present study.

The aim of this study was to investigate the influence of 5 factors on the behavior of broilers and on impacts occurring to the animals during loading, namely, the influence of rotation speed of the engine (1,800 vs. 2,000 turns per min), conveyor belt speed (meters per second), type of container (GP container vs. SmartStack container), season, and husbandry system (fast-growing vs. slow-growing broilers). Furthermore, we analyzed the influence of the assessed behaviors and impacts on the loading-related injuries categorized as minor injuries (hematomas and abrasions) and major injuries (fractures, dislocations, and epiphyseolyses).

MATERIALS AND METHODS

Farms

In this study, a total of 32 loadings were assessed on 10 broiler farms. All farms were located in the south of Germany, in the federal state of Bavaria. Loadings had to meet the following criteria to be included in the data collection: no antibiotic treatments of the flocks in the last 10 d before loading, a total cumulative rearing mortality maximally 6%, a general stocking density less than 39 kg/m², and a maximum light intensity of 1 lux during loading.

Husbandry System and Fattening Method

Based on the husbandry conditions and genetics of the broilers, the farms were divided into different husbandry systems and fattening methods. The husbandry systems

IMPACTS ON MECHANICALLY LOADED BROILERS

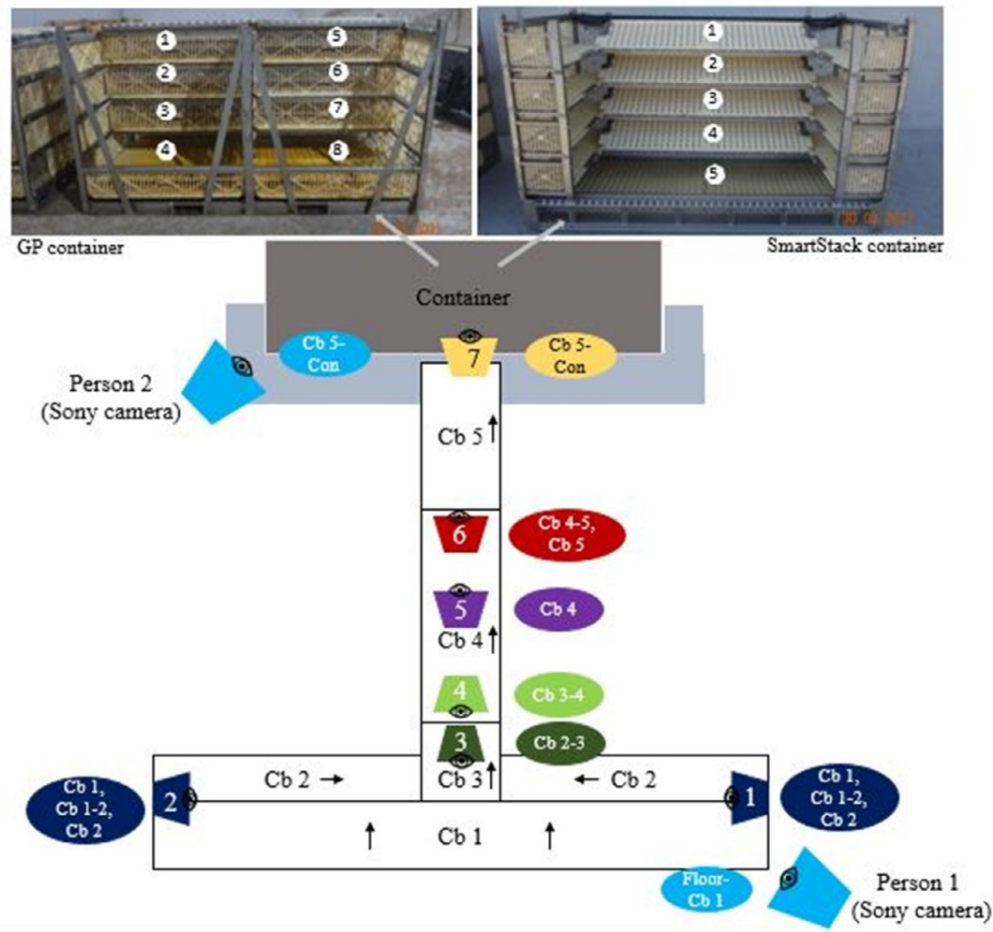


Figure 1. Overview of the design of the machine, of the attached cameras (incl. filming areas and angle of view), and of the 2 container types used in this study (incl. drawer numbers). Abbreviations: Cb, conveyor belt; Con, container.

were classified according to the specifications of the German retail trade’s “Haltungsformsiegel” (Haltungsform.de, 2022) into “Indoor Plus” and “Outdoor Climate.” The

classifications of the fattening methods followed the specifications of the “Standard,” “Standard Premium,” and “Premium” labels. Table 1 gives an overview of the

Table 1. Overview of the requirements for the different husbandry systems and fattening methods and of the numbers of participating farms and loadings.

Requirement	Husbandry system and fattening method		
	“Standard”	“Standard Premium”	“Outdoor Climate” “Premium”
On the farm			
Genetic	Fast-growing broilers	Fast-growing broilers	Slow-growing broilers (average weight gain max. 51 g/d)
Maximum stocking density	35 kg/m ²	Max. 30 kg/m ² plus 10% in case elevated levels are offered (=33 kg/m ²)	Max. 25 kg/m ² or max. 29 kg/m ² (in case a veranda is accessible), max. 15 broilers/m ²
Enrichment (organic enrichment material made of changeable and consumable material, e.g., straw, pecking stones)	At least 1 enrichment item per 150 m ²	1 pecking stone and 1.5 straw bales per 1,000 broilers	At least 3 bales of straw or hay per 2,000 broilers and 1 pecking item per 1,000 broilers
Dark period	6 h	8 h	8 h
Veranda	No	Yes	Yes
Feeding	QS-approved or QS-accepted feed, non-GMO feed	QS-approved or QS-accepted feed, non-GMO feed	QS-approved or QS-accepted feed, non-GMO feed
In this project			
Genotype	Ross 308	Ross 308	Ranger Classic, Hubbard 787
Number of farms	6	2	2
Number of loadings	7	9	16
		(total “Indoor Plus”: 16)	

Abbreviations: GMO, genetically modified organisms; QS, quality scheme for food.

WERNER ET AL.

specifications of the husbandry systems and fattening methods and the number of participating farms. All broilers were housed as day-old chicks and reared under the conditions listed in Table 1. The broilers were vaccinated against Newcastle disease as prescribed (d 1 and d 12–14).

Season and Outdoor Temperature

The data collection started in December 2020 and ended in November 2021. In each season, 8 loadings were monitored, 4 of each husbandry system (Table 2). The meteorological classification was used to divide the seasons, that is, spring: March 1 to May 31; summer: June 1 to August 31; fall: September 1 to November 30; winter: December 1 to February 28. Additionally, a LogBox RHT data logger (B+B Thermo-Technik GmbH, Donaueschingen, Germany) was positioned outside of the barn to record the outside temperature at each loading.

Loading Machine

For data collection, a modified CMC Apollo Generation 2 loading machine constructed in 2020 (CMC Industries - Ciemme Calabria S.r.l., Cazzago San Martino, Italy) was used. The machine consists of several conveyor belts connected in series, making it possible to transport the animals upright from the barn floor into the container without direct human contact. The animals are lifted onto the machine via the long and slightly inclined platform of the first 6 parallel conveyor belts (summarized as conveyor belt 1, about 9 m wide in total). From here, they get onto 2 conveyor belts (summarized as conveyor belt 2) that run perpendicular to conveyor belt 1 and transport the animals from the left and right sides to the center of the loading machine. A height difference of approximately 14 cm was measured between conveyor belt 1 and the slightly lower conveyor belt 2. Via conveyor belt 2 the broilers are led to the central part of the machine, which starts with conveyor belt 3. They continue via conveyor belt 4 and conveyor belt 5 until they are loaded into the drawers (Figure 1). Both at the transition between conveyor belts 4 and 5 and at the transition from conveyor belt 5 into the container, a subdivided rubber-curtain is fixed in the machine through which the animals are transported.

The loading machine has an installed “soft-go” system, which makes the conveyor belts start and stop slowly. The structure of the conveyor belts consists of multiple horseshoe-shaped elevations. A caging arm for which the height, depth, and distance from the container is controlled manually by 2 workers standing on a platform is placed at the last transition (conveyor belt 5 into the container). At the rear end of the machine is a rotatable carousel on which 3 containers could be placed simultaneously. The carousel can be rotated by manual control as needed to load or unload the other 2 containers by forklift while 1 container is being filled. An inbuilt scale allows setting the drawer loading density before loading.

Table 2. Overview of the classification of the 4 main factors of the 32 loadings (husbandry system, rotation speed, container type, and season).

Husbandry system (genotype)	Rotation speed (turns per min)	Type of container	Season	Number of assessed containers ($N = 64$)	Number of assessed loadings ($N = 32$)
Indoor Plus (Ross 308)	2,000	GP	Winter, spring, summer, fall	2 in each season = 8	2 in each season = 8
	2,000	SmartStack	Winter, spring, summer, fall	2 in each season = 8	2 in each season = 8
	1,800	GP	Winter, spring, summer, fall	2 in each season = 8	2 in each season = 8
	1,800	SmartStack	Winter, spring, summer, fall	2 in each season = 8	2 in each season = 8
Outdoor Climate (Ranger Classic, Hubbard 787)	2,000	GP	Winter, spring, summer, fall	2 in each season = 8	2 in each season = 8
	2,000	SmartStack	Winter, spring, summer, fall	2 in each season = 8	2 in each season = 8
	1,800	GP	Winter, spring, summer, fall	2 in each season = 8	2 in each season = 8
	1,800	SmartStack	Winter, spring, summer, fall	2 in each season = 8	2 in each season = 8

Abbreviations: GP, GP container; “GP live bird container supply system”; SmartStack, SmartStack container “SmartStack 5tL.”

IMPACTS ON MECHANICALLY LOADED BROILERS

When the maximum weight is reached, a light turns on, and the personnel must then stop the conveyor belt and change the position of the caging arm to reach the next drawer.

In comparison with the previous study by Wolff et al. (2019), the present study used a modified loading machine. For a better slip resistance, a lower skin irritation, and a good cleanability, a modified conveyor belt structure was used, consisting of flat horseshoe-shaped elevations, instead of rough and high punctual elevations. Another modification was an optimized module for improved control of the height and angle of the caging arm used for the transition from conveyor belt 5 into the container, in order to place the broilers more accurately in the containers. The third modification was a “soft-go” system for a smoother starting and stopping of the conveyor belts. Furthermore, the SmartStack container was used in the present study in addition to the GP container. The loading machine and the used containers were cleaned and disinfected after each loading.

Rotation Speed and Conveyor Belt Speed. For this study, a rotation speed of 1,800 turns per min was defined as “slow rotation speed” and 2,000 turns per min as “fast rotation speed.” For both speeds, 16 loadings were assessed (Table 2). The desired rotation speed (turns per minute) was manually set on the machine and checked before each loading. In addition, 3 speed measurements (meters per second) of 4 individual conveyor belts (conveyor belt 1, conveyor belt 2, conveyor belt 4, conveyor belt 5) were performed for each container with a Testo 470 speed measuring device (Testo SE & Co. KGaA, Lenzkirch, Germany), that is, 24 measurements at each loading were done. Only conveyor belt 3 could not be measured owing to its location within the machine.

Container Type. Two types of containers were used for this study: the GP container “GP live bird container supply system” and the SmartStack container “SmartStack 5t1” (both from Marel, Gardabaer, Iceland) (Figure 1). The drawers of both container types were operated manually and filled one after the other, starting with the lowest drawer. Both container types differed in their construction, in the number of drawers, and in the holding capacity for broilers. The GP container consisted of 4 levels of rows with 2 columns of drawers, thus 8 drawers in total. The SmartStack container consisted of 5 levels with 1 drawer each, extending over the entire length of the container. Thus, there were no middle partitions between the drawers on each level. In addition, a movable net was attached to close drawer 1 (top one), whereas the GP container was closed with a pull-out plastic lid (Figure 1). For the analysis of the influence of the drawer number, the container drawers were assigned different units indicating their position, namely, the “top,” “middle,” and “bottom.” For the GP container, the top unit was defined as drawer numbers 1 and 5, the middle unit as drawer numbers 2, 3, 6, and 7, and the bottom unit as drawer numbers 4 and 8. For the SmartStack container, the top unit was defined as drawer number 1, the middle unit as drawer numbers 2, 3, and

4, and the bottom unit as drawer number 5. The drawer stocking density was calculated before each loading based on the average weight of broilers and indicated by the abattoir. It was on average 72.74 kg per drawer for the GP container and 141.97 kg per drawer for the SmartStack container. The loading time for each container was evaluated in minutes based on the videos and was included in the analysis.

Workers

At each loading, 3 to 4 people operated the machine. Two workers stood on the platform to control the loading arm that transports the animals into the containers. Another 1 or 2 workers monitored the height of the machine for the transition from the floor to conveyor belt 1 and ensured that the height of the front part of the machine was set correctly or stopped the machine to remove dead and nontransportable animals. In addition, there were another 1 or 2 workers, who drove the containers by forklift from the truck to the loading machine and back. Altogether 20 different workers were present at all loadings. Most of the workers were family members, owners of the machine, employees, or other farmers who helped each other. All the workers had been instructed on the loading machine and were experienced in its handling.

Preparations Before Loading

Various precautions were taken before the loading. The 24-h light program in the barn, which is based on the natural day–night rhythm with a dark period of 6 or 8 h, was run until at least 3 d before the slaughter date (TierSchNutzV, 2006). The feeding was individually managed by the farmers so that the feed lines were emptied approximately 2 h before loading, more specifically approximately 6 h before slaughter. The water lines were raised just before the loading started. After the lifting of the water lines, the animals were moved away from the barn walls by workers. With the use of a leaf blower directed against the barn wall, a stream of air was created to move the animals further away from the wall and closer to the barn center, so that they could directly be picked up and loaded by the machine.

Main Examination

During the assessed loadings, a large data set considering the impact on the animals was collected. A “video recording system” was established and modified for the behavioral observations. Before the loadings started, 7 SECACAM HomeVista wildlife cameras (SECACAM, VenTrade GmbH, Cologne, Germany) were attached to the machine with cable ties. The cameras were positioned and adjusted to ensure that each transition and conveyor belt could be seen on at least 1 camera. In addition, the transition from the floor to conveyor belt 1 and the transition from conveyor belt 5 into the container

WERNER ET AL.

were filmed manually by 2 people with a Sony camera. To have good lighting for the manual filming, 2 NITECORE torches (SYSMAX Innovations Co., Ltd., Guangdong, China) type Chameleon CB6 with green light were used because green light generally has a less disorienting effect on birds than white light (Poot et al., 2008; De Jong et al., 2017). The continuous recordings during loading of the individual containers ensured that the animals that would later be examined regarding loading-related injuries were recorded to allow considering the occurring behaviors and impacts. The loading process was not disturbed by filming. All wildlife cameras were set to the correct date and time before each loading. From the fifth winter loading onward, the cameras were attached to the machine following the schema shown in Figure 1. The starting times of the loading of the 2 containers to be evaluated were marked with laminated signs that were held in front of all cameras for 5 to 10 s one after the other. Initially, the sixth and eighth container of a loading were selected as the containers to be examined, and from the fourth loading onward, the 12th and 14th containers of each loading were selected. From the ninth loading onward, the order of the GP and the SmartStack container and the sides from which they were filmed were alternated.

During loading, the light intensity at animal height was measured with a luxmeter and the sound level was measured twice at animal height and at container height with a PCE 322A sound level meter (PCE Instruments UK Ltd., Manchester, UK) (before and after loading of the assessed containers). In addition, the speed measurements of the conveyor belts were done. The temperature outside the barn was recorded by using a data logger.

Following the loading of the 2 containers, the animals in these containers were subjected to a veterinary examination on-farm to collect data considering loading-related injuries, based on the scheme of Mönch et al. (2020). Attention was paid to severe injuries, hematomas, and abrasions, and the sex of each broiler was noted based on phenotypic characteristics. The animals were examined for hematomas and for abrasions of skin on several body locations (hematomas: wing tip, wing proximal to wing tip; abrasions: wing tip, wing proximal to wing tip, torso, leg). The results were recorded binomially (occurrence yes or no). For the general analysis in the presented study, animals with multiple injuries were counted only once per injury type. Severe injuries were defined as such if a fresh fracture, luxation, or epiphyseolysis was given on the wing (see Table 3 in Mönch et al., 2020). Hematomas and abrasions were scored only if they were fresh and if they had a diameter greater than 0.5 cm, and both were noted as minor injuries. In addition, all animals were weighed with a Mettler Toledo ICS425 scale (Mettler Toledo GmbH, Giessen, Germany) or KERN DE35K5D scale (KERN & SOHN GmbH, Balingen, Germany). Animals with severe injuries were stunned and killed professionally and sent to a pathology department for a pathological, histological, and microbiological examination (loadings 1–5 and 7–32: Ludwig-Maximilians-University Munich, Clinic for

Birds, Small Mammals, Reptiles and Ornamental Fish, Oberschleißheim, Germany; loading 6: Department of Pathology, Tiergesundheitsdienst Bayern e.V., Grub, Germany).

Additionally, using the same procedure a pre-examination of 200 animals took place maximally 24 h and minimally 4 h before each loading. The aim was to ensure that all the injuries found after the loading were consequences of the loading process.

Interobserver Reliability Test. The video material was analyzed using a self-defined ethogram (Figure 2), which was based on the classification by Wolff et al. (2019). In total, 377 animals were assessed by 3 veterinarians. Using the collected data, the average percentage agreement of the examiners and the prevalence-adjusted bias-adjusted kappa (PABAK) according to Byrt et al. (1993) were calculated to estimate the observer agreement. The PABAK was calculated for 3 categories according to Gunnarsson (2000) with the formula: $(kp_0 - 1)/(k - 1)$ (k is the number of categories; p_0 is the relation between the observer agreements).

Evaluation of Video Material. Data of 62,597 animals from 32 loadings on 10 farms were examined. To evaluate the behaviors shown and the impacts experienced by the animals during loading, 10 areas were defined on the machine consisting of transitions and individual conveyor belts (Figure 2). Only conveyor belt 3 was not included as an independent conveyor belt owing to its small size. The aim was to evaluate 100 animals for each transition and conveyor belt and to note the occurring behaviors and impacts, whereby in individual cases not all 100 animals could always be evaluated for technical reasons. Tracking of the animals across the different areas was only possible from conveyor belt 1, via transition from conveyor belt 1 to conveyor belt 2, and on conveyor belt 2. The video recordings were analyzed with regard to the 5 defined parameters (Figure 2). The videos were replayed at slowed speed for accurate analysis with QuickTime Player (Apple Inc., New York, NY) or Video Editor (Microsoft Corporation, Washington, USA).

The behaviors and impacts were analyzed using behavior sampling. Behavior sampling involves observing an entire group and recording each occurrence of a particular behavior with details of the associated individual (Martin and Bateson, 2007). The recording rules used in this study were adapted from the one-zero sampling method of Martin and Bateson (2007), which records whether or not a behavior or an impact occurred during the sampling interval. The timeframe was defined as the time until 100 animals whose behavior or impact could clearly be assessed had passed one of the conveyor belts or transitions. Behavior or impact at the transitions was only assessed while the conveyor belts were moving, and a distinction was made between “behavior or impact observed” and “behavior or impact not observed.” For behaviors or impacts that were examined on the conveyor belts, an additional distinction was made between whether the conveyor belt was starting or stopping, moving, or standing. If a state of the conveyor

IMPACTS ON MECHANICALLY LOADED BROILERS

Table 3. Details of the 32 loadings (rotation speed, genetic of the broilers, season, outdoor and indoor temperature during loading, fattening day of the broilers, stocking density in the barn, production week of the parent stocks, number of loaded broilers, time at start of the loading of the containers, average body weight of the broilers, and stocking density in the drawers of the GP container and the SmartStack container, the latter divided into drawer numbers 1–4 and the smaller drawer number 5) per husbandry system and associated fattening method.

HS	FM	S	Loading number	Rotation speed (turns per min)	Genetic	Season	Outdoor		Indoor		FD (d)	Stocking density (kg per m ²)	Production week	LB (n)	SC (hh:mm)	Average body weight (g)	StDens Drawer		StDens Drawer SS					
							T (°C)	T (°C)	GP (kg per drawer)	drawer no. 1–4; kg per drawer no. 5)														
IP	S	R308	6	2,000	Winter	Winter	-9.0	-	43	36.5	18; 17	20,370	04:46	3,080	70.6	143.2; 117.7								
			13	2,000	Spring	Spring	-0.1	12.5	42	35.0	42	35.0	18	22,030	02:37	2,660	70.1	142.5; 110.0						
			19	1,800	Summer	Summer	23.7	21.4	42	35.7	42	35.7	4	21,990	06:33	2,550	74.6	131.1; 88.9						
			21	1,800	Summer	Summer	13.6	17.8	40	37.1	40	37.1	14	23,390	01:27	2,720	72.4	151.9; 112.7						
			25	2,000	Fall	Fall	10.6	17.3	41	33.9	41	33.9	14	21,280	03:42	2,680	69.1	149.2; 89.9						
			27	2,000	Fall	Fall	11.0	16.8	42	35.1	42	35.1	18	21,720	03:58	2,810	74.1	152.2; 107.5						
			29	1,800	Fall	Fall	2.4	9.9	42	35.0	42	35.0	27	23,120	05:33	2,780	75.2	152.0; 129.8						
			SP	R308	Winter	1	1,800	Winter	Winter	-1.4	8.6	40	33.4	31	20,660	23:38	2,720	71.8	144.5; 102.6					
						2	2,000	Winter	Winter	1.3	16.4	42	34.2	33; 33	33.4	18,530	00:51	3,150	77.6	152.5; 116.4				
						4	1,800	Winter	Winter	-4.3	5.7	41	32.9	41	32.9	14; 13	20,730	02:06	2,560	73.5	147.1; 103.9			
						10	2,000	Spring	Spring	1.2	13.2	41	31.7	41	31.7	13	20,740	01:08	2,520	70.1	167.1; 104.0			
						11	1,800	Spring	Spring	0.8	13.3	40	31.4	40	31.4	22; 21	18,210	23:49	2,900	71.1	141.5; 120.1			
						16	1,800	Spring	Spring	9.4	17.4	42	32.0	42	32.0	29; 28	19,800	23:14	2,720	60.2	137.9; 95.7			
						17	2,000	Summer	Summer	22.3	24.7	41	32.6	41	32.6	11	20,120	22:22	2,630	69.4	144.4; 104.0			
						18	2,000	Summer	Summer	19.8	22.8	41	31.6	41	31.6	3	18,700	00:01	2,620	79.4	153.2; 107.0			
						IP	S	R308	26	1,800	Fall	Fall	11.6	15.6	40	32.6	26	19,010	23:44	2,720	69.6	137.6; 106.0		
									26	1,800	Fall	Fall	7.1	15.6	41	33.8	18	20,650	23:44	2,740	71.8	146.7; 107.3		
			OC	P	RC	3	2,000	Winter	Winter	4.0	11.2	41	29.9	34; 24	28,890	23:11	2,250	74.1	153.5; 135.3					
						5	1,800	Winter	Winter	5.8	10.9	41	28.2	17; 32	26,210	23:02	2,220	74.6	156.4; 120.5					
			OC	P	RC	7	2,000	Winter	Winter	-0.3	7.7	41	28.4	17; 33	30,870	22:51	2,090	80.3	159.8; 125.9					
						8	1,800	Winter	Winter	-0.1	7.2	40	29.1	7; 20	26,750	23:06	2,070	66.8	140.3; 115.0					
						9	1,800	Spring	Spring	-1.2	7.9	40	29.0	7	26,710	22:51	2,040	67.3	138.8; 114.9					
						12	2,000	Spring	Spring	12.8	14.3	40	28.1	11	28,110	21:39	2,080	74.6	152.2; 124.3					
						14	2,000	Spring	Spring	7.7	10.9	39	29.7	14	28,090	21:23	1,900	70.3	148.1; 108.0					
						15	1,800	Spring	Spring	5.8	12.5	40	26.6	3	26,490	21:40	1,900	74.4	153.0; 112.1					
						20	2,000	Summer	Summer	20.7	21.3	39	28.2	1	28,800	21:28	1,960	71.5	139.7; 120.7					
22	1,800	Summer				Summer	17.2	19.4	40	28.2	26; 15	31,430	21:47	2,000	77.8	155.2; 115.1								
23	2,000	Summer				Summer	19.0	21.8	39	30.1	28; 17	28,410	21:34	1,980	69.0	140.0; 107.1								
24	1,800	Summer				Summer	16.5	20.4	41	30.1	4; 17	28,360	21:23	2,080	70.7	140.6; 105.0								
28	2,000	Fall				Fall	3.4	18.6	40	28.7	15	27,290	22:41	2,020	69.4	139.3; 118.3								
30	1,800	Fall				Fall	9.8	17.0	40	27.8	16	31,610	22:47	1,970	74.8	149.8; 121.0								
31	2,000	Fall				Fall	4.3	11.1	40	29.6	30	28,820	23:43	2,020	70.9	140.3; 108.5								
32	1,800	Fall				Fall	2.2	11.5	41	29.4	5; 17	27,800	23:37	1,990	69.6	150.1; 69.2								
OC	OC	OC	32	1,800	Fall	Fall	8.0	14.0	40	28.8	16	28,420	23:37	2,040	72.2	147.3; 113.8								

Abbreviations: Ø, average; FD, fattening day of the broilers; FM, fattening method; H, Hubbard 787; HS, husbandry system; Indoor T, average indoor temperature during loading; IP, "Indoor Plus"; LB, the total number of loaded broilers from the entire barn; OC, "Outdoor Climate"; Outdoor T, average outdoor temperature during loading; P, "Premium"; PW, production week(s) of the parent stock(s); R308, Ross 308; RC, Ranger Classic; S, "Standard"; SC, start of the loading of the containers; SP, "Standard Premium"; StDens Drawer GP, average stocking density in the 8 drawers of the GP container; StDens Drawer SS, average stocking density in the drawers of the SmartStack container divided into drawer numbers 1 to 4 and the smaller drawer number 5.

WERNER ET AL.

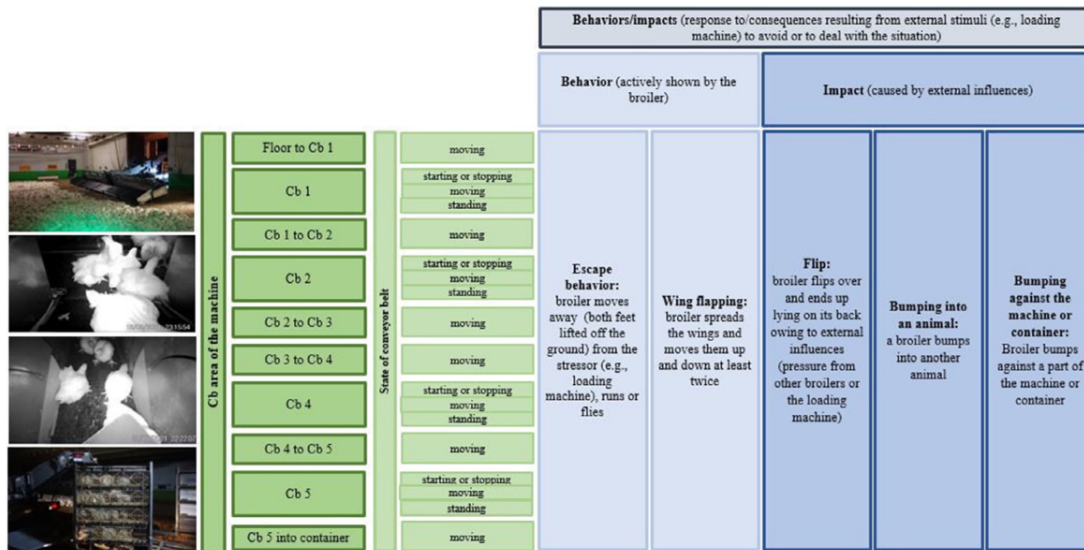


Figure 2. Overview of the evaluation of behaviors and impacts including the defined conveyor belt areas and states, and the ethogram of the behaviors and impacts. Abbreviation: Cb, conveyor belt.

belts did not occur during the observation time of an animal, it was described as “state not occurring.”

Statistical Analysis

Comparison of test values along selected variables (husbandry system, fattening method, fattening day, production week of the parental flock, and cumulative rearing mortality) was performed by independent linear mixed models using the tests as dependent variables and the variables as fixed effects. Farm-specific variation was accounted for through random effects for the intercept.

For the analysis of loading-related injuries and the behavior/impact variables, mixed effects logistic regression models for binomial response variables were used accounting for farm-specific variation by random intercepts. For categorical predictors (rotation speed, container type, drawer number, season, husbandry system, fattening method), risks along categories were compared using the risk ratio (**RR**). Continuous predictors (conveyor belt speed) were scaled by their standard deviation (**SD**) so that RR values can be interpreted scale-independently as the factorial change in risk for a 1-unit change in the SD of the predictor. Analyses were performed overall as well as divided along conveyor belt states (starting or stopping, moving, standing) by considering the interaction between predictors and conveyor belt state.

Results are presented by point estimates and corresponding 95% confidence intervals (**CI**s). All analyses were conducted using the statistical programming language R (**R Core Team, 2019**).

RESULTS

General Measurements

When measuring the conveyor belt speed, at a rotation speed of 1,800 turns per min, the average speed of

conveyor belt 1 was 0.20 m/s, of conveyor belt 2 0.59 m/s, of conveyor belt 4 1.38 m/s, and of conveyor belt 5 1.93 m/s. At a rotation speed of 2,000 turns per min, the average speed of conveyor belt 1 was 0.28 m/s, of conveyor belt 2 0.83 m/s, of conveyor belt 4 1.53 m/s, and of conveyor belt 5 2.17 m/s. In addition, an average conveyor belt speed for each loading was calculated from these values; it was 1.02 m/s at a rotation speed setting of 1,800 turns per min and 1.20 m/s at 2,000 turns per min.

In the GP container, 211 animals were loaded on average per loading from flocks of husbandry system “Indoor Plus” and 285 animals from flocks of husbandry system “Outdoor Climate.” In the SmartStack container, there was an average of 255 animals from flocks of husbandry system “Indoor Plus” and 348 animals from flocks of husbandry system “Outdoor Climate.” The drawer stocking density per loading for the 2 container types is presented in **Table 3**. The loading time of the GP container was 01:41 min on average (min. 01:13 min, max. 02:51 min). For the SmartStack container, the average loading time was 02:29 min (min. 01:49 min, max. 03:17 min).

Main Examination

Table 3 provides an overview of the general data and **Table 4** of the loading-related injuries for the 32 loadings. **Figure 3** shows a general overview of the risks of the occurring behaviors and impacts on the animals, divided into state of the conveyor belt and conveyor belt area for all evaluated animals. An overview of the average percentage of the behaviors and impacts on the animals, subdivided into rotation speed, type of container, season, and husbandry system is presented in **Table 5**. The analysis of the time of loading of the containers showed only single but no plausible influences.

Interobserver Reliability Test. The PABAK value for escape behavior was 0.98, for wing flapping

IMPACTS ON MECHANICALLY LOADED BROILERS

Table 4. Overview of the animals with 1 or more loading-related injuries (severe injuries [fractures, dislocations, epiphyseolyses], hematomas on wing, and abrasions in total) in all 32 loadings in % and adjusted % accounting for farm-specific variation.

Loading-related injuries	Minor injuries		
	Severe injuries	Hematomas on wing	Abrasions in total
AnI/AnE	159/14,612	819/14,612	631/14,612
%	1.09	5.60	4.32
Adjusted %	1.13	6.55	4.92

Abbreviations: AnE, number of animals examined; AnI, number of animals with 1 or more loading-related injuries.

0.95, for flip 0.99, for bumping into an animal 0.97, and for bumping against the machine or container 0.99.

Escape Behavior. On average, escape behavior was observed in 5.35% of the loaded broilers. The behavior was seen on the moving conveyor belt (5.14%), as well as on the starting or stopping conveyor belt (0.56%) and the standing conveyor belt (2.14%). In particular, the front areas of the machine were observed to be risk areas for escape behavior, as the occurrence of escape behavior was 13.79% at the transition from floor to conveyor

belt 1, followed by the transition from conveyor belt 1 to conveyor belt 2 with 9.70% and on moving conveyor belt 2 with 9.25%. A comparison of the rotation speeds showed that the risk of escape behavior was lower at the fast than at the slow rotation speed, both for the moving conveyor belt (4.96 vs. 5.37%; Table 6) and for the standing conveyor belt (1.76 vs. 2.60%; Table 6). Especially in the front areas of the machine, the risk of escape behavior for the moving conveyor belt was lower at the fast than at the slow rotation speed (conveyor belt 1: 3.17 vs. 5.17%; transition from conveyor belt 1 to 2: 8.29 vs. 11.26%; conveyor belt 2: 8.04 vs. 10.60%; Table 6). Increasing the average conveyor belt speed by 1 SD unit (0.11 m/s) also showed a decreasing risk of escape behavior for the moving conveyor belt (Table 6). When considering the container type and the associated loading characteristics, a higher risk of escape behavior was observed for loadings with the SmartStack container than for loadings with the GP container (5.54 vs. 5.16%; Table 6). The effect of season showed a higher risk of escape behavior in spring than in fall (5.99 vs. 4.64%; Table 6) and winter (5.99 vs. 4.89%; Table 6) and a higher risk in summer than in fall (6.25 vs. 4.64%;

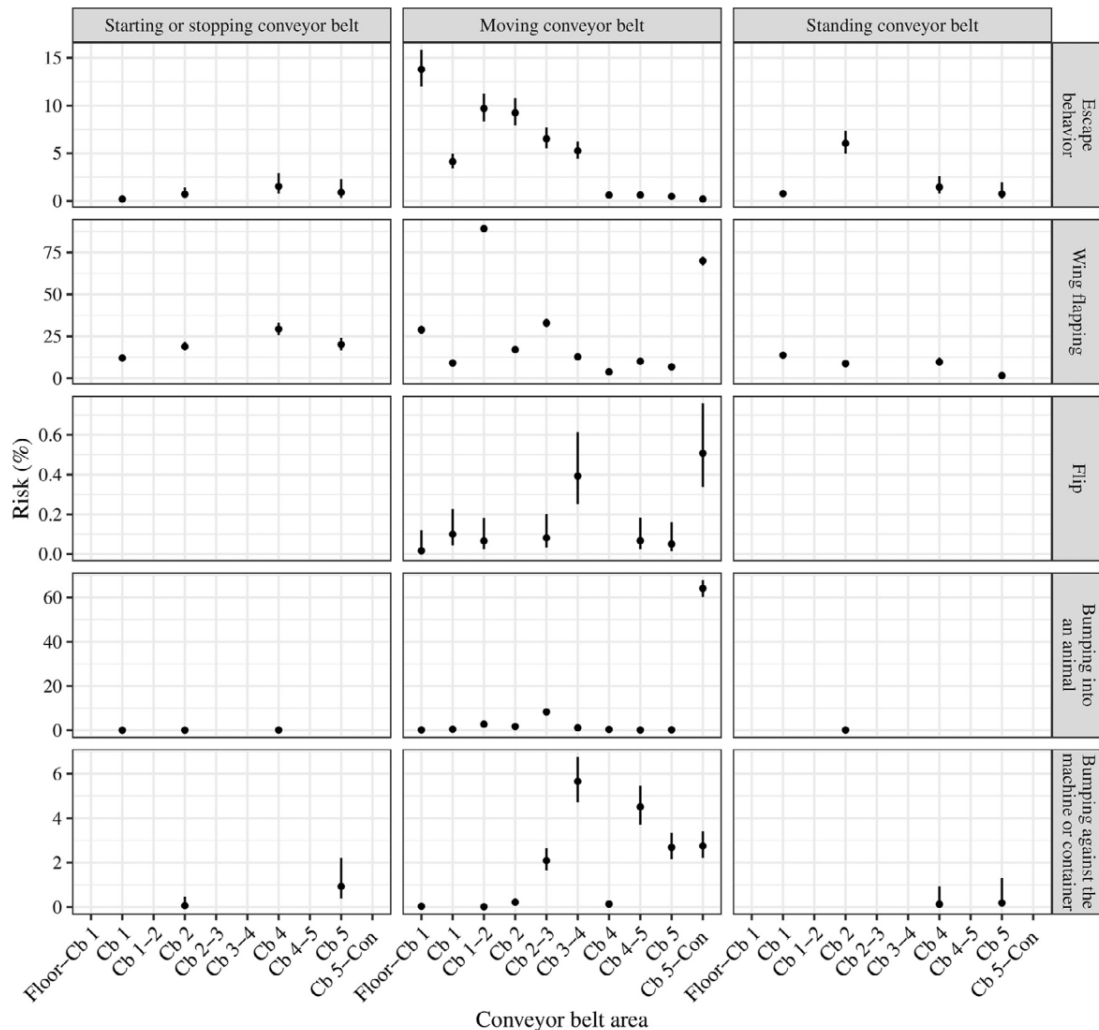


Figure 3. Overview of the risk of the behaviors and impacts and the 95% uncertainty interval, divided into state of the conveyor belt and conveyor belt area for all animals evaluated. Abbreviations: Cb, conveyor belt; Con, container.

WERNER ET AL.

Table 5. Overview of the average percentage and adjusted percentage accounting for farm-specific variation of the behaviors and impacts on the animals, subdivided into rotation speed (with different states of the conveyor belt), type of container, season, and husbandry system.

Parameter	Variant	State of conveyor belt	Escape behavior		Wing flapping		Flip		Bumping into an animal		Bumping against the machine or container	
			AnB/AnO %	Adjusted %	AnB/AnO %	Adjusted %	AnB/AnO %	Adjusted %	AnB/AnO %	Adjusted %	AnB/AnO %	Adjusted %
Rotation speed (turns per min)	1,800	Starting or stopping conveyor belt	14/3,009	0.47	428/3,009	14.22	0/3,009	0.00	2/3,009	0.07	1/3,009	0.03
			0.42	14.54	0.00	0.07	0.03					
			Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %				
	2,000	Starting or stopping conveyor belt	21/3,125	0.67	559/3,125	17.89	0/3,125	0.00	2/3,125	0.06	5/3,125	0.16
			0.68	17.98	0.00	0.06	0.16					
			Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %				
	1,800	Moving conveyor belt	1,632/30,940	5.27	8,644/30,940	27.94	32/30,940	0.10	2,134/30,940	6.90	496/30,940	1.60
			5.37	28.48	0.11	7.46	1.88					
			Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %				
	2,000	Moving conveyor belt	1,520/31,594	4.81	8,945/31,594	28.31	46/31,594	0.15	2,606/31,594	8.25	500/31,594	1.58
			4.96	28.65	0.15	8.68	1.72					
			Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %				
1,800	Standing conveyor belt	75/3,009	2.49	294/3,009	9.77	0/3,009	0.00	1/3,009	0.03	0/3,009	0.00	
		2.60	10.40	0.00	0.03	0.00						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
2,000	Standing conveyor belt	56/3,122	1.79	352/3,122	11.27	0/3,122	0.00	1/3,122	0.03	2/3,122	0.06	
		1.76	11.46	0.00	0.03	0.06						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
Type of container	GP container	1,583/31,268	5.06	9,398/31,268	30.06	34/31,268	0.11	2,244/31,268	7.18	568/31,268	1.82	
		5.16	30.53	0.11	7.71	2.04						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
	SmartStack container	1,703/31,329	5.44	9,372/31,329	29.91	44/31,329	0.14	2,502/31,329	7.99	435/31,329	1.39	
		5.54	30.39	0.15	8.57	1.56						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
Season	Spring	883/16,000	5.52	4,602/16,000	28.76	7/16,000	0.04	892/16,000	5.58	230/16,000	1.44	
		5.99	28.78	0.04	5.08	1.58						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
	Summer	941/15,656	6.01	4,463/15,656	28.51	30/15,656	0.19	1,419/15,656	9.06	206/15,656	1.32	
		6.25	28.58	0.21	9.28	1.40						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
	Fall	773/16,000	4.83	5,137/16,000	32.11	19/16,000	0.12	1,455/16,000	9.09	315/16,000	1.97	
		4.64	32.98	0.13	10.57	2.26						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
	Winter	689/14,941	4.61	4,568/14,941	30.57	22/14,941	0.15	980/14,941	6.56	252/14,941	1.69	
		4.89	30.33	0.16	6.37	1.84						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
Husbandry system	"Indoor Plus"	1,732/30,797	5.62	9,388/30,797	30.48	47/30,797	0.15	2,608/30,797	8.47	599/30,797	1.94	
		5.50	30.63	0.16	8.50	1.95						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					
	"Outdoor Climate"	1,554/31,800	4.89	9,382/31,800	29.50	31/31,800	0.10	2,138/31,800	6.72	404/31,800	1.27	
		4.84	29.93	0.10	6.97	1.28						
		Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %	Adjusted %					

Abbreviations: AnB, number of animals that showed a behavior or experienced an impact; AnO, number of animals observed.

Table 6) and winter (6.25 vs. 4.89%; Table 6). An influence of the husbandry system (husbandry system "Outdoor Climate" [4.84%] vs. husbandry system "Indoor Plus" [5.50%]; Table 6) and the fattening method ("Premium" [4.84%] vs. "Standard" [5.41%]; "Premium" [4.84%] vs. "Standard Premium" [5.75%]; "Standard Premium" [5.75%] vs. "Standard" [5.41%]; Table 6) was not statistically verified.

Wing Flapping. Wing flapping was observed as the most common of the behavior and impact parameters during loading with 30.46%. The average percentage of wing flapping was 28.57% for the moving conveyor belt, followed by the starting or stopping conveyor belt (16.79%) and the standing conveyor belt (10.99%). The most notable risk areas were the transitions from conveyor belt 1 to conveyor belt 2 (89.19%) and from

conveyor belt 5 into the container (70.00%). At all 3 states of the conveyor belts, wing flapping was observed more frequently with the fast than with the slow rotation speed, but this effect was only significant for the starting or stopping conveyor belt (17.98 vs. 14.54%; Table 7). At the transition from conveyor belt 1 to conveyor belt 2, a higher risk was observed at the fast than at the slow rotation speed (90.61 vs. 87.72%; Table 7). Contrary to this finding was the lower risk of wing flapping at the fast than at the slow rotation speed at the transition from conveyor belt 5 into the container (67.08 vs. 72.84%; Table 7). An increasing risk of wing flapping was also seen when the average conveyor belt speed was increased by 1 SD unit (0.11 m/s) for the starting or stopping conveyor belt (Table 7) and the moving conveyor belt (Table 7). Looking at the effect of

IMPACTS ON MECHANICALLY LOADED BROILERS

Table 6. Overview of the results of the escape behavior and the influences of the assessed factors (rotation speed, conveyor belt speed, container type, season, husbandry system, and fattening method) including the relative risk, 95% confidence interval, and *P* value.

Parameter	Variant	Escape behavior	RR	95% CI	<i>P</i> value
Rotation speed: 1,800 vs. 2,000 turns per min	Moving cb	4.96 vs. 5.37%	0.92	0.85; 1.00	0.042
	Standing cb	1.76 vs. 2.60%	0.68	0.47; 0.99	0.042
	Cb 1	3.17 vs. 5.17%	0.61	0.48; 0.79	<0.001
	Cb 1–2	8.29 vs. 11.26%	0.74	0.63; 0.86	<0.001
	Cb 2	8.04 vs. 10.60%	0.76	0.65; 0.89	<0.001
Increase in cb speed by 1 SD unit (0.11 m/s)	Moving cb		0.95	0.91; 0.99	0.012
	∅	5.54 vs. 5.16%	1.07	1.00; 1.15	0.038
Container type: SS vs. GP	Spring vs. fall	5.99 vs. 4.64%	1.29	1.11; 1.51	<0.001
	Spring vs. winter	5.99 vs. 4.89%	1.23	1.07; 1.40	<0.001
	Summer vs. fall	6.25 vs. 4.64%	1.35	1.16; 1.56	<0.001
	Summer vs. winter	6.25 vs. 4.89%	1.28	1.12; 1.46	<0.001
	∅				
HS	OC vs. IP	4.84 vs. 5.50%	0.88	0.64; 1.22	0.440
	P vs. S	4.84 vs. 5.41%	0.90	0.60; 1.33	0.792
	SP vs. S	4.84 vs. 5.75%	0.84	0.52; 1.36	0.681
FM	∅				
	SP vs. S	5.75 vs. 5.41%	1.06	0.71; 1.58	0.934

Abbreviations: ∅, average; cb, conveyor belt; FM, fattening method; GP, GP container; HS, husbandry system; IP, “Indoor Plus”; OC, “Outdoor Climate”; P, “Premium”; RR, relative risk; S, “Standard”; SD unit, standard deviation unit; SP, “Standard Premium”; SS, SmartStack container; 95% CI, 95% confidence interval.

the container type, there were similar risks for wing flapping when using the SmartStack container and the GP container (30.39 vs. 30.53%; [Table 7](#)). However, at the transition from conveyor belt 5 into the container, there was a higher risk for wing flapping when loading the SmartStack container than when loading the GP container (72.91 vs. 67.10%; [Table 7](#)). When considering the seasonal influence, wing flapping was shown most frequently in fall, followed by winter (32.98 vs. 30.33%; [Table 7](#)), spring (32.98 vs. 28.78%; [Table 7](#)), and summer (32.98 vs. 28.58%; [Table 7](#)). A comparison of winter with the other seasons showed a higher risk of wing flapping in winter than in spring (30.33 vs. 28.78%; [Table 7](#)) and summer (30.33 vs. 28.58%; [Table 7](#)). No influence of the husbandry system (husbandry system “Outdoor Climate” [29.93%] vs. husbandry system “Indoor Plus” [30.63%]; [Table 7](#)) and the fattening method (“Premium” [29.93%] vs. “Standard” [30.84%]; “Premium” [29.93%] vs. “Standard Premium” [30.14%]; “Standard Premium”

[30.14%] vs. “Standard” [30.84%]; [Table 7](#)) could be observed statistically.

Flip. The least commonly observed of the behaviors or impacts was the flip (0.13%). It only occurred on the moving conveyor belt and was seen at an average percentage of 0.51% at the transition from conveyor belt 5 into the container. In this conveyor belt area, an increase in the individual conveyor belt speed by 1 SD unit (0.14 m/s) also led to an increased risk of flipping (RR: 1.60, CI: [1.06; 2.43], *P* = 0.026). With regard to seasonal influence, the risk of flipping was lowest in spring, lower than in summer (0.04 vs. 0.21%; RR: 0.21, CI: [0.07; 0.64], *P* = 0.002) and winter (0.04 vs. 0.16%; RR: 0.28, CI: [0.09; 0.87], *P* = 0.021). Regarding the husbandry system, no statistically proven influence could be seen (husbandry system “Outdoor Climate” [0.10%] vs. husbandry system “Indoor Plus” [0.15%]; RR: 0.64, CI: [0.41; 1.00], *P* = 0.052). For animals of the fattening method “Standard,” the risk of flipping was higher than

Table 7. Overview of the results of wing flapping and the influences of the assessed factors (rotation speed, conveyor belt speed, container type, season, husbandry system, and fattening method) including the relative risk, 95% confidence interval, and *P* value.

Parameter	Variant	Wing flapping	RR	95% CI	<i>P</i> value
Rotation speed: 1,800 vs. 2,000 turns per min	Starting/stopping cb	17.98 vs. 14.54%	1.24	1.09; 1.41	<0.001
	Cb 1–2	90.61 vs. 87.72%	1.03	1.01; 1.05	<0.001
	Cb 5 into container	67.08 vs. 72.84%	0.92	0.89; 0.95	<0.001
Increase in cb speed by 1 SD unit (0.11 m/s)	Starting/stopping cb		1.18	1.11; 1.25	<0.001
	Moving cb		1.02	1.00; 1.03	0.017
Container type: SS vs. GP	∅	30.39 vs. 30.53%	1.00	0.97; 1.02	0.695
	Cb 5 into container	72.91 vs. 67.10%	1.09	1.05; 1.12	<0.001
Season	Fall vs. winter	32.98 vs. 30.33%	1.09	1.03; 1.14	<0.001
	Fall vs. spring	32.98 vs. 28.78%	1.15	1.09; 1.20	<0.001
	Fall vs. summer	32.98 vs. 28.58%	1.15	1.10; 1.21	<0.001
	Winter vs. spring	30.33 vs. 28.78%	1.05	1.01; 1.10	0.023
	Winter vs. summer	30.33 vs. 28.58%	1.06	1.01; 1.11	0.006
HS	OC vs. IP	29.93 vs. 30.63%	0.98	0.90; 1.06	0.570
	P vs. S	29.93 vs. 30.84%	0.97	0.88; 1.07	0.755
FM	P vs. SP	29.93 vs. 30.14%	0.99	0.88; 1.12	0.989
	SP vs. S	30.14 vs. 30.84%	0.98	0.88; 1.08	0.852

Abbreviations: ∅, average; cb, conveyor belt; FM, fattening method; GP, GP container; HS, husbandry system; IP, “Indoor Plus”; OC, “Outdoor Climate”; P, “Premium”; RR, relative risk; S, “Standard”; SD unit, standard deviation unit; SP, “Standard Premium”; SS, SmartStack container; 95% CI, 95% confidence interval.

WERNER ET AL.

for animals of the fattening method “Premium” (0.19 vs. 0.10%; RR: 1.95, CI: [1.05; 3.64], $P = 0.031$).

Bumping Into an Animal. Bumping into an animal was seen in 8.14% of all observed broilers. The average percentage was 8.13% when the conveyor belt was moving, 0.07% when the conveyor belt was starting or stopping, and 0.03% when the conveyor belt was standing. Risk areas of bumping into an animal were identified at the transition from conveyor belt 5 into the container (64.08%) and the transition from conveyor belt 2 to 3 (8.35%). For the moving conveyor belt, the risk of bumping into an animal was higher at the fast than at the slow rotation speed (8.68 vs. 7.46%; RR: 1.16, CI: [1.09; 1.24], $P < 0.001$). This was also observed at the risk areas transition from conveyor belt 5 into the container (66.83 vs. 60.28%; RR: 1.11, CI: [1.06; 1.15], $P < 0.001$) and transition from conveyor belt 2 to 3 (10.92 vs. 5.44%; RR: 2.01, CI: [1.66; 2.42], $P < 0.001$). Increasing the average conveyor belt speed by 1 SD unit (0.11 m/s) also increased the risk of bumping into an animal for the moving conveyor belt (RR: 1.07, CI: [1.04; 1.11], $P < 0.001$). Looking at the effect of the container type, there was a higher risk of bumping into an animal when loading the SmartStack container than when loading the GP container (8.57 vs. 7.71%; RR: 1.11, CI: [1.05; 1.17], $P < 0.001$), specifically at the conveyor belt transitions from conveyor belt 2 to 3 (9.13 vs. 7.57%; RR: 1.21, CI: [1.02; 1.43], $P = 0.032$) and conveyor belt 5 into the container (66.99 vs. 61.15%; RR: 1.10, CI: [1.06; 1.14], $P < 0.001$). In fall, an increased risk of bumping into an animal could generally be seen compared with the other seasons (fall [10.57%] vs. winter [6.37%]: RR: 1.66, CI: [1.47; 1.87], $P < 0.001$; fall [10.57%] vs. spring [5.08%]: RR: 2.08, CI: [1.83; 2.37], $P < 0.001$; fall [10.57%] vs. summer [9.28%]: RR: 1.14, CI: [1.02; 1.27], $P = 0.011$). The impact was more frequent in summer than in winter (9.28 vs. 6.37%; RR: 1.46, CI: [1.31; 1.62], $P < 0.001$) and spring (9.28 vs. 5.08%; RR: 1.83, CI: [1.62; 2.06], $P < 0.001$) and more frequent in winter than in spring (6.37 vs. 5.08%; RR: 1.25, CI: [1.11; 1.42], $P < 0.001$). There was generally a lower risk of bumping into an animal in flocks of husbandry system “Outdoor Climate” than in flocks of husbandry system “Indoor Plus” (6.97 vs. 8.50%; RR: 0.82, CI: [0.69; 0.97], $P = 0.024$). No influence of the fattening method (“Premium” [6.97%] vs. “Standard” [8.51%]: RR: 0.82, CI: [0.66; 1.02], $P = 0.077$; “Premium” [6.97%] vs. “Standard Premium” [8.49%]: RR: 0.82, CI: [0.64; 1.06], $P = 0.163$; “Standard Premium” [8.49%] vs. “Standard” [8.51%]: RR: 1.00, CI: [0.81; 1.24], $P = 1$) could be observed statistically.

Bumping Against the Machine or Container. The occurrence of bumping against the machine or container was 1.80% in general and 1.79% on the moving conveyor belt. On the starting or stopping conveyor belt it was 0.10% and on the standing conveyor belt 0.03%. The transition from conveyor belt 3 to 4 (5.66%) and the transition from conveyor belt 4 to 5 (4.51%) were identified as the risk areas for bumping against the machine. The occurrence of bumping against the

container at the transition from conveyor belt 5 into the container was 2.75%, and the risk increased if the speed of conveyor belt 5 was increased by 1 SD unit (0.14 m/s) (RR: 2.04, CI: [1.61; 2.57], $P < 0.001$). A lower risk of bumping against the machine or container was observed for the SmartStack container than for the GP container (1.56 vs. 2.04%; RR: 0.76, CI: [0.68; 0.86], $P < 0.001$). This was particularly apparent at the transition from conveyor belt 5 into the container (1.29 vs. 4.22%; RR: 0.31, CI: [0.21; 0.44], $P < 0.001$). When considering the drawer positions (indicated by the drawer numbers), the loading of the GP container showed a significantly higher risk of bumping against the container for the top than for the bottom drawers (5.44 vs. 2.33%; RR: 2.34, CI: [1.22; 4.48], $P = 0.006$). No such difference could be found for the SmartStack container. Comparing the drawer positions of the 2 container types with each other showed that the risk of bumping against the container was increased for loading the GP container compared with the SmartStack container, both in the middle (3.73 vs. 1.30%; RR: 2.86, CI: [1.80; 4.55], $P < 0.001$) and the top drawers (5.44 vs. 0.15%; RR: 35.31, CI: [4.97; 250.77], $P < 0.001$). Regarding the seasons, bumping against the machine or container was more frequent in fall than in spring (2.26 vs. 1.58%; RR: 1.43, CI: [1.11; 1.84], $P = 0.002$) and summer (2.26 vs. 1.40%; RR: 1.61, CI: [1.24; 2.10], $P < 0.001$). With regard to the husbandry system, flocks of husbandry system “Outdoor Climate” had a lower risk of bumping against the machine or container than flocks of husbandry system “Indoor Plus” (1.28 vs. 1.95%; RR: 0.65, CI: [0.57; 0.75], $P < 0.001$). Comparing the fattening methods, the risk of this impact was lower for “Premium” than for “Standard” (1.27 vs. 2.07%; RR: 0.62, CI: [0.51; 0.74], $P < 0.001$) and “Standard Premium” (1.27 vs. 1.85%; RR: 0.69, CI: [0.58; 0.82], $P < 0.001$).

With regard to the flock number, we found no effect on any of the investigated behaviors or impacts.

Relation to Loading-Related Injuries. In this project, a total of 14,612 animals were examined for loading-related injuries. A general overview of the results of the loading-related minor and severe injuries for all 32 loadings is given in Table 4. A detailed analysis of the results of the examinations regarding the loading-related injuries will be published by Unterholzner et al. (in preparation). There was a decreasing risk of severe injuries with increasing escape behavior by 1 SD unit (1.63%) (RR: 0.82, CI: [0.68; 0.99], $P = 0.044$) (Figure 4). With an increase in wing flapping by 1 SD unit (3.31%), increasing risks of hematomas (RR: 1.15, CI: [1.06; 1.24], $P < 0.001$) and abrasions (RR: 1.12, CI: [1.02; 1.23], $P = 0.018$) were observed (Figure 4). If bumping into an animal was observed more frequently (increase by 1 SD unit [2.81%]), the risk of hematomas as a loading-related injury increased (RR: 1.11, CI: [1.02; 1.21], $P = 0.011$) (Figure 4). An increasing risk of bumping against the machine or container by 1 SD unit (0.62%) led to an increased risk of hematomas (RR: 1.10, CI: [1.01; 1.19], $P = 0.035$) and abrasions (RR: 1.12, CI: [1.02; 1.24], $P = 0.021$) (Figure 4).

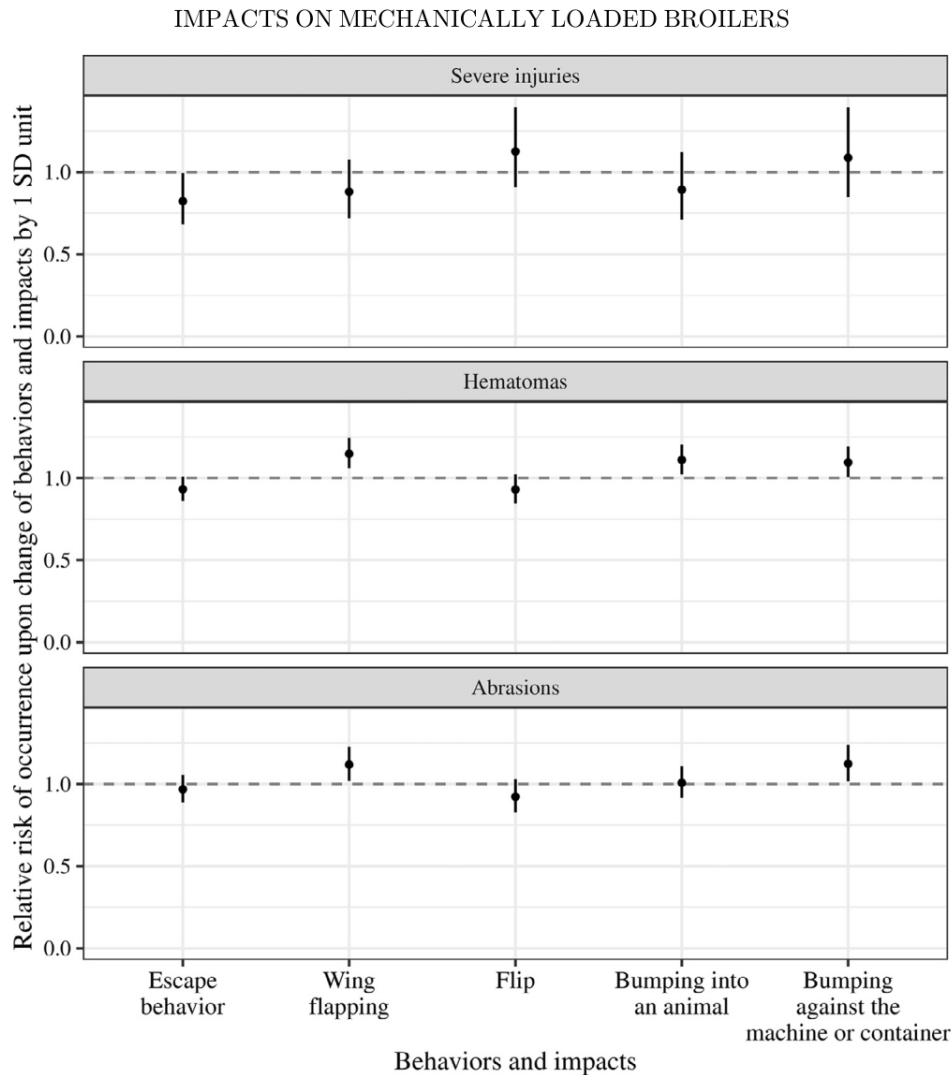


Figure 4. Overview of the effect of the behaviors and impacts and the 95% uncertainty interval on risk of the loading-related injuries of the broilers (severe injuries = fracture, luxation, or epiphysiolysis; minor injuries = abrasion >0.5 cm diameter, hematoma >0.5 cm diameter). Abbreviation: SD, standard deviation.

DISCUSSION

All PABAK values of the interobserver reliability tests in the present study were above 0.75, thus indicating good interobserver agreement (Fleiss et al., 2003). In the following, we first discuss the results obtained for the 5 analyzed behavior and impact parameters and then address the influence of these parameters on the assessed loading-related injuries.

Escape Behavior

In the presented study, the front areas of the loading machine were identified as the risk areas for escape behavior. Furthermore, the broilers showed less escape behavior at a faster rotation and conveyor belt speed. In addition, more escape behavior was observed when loading the SmartStack container than when loading the GP container.

During loading, broilers can move freely and run away from the machine or actively leave it again (Wolff et al., 2019). Accordingly, risk areas for escape behavior in our study were the front areas of the machine. The fact that

the stress level of broilers during machine loading is particularly high immediately before the actual loading (Duncan et al., 1986) also explains why most escape behavior was shown at the transition from the floor to conveyor belt 1. A small reduction in escape behavior was reached by an increase in rotation speed. Thus, with a faster conveyor belt and a faster moving machine through the barn, the animals had less opportunity to leave the conveyor belt again or to walk away in the other direction of the machine. The 2 types of containers used in this study differ in their construction, which causes longer loading times and fewer incidences of a stopping conveyor belt when loading the SmartStack container than when loading the GP container. These factors led to more escape behavior shown by the broilers during loading of the SmartStack container type, even though a certain degree of uncertainty is statistically associated with this effect.

Wing Flapping

Wing flapping was the most observed behavior or impact parameter in our study and was most frequent at

WERNER ET AL.

the transition from conveyor belt 1 to 2 and from conveyor belt 5 into the container. There was a higher risk of wing flapping at a faster rotation and belt speed, except for the transition from conveyor belt 5 into the container. At this very same transition, a higher risk of wing flapping was seen when loading the SmartStack container than when loading the GP container.

Wolff et al. (2019) also reported wing flapping as the most observed behavior, even though we observed this behavior less often overall (30.46 vs. 50.09%). As found by Wolff (2020), the frequency of wing flapping depended on the state of the conveyor belts, as the risk of wing flapping was highest when the conveyor belt was moving. However, also starting or stopping is a risk factor of wing flapping (Mönch et al., 2020), which can be explained by the loss of balance of the broilers (Wolff et al., 2019). As in Wolff et al. (2019), the transition from conveyor belt 1 to 2 was a risk area for wing flapping, which was probably due to the change of direction and the height difference between the conveyor belts (14 cm). In the second risk area, the transition from conveyor belt 5 into the container, the animals passed a height difference of at least 5 cm. Already from a height of a few centimeters, broilers tend to spread their wings (Duncan and Kite, 1987; Knowles and Broom, 1990) and lose balance (Wolff et al., 2019), which may be the cause of the increased wing flapping in these areas. Furthermore, the results of Wessel et al. (2022) about the manual loading of broilers also showed striking against the crate as a trigger for wing flapping. In the current study, faster rotation and belt speed led to increased wing flapping in nearly all states and areas of the conveyor belts and most significantly when starting or stopping the conveyor belts. One reason for this finding could be that the inbuilt “soft-go” system works less efficiently at faster speeds or that the animals have a bigger problem maintaining their balance at a faster conveyor belt speed, which in turn triggers wing flapping (Wolff et al., 2019). Contrary to the overall trend, at the risk area conveyor belt 5 into the container, an increase in speed led to reduced wing flapping. This effect could be explained by the shorter duration of the animals in the air between the machine and the drawer and less time to move the wings up and down twice. The increased risk of wing flapping when loading the SmartStack container at the transition into the container could be caused by the larger drawers with more space for the animals to stretch and move their wings.

Flip

In the presented study, flip was the least observed behavior or impact parameter and occurred only when the conveyor belts were moving. With increasing speed of conveyor belt 5, there was an increased risk of flipping at the transition from conveyor belt 5 into the container. For animals of the fattening method “Standard,” the risk of flipping was higher than for animals of the fattening method “Premium.”

The rare occurrence of flips confirms the results of Wolff et al. (2019). The increasing risk of flipping with increasing speed of the individual conveyor belts, most significantly at the transition from conveyor belt 5 into the container, is plausible because with faster conveyor belt speed the broilers are loaded more quickly out of the loading arm into the drawer and could lose their balance in the air more easily owing to the difference in height (Wolff et al., 2019). The statistically more frequent flips shown by animals of the “Standard” than by those of the “Premium” fattening method could be due to fast-growing broilers showing more inactivity than slow-growing ones (Dawson et al., 2021), making them more inert and less adaptable to external influences because of a slower reaction.

Bumping Into an Animal and Bumping Against the Machine or Container

In this study, the risk area for both bumping into an animal and bumping against the container was the transition between conveyor belt 5 and the container. A faster conveyor belt speed increased the risk of bumping against the container and into an animal. The risk of bumping into an animal was higher when loading the SmartStack container than when loading the GP container. By contrast, the risk of bumping against the machine or container was lower when loading the SmartStack container. There was a lower risk of bumping into an animal and bumping against the machine or container in flocks of husbandry system “Outdoor Climate” than in flocks of husbandry system “Indoor Plus.”

The major risk area for bumping into an animal was the transition from conveyor belt 5 into the container. There, the broilers are loaded into the drawer with a continuous swiveling movement of the loading arm. Owing to the container design, where only the front part of a drawer is freely accessible, it is more likely that animals hit other animals or the container when being loaded into the drawer. The second risk area for bumping into an animal was the transition from conveyor belt 2 to 3. Here, the broilers arrive via the converging conveyor belts 2 at the small middle conveyor belt 3, where broilers often hit each other. The risk areas for bumping against the machine were the transitions from conveyor belt 3 to 4 and from conveyor belt 4 to 5. Therefore, this risk is highest in the central and narrow part of the loading machine. Bumping against the container was assessed at the transition from conveyor belt 5 into the container. This represents one of the most critical areas and greatest stressors of broiler loading (Kannan et al., 1997; Gocke, 2000; Kittelsen et al., 2018). Improper crating can lead to loss of balance and to startle reflexes due to the drop in height, which in turn can cause bumping against the container (Wolff et al., 2019). The risk (1.8%) was lower in this study than in the one by Wolff et al. (2019) (14.5%), which could be caused by a better control of height and distance by the modified caging arm. At a faster rotation and belt speed, bumping into

IMPACTS ON MECHANICALLY LOADED BROILERS

an animal was observed more often in the 2 risk areas. This can probably be attributed to the faster speed with which the broilers arrive at conveyor belt 3 or land in the container, which makes it more likely to hit another animal. With an increase in speed of conveyor belt 5, the risk of bumping against the container increased by more than double (RR: 2.04), showing that the risk of animals hitting the drawer during loading into the container is clearly higher with increased conveyor belt speed. The same influence of the conveyor belt speed was described by Wolff (2020), and also Gocke (2000) emphasized the influence of the conveyor belt speed when loading the animals into the drawers. An explanation could be that the animals land with more speed in the drawers and are pushed against the drawer walls, impacts for which the risk would be lower with a slower placement in the drawer. The higher risk of bumping into an animal when loading the SmartStack container during the transition from conveyor belt 5 into the container can probably be attributed to the larger number of animals per drawer in this container type than in the GP container. At the transition from conveyor belt 2 to 3, the increased risk of bumping into an animal for the SmartStack container could be caused by the reduced frequency of breaks because of the smaller number of drawers, which maneuvers the broilers onto conveyor belt 3 with higher frequency. On the opposite, loading with the SmartStack container showed a lower risk, decreased by nearly 70%, of bumping against the container, which can also be explained by the missing drawer middle partition. In addition, the SmartStack container has larger drawers, which, according to Gocke (2000), reduce the risk of loading-related injuries. In addition, these aspects of the SmartStack container could explain why the height and thus the drawer number (i.e., position) had less influence on the quality of the loading and thus the higher drawers did not lead to an increased risk of bumping against the container in the top drawers. By contrast, loading with the GP container in our study showed an increased risk of bumping against the container in the top drawers, which contradicts the study results of Wessel et al. (2022), who found no influence of the drawer numbers for bumping against the container during manual loading. In addition, we found that especially in the top drawers of the containers, the SmartStack container had a significantly lower risk of animals bumping against the container than the GP container. This finding might be explained by the soft net used to close the top drawer of the SmartStack container, as opposed to the animals bumping against the upper hard closure of the top drawers of the GP container.

The risk of bumping into an animal was clearly highest in fall and summer, and the risk of bumping against the machine or container was highest in fall, which could probably be explained by a higher level of passivity and an increased lying behavior at higher temperatures (Spinu et al., 2003; Heins and Phillips, 2020). In general, fast-growing broilers show less active behavior than slow-growing broilers (Bokkers and Koene, 2003), and the level of inactivity in broilers increases with

increasing weight (Dawson et al., 2021). These points suggest that animals of husbandry system “Outdoor Climate” with a lower weight than animals of husbandry system “Indoor Plus” can better respond to external stimuli and are thus able to avoid bumping into an animal and especially bumping against the machine or container. Lack of physical ability or lack of motivation could also be reasons for behavioral differences in the different husbandry systems (Dawson et al., 2021). In addition, broilers of husbandry system “Indoor Plus” are larger, which makes it narrower for the animals in the central part of the machine.

Loading-Related Injuries

In this study, there was a decreasing risk of severe injuries with increasing escape behavior observed. Wing flapping led to increased risks of hematomas and abrasions, and bumping into an animal resulted in an increased risk of hematomas. If bumping against the machine or container was observed more frequently, there was an increased risk of hematomas and abrasions.

Our finding that escape behavior reduced the risk of severe injuries, albeit with a certain degree of statistical uncertainty, contradicts the conclusion of Knowles and Broom (1990) that escape behavior increases the risk of injury. One reason for our finding could be that by showing more escape behavior and moving freely on the barn floor or the conveyor belts, animals are in a better position to react to external influences or avoid stressors and can therefore avoid causes for severe injuries.

Our finding that wing flapping led to an increase in hematomas and abrasions confirms the results of Kannan et al. (1997) and Gregory et al. (1989), who stated that wing flapping can contribute to hematomas and fractures. Stretching their wings makes broilers more susceptible to injuries (Knowles and Broom, 1990), and hitting the ventral wing area on the conveyor belts can cause injuries such as hematomas (Wolff et al., 2019). Furthermore, the study by Wessel et al. (2022) also showed an increased risk of hematomas with increased wing flapping during manual loading of broilers. Similar to Wolff et al. (2019), we did not find a statistically proven association of wing flapping and the occurrence of severe injuries such as wing fractures, dislocations, or epiphyseolyses. However, owing to the study design, this result should be interpreted with caution. For technical reasons, we were not able to track or identify individual animals with severe or minor injuries in the video analysis of the behaviors or impacts on the animals. The evaluation of injuries was done on basis of individual animals and the analysis of the behavior and impact parameters on basis of loaded containers.

Finally, bumping into an animal was associated with an increased risk of hematomas and bumping against the machine or container with an increased risk of hematomas and abrasions. Similar to this finding, Wolff et al. (2019) identified bumping against the container as a risk factor for hematomas. This could be because bumping

WERNER ET AL.

into inflexible parts of the machine or container can injure the animals, especially the wings of the broilers.

CONCLUSIONS

The most common behavior or impact on broilers during machine loading in this study was wing flapping, followed by bumping into an animal. Two main risk areas for these behaviors or impacts were identified. One was the transition from conveyor belt 1 to 2, where the height difference and change of direction between the 2 conveyor belts triggered wing flapping in many broilers. The other risk area was the transition from conveyor belt 5 into the container. Here, the risks of bumping against the container, bumping into an animal, flip, and wing flapping were—among other factors—caused by the height difference. The results suggest that the re-engineering of the various risk areas of the loading machine (as identified in a previous study) resulted in an improvement, that is, a reduction in the risk of those behaviors or impacts. The height differences between conveyor belts 1 and 2 and between conveyor belt 5 and the drawer are nevertheless critical points that should be considered in further modifications. In addition, various other factors can have a positive influence on animal behavior or occurring impacts: A slower rotation speed and conveyor belt speed is recommended to reduce defensive behavior. Gocke (2000) recommended 1 m/s as an appropriate conveyor belt speed for the “chicken cat” loading machine, which would correspond to a speed of 1,800 turns per min (on average 1.02 m/s) for the machine we examined. A clear container type recommendation cannot be made owing to the contradictory results of this study. Even though the husbandry system and fattening method had less influence on the occurring impacts on the animals than expected, there was a tendency for animals in husbandry system “Outdoor Climate” to be less susceptible to occurring impacts. Therefore, husbandry system “Outdoor Climate” should be preferred for the housing and loading of flocks. Even if loading-related injuries cannot be attributed exclusively to shown behaviors or occurring impacts during loading, there are links between the behavior shown or impacts experienced by broilers and loading-related injuries. Therefore, animal behavior and its influencing factors should be considered to improve animal welfare during loading. These findings are not only relevant for the loading machine used in this study but could be applicable to other herding-type loading machines. More precisely, the findings of this study could be useful in the future for mechanized loading with loading machines that transport the animals via conveyor belts and load them into containers via a caging arm.

ACKNOWLEDGMENTS

The project was supported by funds of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of

Germany via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE) under the innovation support program (FKZ: grant number: 2817805A18). The authors would like to acknowledge the great help and support provided by all workers, farmers, and their families during the loadings. We thank Dr. Verena Lietze for translation and scientific language editing.

Ethical Statement: The study was approved by the ethics committee of the veterinary faculty of the Ludwig-Maximilians-University in Munich, Germany (protocol number: 217-08-06-2020). All procedures used were in accordance with the German Animal Welfare Act (2006). All workers involved signed a written consent concerning the production and evaluation of video footage.

DISCLOSURES

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have influenced the work reported in the present study and its outcome.

REFERENCES

- Benincasa, N. C., K. S. Sakamoto, I. J. O. da Silva, and C. M. V. Lobos. 2020. Animal welfare: impacts of pre-slaughter operations on the current poultry industry. *J. Anim. Behav. Biometeorol.* 8:104–110.
- Berry, P. S., P. J. Kettlewell, and P. Moran. 1990. The AFRC mark I experimental broiler harvester. *J. Agric. Eng. Res.* 47:153–163.
- Bokkers, E. A. M., and P. Koene. 2003. Behaviour of fast- and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81:59–72.
- Byrt, T., J. Bishop, and J. B. Carlin. 1993. Bias, prevalence and kappa. *J. Clin. Epidemiol.* 46:423–429.
- Dawson, L. C., T. M. Widowski, Z. Liu, A. M. Edwards, and S. Torrey. 2021. In pursuit of a better broiler: a comparison of the inactivity, behavior, and enrichment use of fast- and slower growing broiler chickens. *Poult. Sci.* 100:101451.
- De Jong, M., S. P. Caro, P. Gienapp, K. Spoelstra, and M. E. Visser. 2017. Early birds by light at night: effects of light color and intensity on daily activity patterns in blue tits. *J. Biol. Rhythms* 32:323–333.
- de Lima, V. A., M. C. Ceballos, N. G. Gregory, and M. J. P. P. Da Costa. 2019. Effect of different catching practices during manual upright handling on broiler welfare and behavior. *Poult. Sci.* 98:4282–4289.
- Duncan, I. J. H., and V. G. Kite. 1987. Pages 30–36 in Annual Report for 1986–1987. AFRC Institute of Animal Physiology and Genetics Research, Edinburgh Research Station, Roslin, UK.
- Duncan, I. J. H., G. S. Slee, P. Kettlewell, P. Berry, and A. J. Carlisle. 1986. Comparison of the stressfulness of harvesting broiler chickens by machine and by hand. *Br. Poult. Sci.* 27:109–114.
- Dutra, F. M., R. G. Garcia, E. Binotto, and M. F. d. C. Burbarelli. 2021. What do we know about the impacts of poultry catching? *Worlds Poult. Sci. J.* 77:983–999.
- FAO. 2021. Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fleiss, J. L., B. Levin, and M. C. Paik. 2003. *Statistical Methods for Rates and Proportions*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Forkman, B., A. Boissy, M. C. Meunier-Salaün, E. Canali, and R. B. Jones. 2007. A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiol. Behav.* 92:340–374.
- German Animal Welfare Act. 2006. Animal Welfare Act in the version published on May 18, 2006 (BGBl. I p. 1206, 1313), as last amended by Article 105 of the Act of August 10, 2021 BGBl. I p.

IMPACTS ON MECHANICALLY LOADED BROILERS

- 3436). Accessed July 2022. <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>.
- Gerrits, A. R., and K. De Koning. 1981. From house to shackle—a study aimed at improving the catching, loading and hauling of broilers. Pages 282–288 in *Quality of Poultry Meat*. R. W. A. W. Mulder, C. W. Scheele and C. H. Veerkamp, eds. Spelderholt Institute for Poultry Research, Beekbergen, the Netherlands Fifth European Symposium on the Quality of Poultry Meat.
- Gerrits, A. R., K. De Koning, and A. Migchels. 1985. Transport of broilers from producer to processor. Pages 72–81 in *Proceedings of the Seventh European Symposium on Poultry Meat Quality*. T. Ambrosen, ed. World’s Poultry Science Association, Copenhagen, Denmark.
- Gocke, A. 2000. *Untersuchung über den Einsatz einer Hähnchenfangmaschine in Mastbetrieben in Norddeutschland*. Dissertation. TiHo Hannover, Germany.
- Gregory, N. G., S. D. Austin, and L. J. Wilkins. 1989. Relationship between wing flapping at shackling and red wingtips in chicken carcasses. *Vet. Rec.* 124:62.
- Gunnarsson, S. 2000. *Laying hens in loose housing systems: clinical, ethological and epidemiological aspects*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden Dissertation.
- Hakansson, F. 2015. *Effect of daytime and age on the avoidance and approach behaviour of commercial Danish broiler chicken*. Linköping University, Linköping, Sweden Master Thesis.
- Haltungsform.de. 2022. *Kriterien und Mindestanforderungen für Tierwohl-programme*. Accessed Apr. 2023. <https://www.haltungsform.de/kriterien-und-mindestanforderungen/>.
- Heins, B. J., and H. Phillips. 2020. PSVIII-32 late-breaking abstract: the effect of outdoor stocking density and weather on the behavior of broiler chickens raised in mobile shelters on pasture. *J. Anim. Sci.* 98(S4):349–350.
- Jacobs, L., E. Delezie, L. Duchateau, K. Goethals, and F. A. M. Tuytens. 2017. Impact of the separate pre-slaughter stages on broiler chicken welfare. *Poult. Sci.* 96:266–273.
- Jones, R. B. 1987. The assessment of fear in the domestic fowl. Pages 40–81 in *Cognitive Aspects of Social Behaviour in the Domestic Fowl*. R. Zayan and I. J. H. Duncan, eds. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.
- Jones, R. B. 1996. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. *Worlds Poult. Sci. J.* 52:131–174.
- Kannan, G., J. L. Heath, C. J. Wabeck, and J. A. Mench. 1997. Shackling of broilers: effects on stress responses and breast meat quality. *Br. Poult. Sci.* 38:323–332.
- Kittelsen, K. E., E. G. Granquist, A. L. Aunsmo, R. O. Moe, and E. Tolo. 2018. An evaluation of two different broiler catching methods. *Animals* 8:141.
- Knowles, T. G., and D. M. Broom. 1990. The handling and transport of broilers and spent hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 28:75–91.
- Lacy, M. P., and M. Czarick. 1998. Mechanical harvesting of broilers. *Poult. Sci.* 77:1794–1797.
- Martin, P., and P. Bateson. 2007. *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Mönch, J., E. Rauch, S. Hartmannsgruber, M. Erhard, I. Wolff, P. Schmidt, A. R. Schug, and H. Louton. 2020. The welfare impacts of mechanical and manual broiler catching and of circumstances at loading under field conditions. *Poult. Sci.* 99:5233–5251.
- Personal Notification by Hanna Hamina. 2022. Executive Director of the Finish Poultry Association.
- Poot, H., B. J. Ens, H. de Vries, M. A. H. Donners, M. R. Wernand, and J. M. Marquenie. 2008. Green light for nocturnally migrating birds. *Ecol. Soc.* 13:47.
- Queiroz, M. L.d. V., J. A. D. Barbosa Filho, L. M. Duarte, D.d. F. Brasil, and C. R. F. Gadelha. 2015. Environmental and physiological variables during the catching of broilers. *Braz. J. Poult. Sci.* 17:37–44.
- R Core Team. 2019. *R: A Language and Environment for Statistical Computing in R* Foundation for Statistical Computing. R Core Team, Vienna, Austria.
- Spinu, M., S. Benveneste, and A. A. Degen. 2003. Effect of density and season on stress and behaviour in broiler breeder hens. *Br. Poult. Sci.* 44:170–174.
- TierSchNutzV. 2006. *Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1a der Verordnung vom 29. Januar 2021 (BGBl. I S. 146) geändert worden ist*.
- Unterholzner J., A. Blaeske, E. Rauch, M. Erhard, A. Werner, P. Schmidt, M. Gotthart and H. Louton, Manuscript in preparation.
- Wessel, J., E. Rauch, S. Hartmannsgruber, M. Erhard, P. Schmidt, B. Schade, and H. Louton. 2022. A comparison of two manual catching methods of broiler considering injuries and behavior. *Poult. Sci.* 101:102127.
- Wolff, I. 2020. *Auswirkungen der maschinellen Masthuhn-Verladung im Vergleich zur manuellen Verladung auf Tierwohl und Verhalten anhand von Stressparametern*. Ludwig-Maximilians-University of Munich, Munich, Germany Dissertation.
- Wolff, I., S. Klein, E. Rauch, M. Erhard, J. Mönch, S. Härtle, P. Schmidt, and H. Louton. 2019. Harvesting-induced stress in broilers: comparison of a manual and a mechanical harvesting method under field conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 221:104877.
- Zulkifli, I., A. Rasedee, O. N. Syaadoh, and M. T. C. Norma. 1998. Daylength effects on stress and fear responses in broiler chickens. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 11:751–754.

V. ERWEITERTE ERGEBNISSE

1. Voruntersuchung

Bevor mit der Durchführung der Tests der Voruntersuchung begonnen wurde, wurde jeweils die Lichtintensität im Stall auf Tierhöhe gemessen. Bei Herden der Haltungsform 2 waren minimal 3,00 lx und maximal 10,67 lx zum Zeitpunkt der Voruntersuchung eingestellt, der Mittelwert der 16 Voruntersuchungen war 6,68 lx. Bei Herden der Haltungsform 3 wurde minimal 1,17 lx und maximal 39,17 lx gemessen, der Durchschnitt der 16 Voruntersuchungen war 11,09 lx.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der drei Verhaltenstests der Voruntersuchung.

Die ADT-Werte korrelierten negativ mit den TTreach-Werten ($r = -0,82$, KI: [-0,91; -0,66, $P < 0.001$) und den TTtouch-Werten ($r = -0,80$, KI: [-0,90; -0,63], $P < 0.001$). Eine positive Korrelation wurde zwischen TTreach und TTtouch ($r = 0,91$, KI: [0,82; 0,95], $P < 0.001$), zwischen SPT und TTreach ($r = 0,41$, KI: [0,07; 0,67], $P = 0,019$) und zwischen SPT und TTtouch ($r = 0,37$, KI: [0,03; 0,64], $P = 0,035$) festgestellt.

Es zeigte sich kein Einfluss der Haltungsform auf die Verhaltenstests der Voruntersuchung (SPT: $P = 0,432$; ADT: $P = 0,153$; TTreach: $P = 0,293$; TTtouch: $P = 0,338$) und kein Einfluss des Mastverfahrens (SPT, ADT, TTreach, TTtouch: $P > 0,05$), des Masttages (SPT, ADT, TTreach, TTtouch: $P > 0,05$), der Produktionswoche der Elterntierherde (SPT: $P = 0,354$; ADT: $P = 0,782$; TTreach: $P = 0,529$; TTtouch: $P = 0,869$), sowie der Herdennummer und der kumulativen Mortalität der Herde (SPT: $P = 0,169$; ADT: $P = 0,186$; TTreach: $P = 0,459$; TTtouch: $P = 0,441$).

Tabelle 1: Überblick über die durchschnittlichen Ergebnisse des Avoidance Distance Test (ADT), Stationary Person Test (SPT) und Touch Test (TTreach und TTtouch) aller 32 Voruntersuchungen (VU) unterteilt nach Haltungsform (HF) und Mastverfahren (MV). Darstellung der Mindestwerte (Min), der Höchstwerte (Max), Mittelwerte (Mean) und der Standardabweichung (SD), der adjustierten Mittelwerte (Adj. MW) und des 95% Konfidenzintervalls (95% KI).

Test	VU N = 32		HF 2 N = 16		HF 3 N = 16
	Min.; Max.	Mean (SD)	MV „Standard“ N = 7	MV „Standard Premium“ N = 9	MV „Premium“
			Adj. MW (95% KI)		Adj. MW (95% KI)
ADT (cm)	3,5; 33,00	22,62 (7,41)	15,11 (9,00; 21,22)	23,72 (13,43; 34,01)	26,52 (14,96; 38,08)
SPT (Tiere)	0; 14,33	2,43 (2,89)	3,35 (1,17; 5,53)	0,56 (-2,37; 3,48)	3,29 (-1,19; 7,76)
TTreach (Tiere)	0; 8,67	2,29 (2,23)	3,98 (1,79; 6,17)	2,10 (-1,63; 5,82)	1,46 (-2,22; 5,14)
TTtouch (Tiere)	0; 6,67	0,92 (1,55)	2,23 (0,47; 3,98)	0,55 (-2,47; 3,57)	0,32 (-2,68; 3,31)

1.1. ADT

Beim ADT zeigte sich eine Tendenz zu steigenden ADT-Werten bei steigender Lichtintensität ($r: 0,22$, KI: $[-0,14; 0,53]$, $P = 0,218$) (Abb. 11).

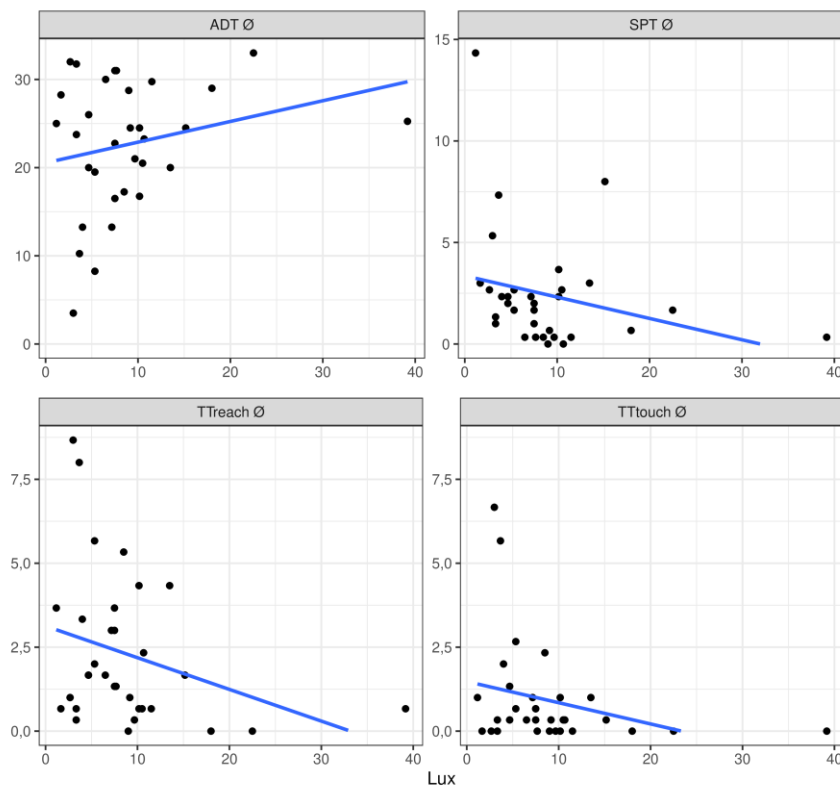


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen der gemessenen Lichtstärke (Lux) im Stall während Durchführung aller 32 Voruntersuchungen und den durchschnittlichen Testwerten des Stationary Person Test (SPT), Avoidance Distance Test (ADT), Touch Test reach (TTreach) und Touch Test touch (TTtouch)

Bei der Durchführung des ADTs wurde bei 22 Voruntersuchungen zusätzlich zur AD auch das Geschlecht der einzelnen Tiere beurteilt und daraus die AD nach Geschlecht analysiert. Der durchschnittliche ADT-Wert für männliche Tiere betrug 22,08 cm und für weibliche Tiere 24,15 cm. Weibliche Tiere wiesen folglich im Durchschnitt höhere ADT-Werte, also eine größere Meidedistanz, auf als männliche Tiere. Dieser Unterschied war signifikant (MD: -2,06, KI: $[-3,75; -0,38]$, $P = 0,019$) (Abb. 12).

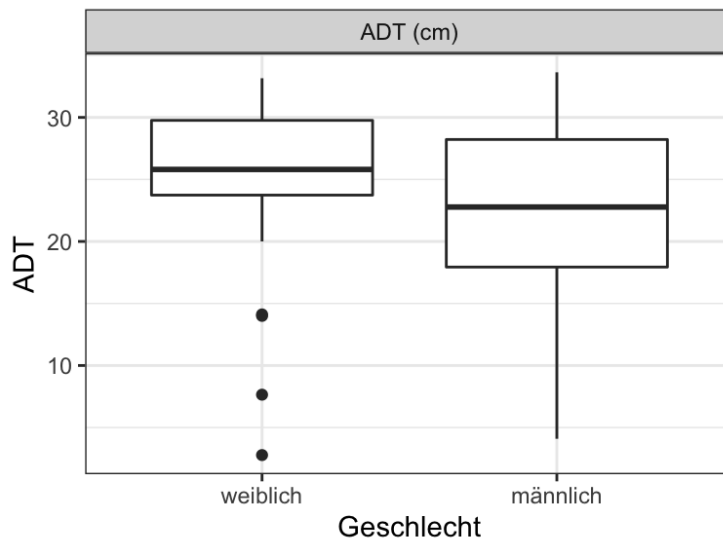


Abbildung 12: Effekt des phänotypischen Geschlechts der Tiere (weiblich oder männlich) auf die Testwerte des Avoidance Distance Test (ADT) in cm

Bei Betrachtung des Einflusses des ADTs der Voruntersuchung auf die verladebedingten Verletzungen zeigte dieser bei den Hämatomen einen positiven Effekt, also ein erhöhtes Risiko für das Entstehen von Hämatomen während der Verladung (RR: 1,23, KI: [1,08; 1,39], $P = 0,001$), wenn die Tiere in der Voruntersuchung eine höhere Meidedistanz aufwiesen. Bei den Abrasionen wurde ein negativer Effekt, also ein vermindertes Risiko für Abrasionen bei steigender AD beobachtet (RR: 0,85, KI: [0,75; 0,97], $P = 0,013$) (Abb. 13).

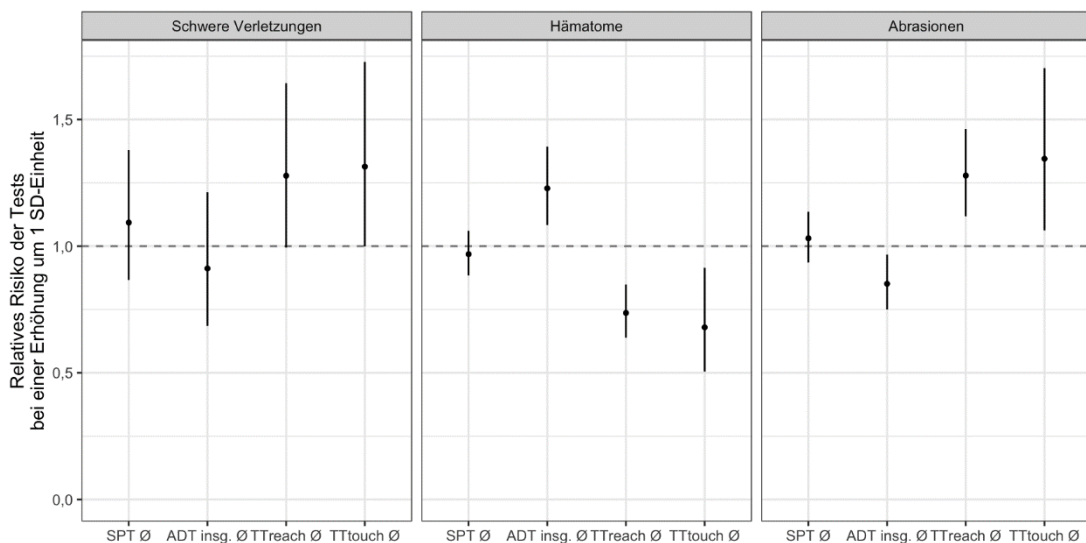


Abbildung 13: Effekte des Stationary Person Test (SPT), Avoidance Distance Test (ADT) und Touch Test (TT) auf die fangebedingten Verletzungen (Schwere Verletzungen, Hämatome und Abrasionen) der untersuchten Masthühner bei Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)

1.2. SPT

Bezüglich der Lichtstärke zeigte sich ein negativer Zusammenhang mit dem SPT, eine steigende Lux-Zahl führte zu einer Reduktion der SPT-Werte, also weniger Tiere, die sich nach der Wartezeit noch in der Nähe des Untersuchers befanden, bzw. sich in das Raster bewegten oder sich darin befanden ($r: -0,48$, KI: $[-0,71; -0,15]$, $P = 0,006$) (Abb. 11).

Bei Auswertung der Tierbewegung während des SPTs wurden die drei durchgeführten Messungen pro Voruntersuchung mit in die Auswertung einbezogen. Bei Herden der Haltungsform 3 wurden doppelt so viele Bewegungen registriert als bei Herden der Haltungsform 2 (RR: 2, KI: $[1,14; 3,52]$, $P = 0,016$).

Die Erhöhung der Werte des SPT (RR: 1,20, KI: $[1,13; 1,29]$, $P < 0,001$) um 1 SD-Einheit führte zu einem erhöhten Risiko für Anschläge an der Maschine/dem Container.

1.3. TT

Bei der Lichtintensität zeigte sich bei TTreach und TTtouch die Tendenz, dass eine steigende Lichtintensität zu sinkenden Werten im TTreach ($r: -0,32$, KI: $[-0,6; 0,03]$, $P = 0,072$) und TTtouch ($r: -0,34$, KI: $[-0,62; 0,01]$, $P = 0,058$) führte (Abb. 11). Entsprechend befanden sich bei hohen Lichtintensitäten tendenziell weniger Tiere im Umkreis des Untersuchenden oder konnten berührt werden.

Bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit des TTreach (RR: 1,04, KI: $[1,02; 1,06]$, $P < 0,001$) und des TTtouch (RR: 1,08, KI: $[1,03; 1,14]$, $P = 0,002$) wurde ein zunehmendes Risiko für Flügelschlagen beobachtet. Eine Verringerung des Risikos für Anschläge am Nachbar tier zeigte sich bei Erhöhung des TTreach um 1 SD-Einheit (RR: 0,88, KI: $[0,84; 0,93]$, $P < 0,001$). Die Erhöhung der Werte von TTreach (RR: 1,13, KI: $[1,05; 1,23]$, $P = 0,003$) und TTtouch (RR: 1,11, KI: $[1,00; 1,23]$, $P = 0,047$) in der Voruntersuchung um 1 SD-Einheit hatte ein erhöhtes Risiko für Anschläge an der Maschine/dem Container zur Folge.

Bei Betrachtung der Effekte der Touch Tests auf die fangbedingten Verletzungen waren zwischen TTtouch und den schweren Verletzungen positive Effekte zu sehen (RR: 1,31, KI: $[1; 1,73]$, $P = 0,05$). Zwischen TTreach und den Abrasionen (RR: 1,28, KI: $[1,12; 1,46]$, $P < 0,001$) und zwischen TTtouch und den Abrasionen (RR: 1,35, KI: $[1,06; 1,7]$, $P = 0,014$) zeigten sich ebenso positive Effekte, also ein

steigendes Risiko bei steigenden Werten. Bei den Hämatomen zeigten sich deutlich negative Effekte, also ein vermindertes Risiko für Hämatome bei steigenden TTreach-Werten (RR: 0,74, KI: [0,64; 0,85], $P < 0,001$) und TTtouch-Werten (RR: 0,68, KI: [0,5; 0,91], $P = 0,011$) (Abb. 13).

2. Hauptuntersuchung

Das Videomaterial für die Hauptuntersuchung wurde über sieben an der Maschine befestigte Wildtierkameras, die während der Verladung der zwei zu untersuchenden Container angeschaltet waren, aufgenommen. Im Anschluss an die Verladungen wurde das Material ausgewertet, in dem an allen 10 definierten Bereichen ca. 100 Tiere nach fünf definierten Verhaltensweisen (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschlag am Nachbartier, Anschlag an der Maschine/dem Container) analysiert wurden.

Die Förderbandbesatzdichte wurde anhand des Videomaterials für Förderband 1 und Förderband 3 erfasst, weswegen die Effekte der Besatzdichte der Förderbänder getrennt nach Förderband 1 und 3 für deren angrenzende Bereiche analysiert wurden. Bei Förderband 1 betrug die durchschnittliche Förderbandbesatzdichte bei Verladung des alten Containertyps 11,86 kg/m² und bei Verladung des neuen Containertyps 13,16 kg/m². Die Förderbandbesatzdichte von Förderband 3 ergab während der Verladung des alten Containertyps 21,19 kg/m² und beim neuen Containertyp 23,42 kg/m².

Weitere Ergebnisse der Hauptuntersuchung sind dem Abschnitt „IV. Publierte Studienergebnisse“ zu entnehmen.

2.1. Fluchtverhalten

Bei Herden der Haltungsform 2 zeigte sich bei einer Erhöhung des Mastgewichts um eine SD-Einheit (173,02 g) weniger Fluchtverhalten beim fahrenden Förderband (RR: 0,65; KI: [0,56; 0,74], $P < 0,001$). Dies wurde in nahezu allen Förderbandbereichen beobachtet (Abb. 14).

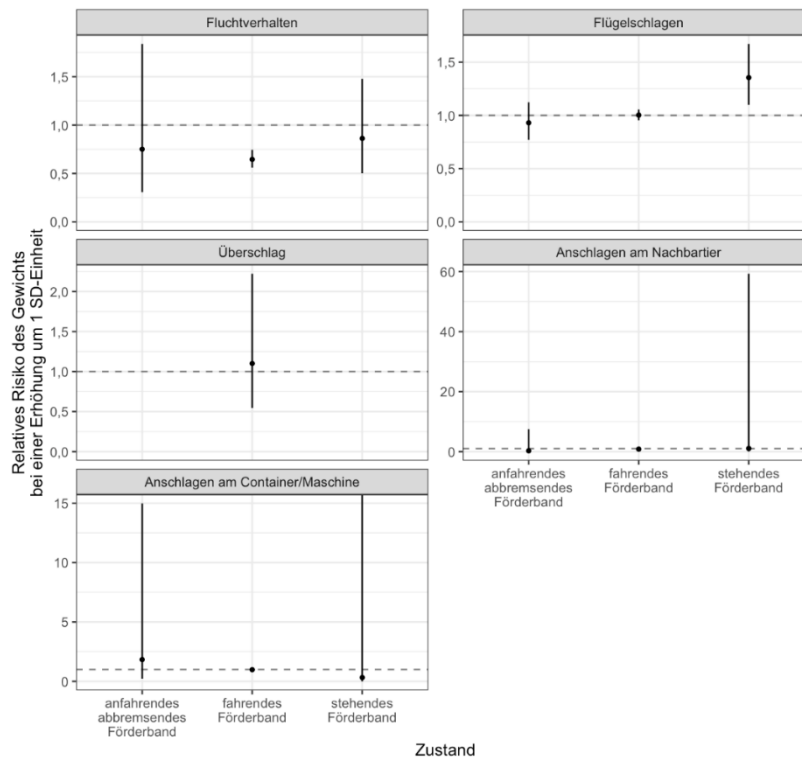


Abbildung 14: Effekt des Mastgewichts der verladenen Tiere auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschlagen am Nachbartier, Anschlagen an der Maschine/dem Container) während der maschinellen Verladung bei Herden der Haltungsform 2 unterteilt nach Zustand des Förderbands (anfahrendes/abbremsendes Förderband, fahrendes Förderband, stehendes Förderband) bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)

Bei Herden der Haltungsform 3 wurden hingegen zunehmende Risiken bei Erhöhung des Mastgewichts um eine SD-Einheit (88,36 g) beim anfahren/abbremsenden Förderband gemessen (RR: 8,45; KI: [1,59; 45,04], $P = 0,012$) (Abb. 15).

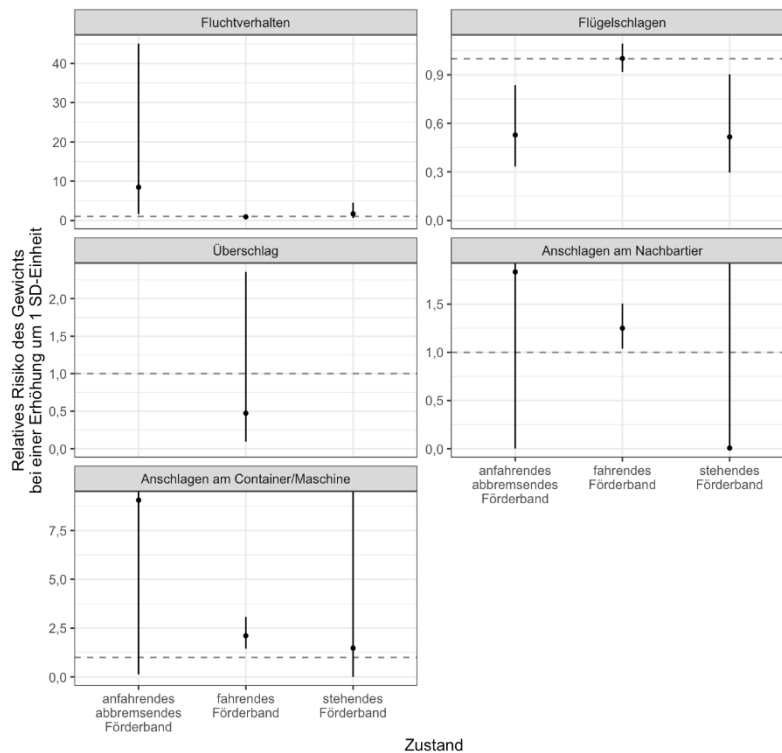


Abbildung 15: Effekt des Mastgewichts der verladenen Tiere auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschlagen am Nachbartier, Anschlagen an der Maschine/dem Container) während der maschinellen Verladung bei Herden der Haltungsform 3 unterteilt nach Zustand des Förderbands (anfahrendes/abbremsendes Förderband, fahrendes Förderband, stehendes Förderband) bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)

Bei steigender Stallbesatzdichte um eine SD-Einheit (Haltungsform 2 = 1,00 kg/m²; Haltungsform 3 = 0,97 kg/m²) sank das Risiko für Fluchtverhalten sowohl bei Herden der Haltungsform 2 (RR: 0,67; KI: [0,55; 0,82], $P < 0,001$) als auch bei Herden der Haltungsform 3 (RR: 0,82; KI: [0,71; 0,96], $P = 0,012$) (Abb. 16).

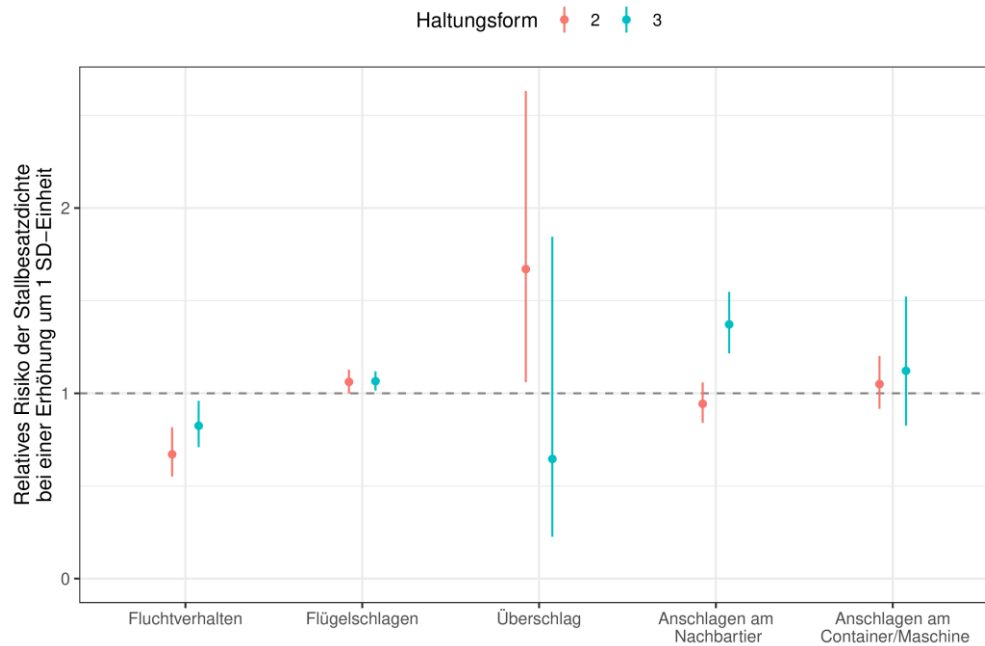


Abbildung 16: Effekt der Stallbesatzdichte auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschläge am Nachbar-tier, Anschläge an der Maschine/dem Container) während der Verladung unterteilt nach Haltungsform 2 (Mastverfahren Standard und „Standard Premium“ = blau) und Haltungsform 3 (Mastverfahren „Premium“ = rot) bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)

Bei Erhöhung der Besatzdichte auf dem Förderband 1 um eine SD-Einheit (5,22 kg/m²) wurde ein erhöhtes Risiko für Fluchtverhalten festgestellt (RR: 1,15; KI: [1,07; 1,23], $P < 0,001$) (Abb. 17).

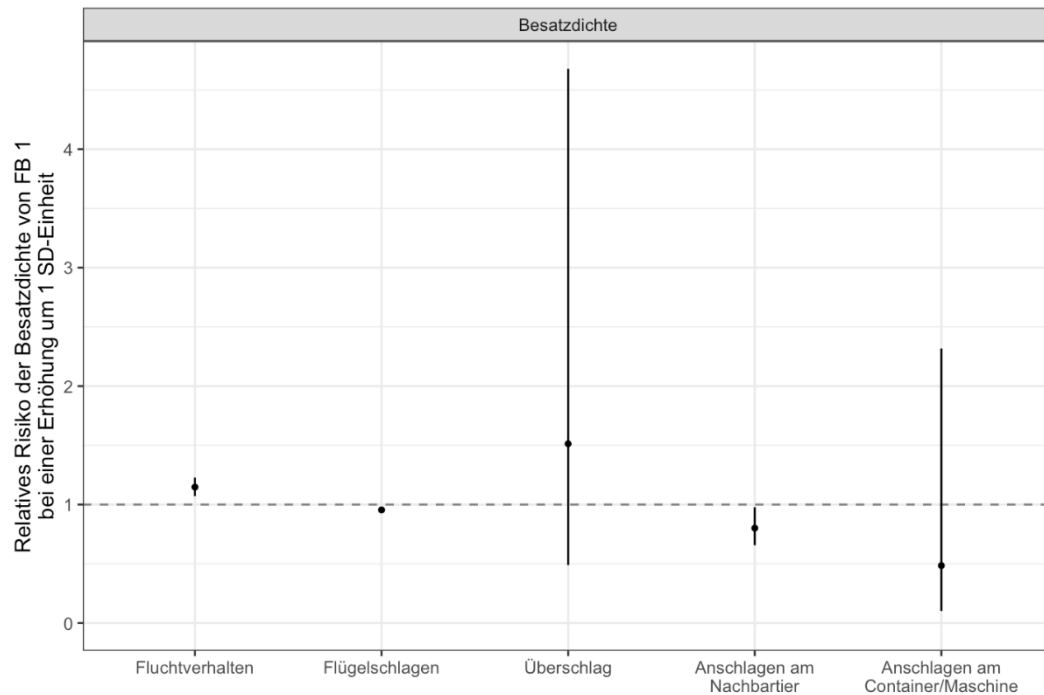


Abbildung 17: Effekt der Besatzdichte des Förderbandes 1 auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschläge am Nachbartier, Anschläge an der Maschine/dem Container) während der Verladung bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)

Bei Erhöhung der Besatzdichte auf Förderband 3 um eine SD-Einheit (6,98 kg/m²) wurde ebenso ein höheres Risiko für Fluchtverhalten beobachtet (RR: 1,2; KI: [1,11; 1,29], $P = < 0,001$) (Abb. 18).

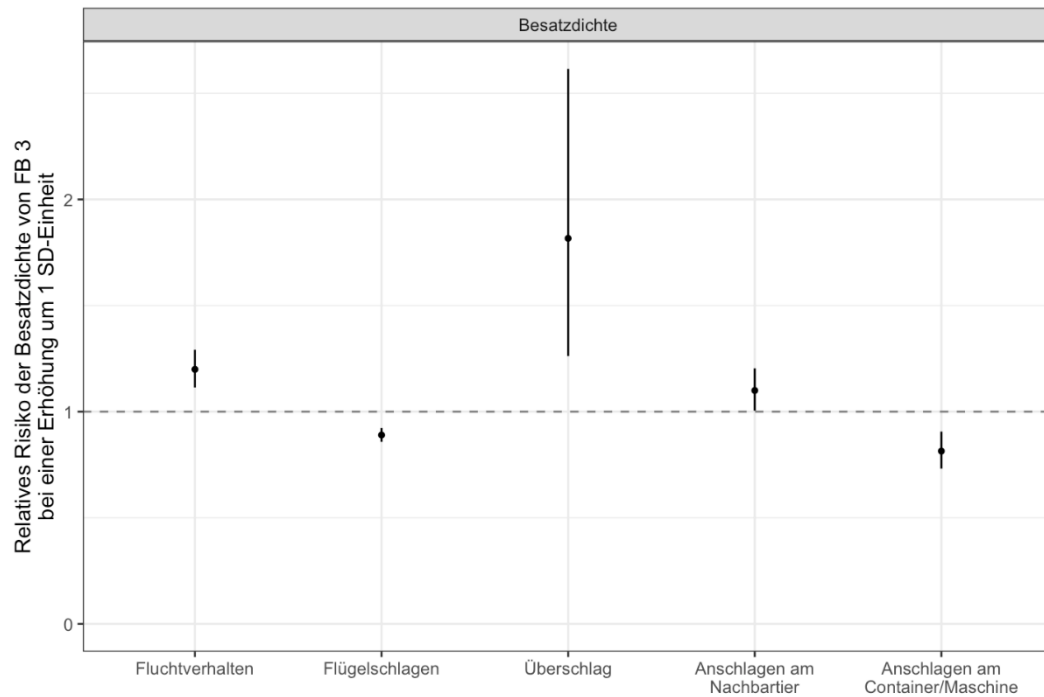


Abbildung 18: Effekt der Besatzdichte des Förderbandes 3 auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschläge am Nachbar-tier, Anschläge an der Maschine/dem Container) während der Verladung bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)

Ein steigendes Risiko für das Fluchtverhalten bei einer Erhöhung der Beladedauer um eine SD-Einheit (0,52 min) wurde insgesamt (RR: 1,08, KI: [1,05; 1,12], $P < 0,001$) (Abb. 19) und bei allen Zuständen des Förderbandes gemessen. Beim fahrenden Förderband betraf das vor allem den Übergang zwischen Boden und Förderband 1 (RR: 1,19, KI: [1,12; 1,26], $P < 0,001$).

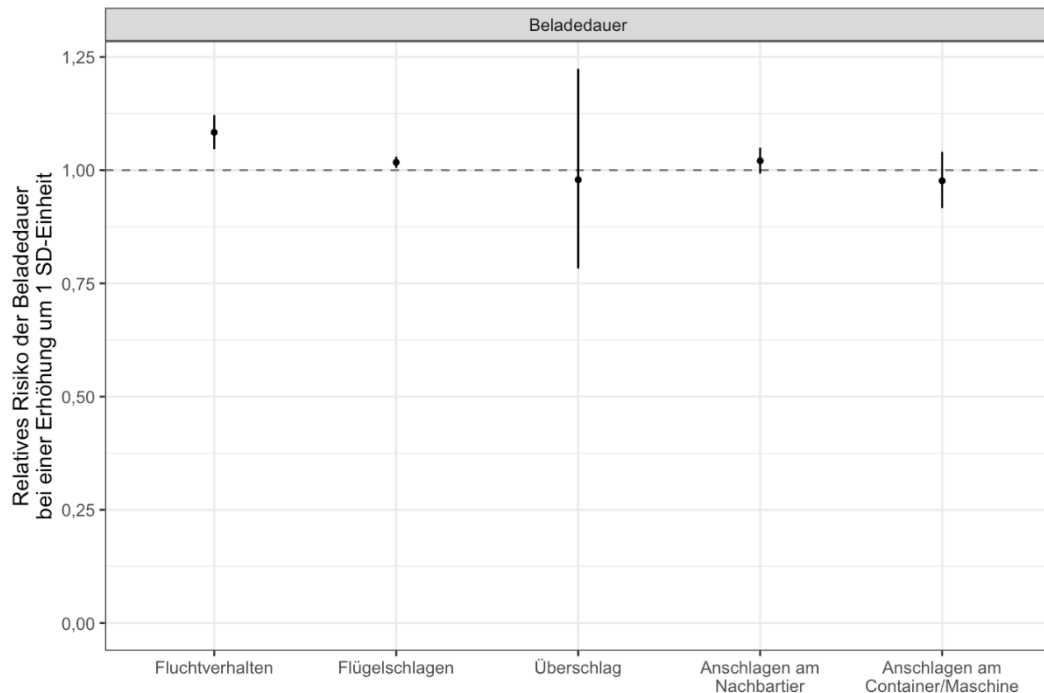


Abbildung 19: Effekt der Beladedauer auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschläge am Nachbar-tier, Anschläge an der Maschine/dem Container) der Masthühner während der Verladung bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)

2.2. Flügelschlagen

Bei Herden der Haltungsform 2 war bei Erhöhung des Mastgewichts um eine SD-Einheit ein höheres Risiko für Flügelschlagen beim stehenden Förderband zu beobachten (RR: 1,36; KI: [1,1; 1,67], $P = 0,004$) (Abb. 14). Bei Herden der Haltungsform 3 hingegen lag ein vermindertes Risiko für Flügelschlagen bei einer Erhöhung des Mastgewichts um eine SD-Einheit beim anfahren/abbremsenden Förderband (RR: 0,53; KI: [0,33; 0,84], $P = 0,007$) und stehenden Förderband (RR: 0,52; KI: [0,3; 0,9], $P = 0,020$) vor (Abb. 15).

Bei Erhöhung der Stallbesatzdichte um eine SD-Einheit stieg das Risiko für Flügelschlagen bei Herden der Haltungsform 3 (RR: 1,07; KI: [1,02; 1,12],

$P = 0,01$) und auch bei Herden der Haltungsform 2 (RR: 1,06; KI: [1,00; 1,13], $P = 0,051$) zeigte sich die starke Tendenz (Abb. 16).

Ein verringertes Risiko für Flügelschlagen war bei einer Erhöhung der Besatzdichte des Förderbandes 1 um eine SD-Einheit zu sehen (RR: 0,95; KI: [0,93; 0,98], $P < 0,001$) (Abb. 17).

Ebenso verringerte Risiken für Flügelschlagen wurden bei einer Erhöhung der Besatzdichte des Förderbandes 3 um eine SD-Einheit beobachtet (RR: 0,89; KI: [0,86; 0,92], $P < 0,001$) (Abb. 18).

Mit Erhöhung der Beladedauer um eine SD-Einheit erhöhte sich auch das Risiko für Flügelschlagen im Allgemeinen (RR: 1,02, KI: [1; 1,03], $P = 0,006$) (Abb. 19) und auch bei mehreren Förderbandzuständen und -bereichen. Dies war zum Beispiel am Übergang von Förderband 5 in den Container der Fall (RR: 1,06, KI: [1,05; 1,08], $P < 0,001$).

2.3. Überschlag

Bei Erhöhung der Stallbesatzdichte um eine SD-Einheit erhöhte sich das Risiko für die Verhaltensweise Überschlag bei Herden der Haltungsform 2 (RR: 1,67; KI: [1,06; 2,63], $P = 0,027$) (Abb. 16).

Des Weiteren war ein höheres Risiko für Überschlag bei einer Erhöhung der Besatzdichte auf Förderband 3 um eine SD-Einheit zu beobachten (RR: 1,82; KI: [1,26; 2,61], $P < 0,001$) (Abb. 18).

2.4. Anschlagen am Nachbartier

Bei einer Erhöhung des Mastgewichts um eine SD-Einheit bei Herden der Haltungsform 2 wurde beim fahrenden Förderband weniger Anschlagen am Nachbartier gesehen (RR: 0,82; KI: [0,75; 0,9], $P < 0,001$) (Abb. 14). Bei Herden der Haltungsform 3 wurden hingegen steigende Risiken für Anschlagen am Nachbartier bei Erhöhung des Mastgewichts um eine SD-Einheit beim fahrenden Förderband beobachtet (RR: 1,25; KI: [1,04; 1,51], $P = 0,019$) (Abb. 15).

Das Risiko für Anschlagen am Nachbartier stieg bei Erhöhung der Stallbesatzdichte um eine SD-Einheit bei Herden der Haltungsform 3 (RR: 1,37; KI: [1,22; 1,55], $P < 0,001$) (Abb. 16).

Bei Erhöhung der Besatzdichte von Förderband 1 um eine SD-Einheit wurde ein geringeres Risiko für Anschläge am Nachbartier beobachtet (RR: 0,8; KI: [0,66; 0,98], $P = 0,029$) (Abb. 17).

Bei Erhöhung der Besatzdichte auf Förderband 3 um eine SD-Einheit wurde hingegen ein höheres Risiko für Anschläge am Nachbartier gemessen (RR: 1,1; KI: [1; 1,2], $P = 0,039$) (Abb. 18).

2.5. Anschläge an der Maschine/dem Container

Bei einer Steigerung des Mastgewichts um eine SD-Einheit bei Tieren der Haltungsform 3 nahm das Risiko für Anschläge an der Maschine/dem Container beim fahrenden Förderband zu (RR: 2,11; KI: [1,45; 3,07], $P < 0,001$) (Abb. 15).

Bei einer Erhöhung der Besatzdichte des Förderbandes 3 um eine SD-Einheit zeigte sich bezüglich des Verhaltens Anschläge an der Maschine/dem Container ein geringeres Risiko (RR: 0,81; KI: [0,73; 0,91], $P < 0,001$) (Abb. 18).

VI. ERWEITERTE DISKUSSION

1. Verhaltenstests

Ähnlich wie bei den Studien von Wolff et al. (2019) und Wessel et al. (2022) wurden die Verhaltenstests der Herden vor der Verladung in dieser Studie durchgeführt, um mögliche Einflüsse der Tier-Mensch-Beziehung oder des Stressniveaus der Herde auf das Verhalten der Masthühner während der Verladung zu untersuchen.

Bei Beurteilung der Korrelation zwischen den einzelnen Tests zeigte sich, dass es bei Herden, bei denen sich der Untersucher im ADT weiter an die Tiere annähern konnte, es auch beim TT eine höhere Anzahl an Tieren in der Nähe des Untersuchers gab bzw. sich mehr Tiere von diesem berühren ließen. Außerdem waren bei Herden, bei denen im SPT eine höhere Anzahl an Tieren im Raster beobachtet wurde, im TT mehr Tiere in der Nähe des Untersuchers oder berührbar. Diese Testergebnisse sind alle mit weniger ängstlichem Verhalten verbunden, daher bestätigen diese Korrelationen die Gültigkeit der Tests, wie es auch schon bei Graml et al. (2008) der Fall war.

Ähnlich zu den Ergebnissen von Wolff et al. (2019) und Wessel et al. (2022) gab es in unserer Studie keinen Einfluss der Produktionswoche der Elterntiere, des Masttages und der Mortalität auf den ADT und SPT.

1.1. Einfluss der Lichtintensität

Bei steigender Lichtintensität im Stall während der Durchführung der drei Tests der Voruntersuchung zeigte sich eine Reduktion der SPT-Werte und der TT-Werte und die Tendenz zu steigenden ADT-Werten. Diese Ergebnisse der drei Tests deuten auf den Effekt hin, dass Masthühner bei einer höheren Lux-Zahl mit mehr Meideverhalten auf Stressreize reagieren.

Bei Vergleich der Ergebnisse mit denen der Literatur, ist mehrfach zu finden, dass Masthühner eine vermehrte Anzahl an aktiven Verhaltensweisen wie Lokomotion und Explorationsverhalten bei höheren Lux-Zahlen zeigen (Newberry et al., 1988; Weise, 2008). Daraus lässt sich schließen, dass Tiere bei einem helleren Stall

aktiver auf Stressreize reagieren und dadurch die Werte des SPTs und TTs sinken und die des ADTs steigen.

1.2. ADT

Der ADT untersucht die Vermeidungsreaktion eines Tieres, wenn es mit einer sich bewegenden und nähernden Person konfrontiert wird (Graml et al., 2008). Generell deutet eine geringere AD, also wenn das Tier sich erst bei geringer Distanz vom Menschen wegbewegt, auf weniger ängstliche Tiere hin (Wolff et al., 2019).

In diesem Projekt wiesen männliche Hühner im Durchschnitt niedrigere ADT-Werte auf als weibliche Tiere, zeigten sich demnach weniger ängstlich als die weiblichen Tiere. Das stimmt mit den Ergebnissen von Nakasai et al. (2013) und Nätt et al. (2014) überein, die zu dem Schluss kamen, dass weibliche Tiere ängstlicher auf Stressreize reagieren als männliche Tiere. Jedoch könnte auch das höhere Gewicht der männlichen, im Gegensatz zu den weiblichen Masthühnern, einen Einfluss gehabt haben, denn männliche Hühner waren in dieser Studie insgesamt im Durchschnitt 344 g schwerer als weibliche Hühner. Die Literatur beschreibt, dass eine zunehmende Größe und Gewicht der Masthühner ebenso geringere Werte im ADT verursachen können (Johansson et al., 2015), da mit höherem Gewicht auch die Inaktivität der Tiere steigt (Dawson et al., 2021).

Bezüglich der fangbedingten Verletzungen gingen erhöhte ADT-Werte mit einem erhöhten Hämatom-Risiko und gleichzeitig mit einem verminderten Abrasion-Risiko einher, was bedeutet, dass Tiere mit einer früheren Flucht vor dem Untersucher im ADT risikobehaftet für Hämatome, aber nicht für Abrasionen während der Verladung sind. Dass schreckhaftes und ausweichendes Verhalten zu Verletzungen des Tieres führen kann, ist plausibel (Knowles und Broom, 1990), jedoch erklärt es nicht das geringere Risiko für Abrasionen. Dieses Ergebnis könnte beispielsweise auf unterschiedliche Ursachen für das Entstehen von Hämatomen und Abrasionen zurückzuführen sein.

1.3. SPT

Der SPT ist ein Annäherungstest, der die freiwillige Annäherung von Tieren an eine unbekannte stationäre Person untersucht (Graml et al., 2008; Hakansson, 2015).

Ein vermehrtes Annäherungsverhalten der Masthühner an den Untersucher im SPT

lässt weniger ängstliches Verhalten während der Verladung vermuten (Wolff et al., 2019). Bei Durchführung dieses Tests kam es häufig vor, dass Tiere zuerst vom Untersucher flohen und sich dann nach einiger Zeit wieder annäherten. Diese freiwillige Annäherung kann aus unterschiedlichen Gründen erfolgen, beispielsweise aus Neugierde auf das unbekannte Objekt oder durch eine gute Bewegungsfähigkeit (Wolff et al., 2019). Es wurde jedoch auch häufig beobachtet, dass sich Tiere überhaupt nicht vom Untersucher wegbewegten. Daraus resultierten zwar auch hohe SPT-Werte, die aber in diesem Fall eher auf eine verminderte Bewegungsfähigkeit oder geringere Motivation der Tiere zurückzuführen sind (Dawson et al., 2021).

Interessant war, dass sich bei der Analyse der Daten dieser Studie zeigte, dass bei Herden der Haltungform 3 der Durchschnitts-SPT-Wert etwas höher lag und außerdem doppelt so viel Bewegung in das Raster herein und aus dem Raster heraus zu sehen war als bei Herden der Haltungform 2. Bei Herden der Haltungform 3 war oftmals zuerst eine Flucht der Tiere und dann anschließend wieder eine Annäherung an den Untersucher zu beobachten, was mit den Erkenntnissen mehrerer Autoren einhergeht, dass langsam wachsende Rassen generell mehr aktives Verhalten zeigen als schnell wachsende Rassen (Bessei, 2018; Dawson et al., 2021; van der Sluis et al., 2022).

1.4. TT

Mit dem TT wird die Reaktion auf den Versuch der Annäherung und Berührung einzelner Masthühner durch eine stationäre, sitzende Person untersucht (Graml et al., 2008). Beim TTreach und TTtouch deuten höhere Werte, also höhere Tierzahlen, auf ein geringeres Stresslevel und eine verminderte Angst gegenüber dem Menschen hin.

Mit steigenden Werten im TT verringerte sich das Risiko für Anschläge an ein Nachbartier, während das Risiko für Anschläge an der Maschine/dem Container und auch für Flügelschlagen zunahm. Ebenso wie höhere Werte im SPT können auch höhere TT-Werte auf eine freiwillige Annäherung, eine bessere Bewegungsfähigkeit (Wolff et al., 2019) oder darauf zurückzuführen sein, dass sich die Tiere aufgrund körperlicher Einschränkungen nicht vom Beobachter entfernen. Diese Ergebnisse zeigen, dass scheinbar weniger ängstliches Verhalten in der Voruntersuchung nicht unbedingt zu weniger Abwehrverhalten während der

Verladung selbst führen muss. Das wiederum legt die Vermutung nahe, dass dieses zusätzlich durch multiple andere Parameter beeinflusst wird.

Bei Betrachtung der Effekte des TT auf die fangbedingten Verletzungen war sowohl zwischen TT und schweren Verletzungen, als auch zwischen TT und Abrasionen ein steigendes Risiko bei steigenden Testwerten zu beobachten. Bei den Hämatomen zeigte sich ein vermindertes Risiko bei steigenden TT-Werten. Es scheint also, dass laut TT weniger ängstliche Tiere risikobehafteter für schwerwiegende Verletzungen und Abrasionen waren. Eine weitere Interpretationsmöglichkeit hierfür wäre, dass die Tiere inaktiver waren und eine verminderte Bewegungsfähigkeit hatten (Dawson et al., 2021) und so auch anfälliger für Verletzungen während der Verladung waren. In diesem Projekt zeigten Herden mit höheren TT-Werten auch ein erhöhtes Risiko für Flügelschlagen und Anschläge an der Maschine/dem Container. Die Ergebnisse stimmen dahingehend überein, dass Flügelschlagen und Anschläge an der Maschine/dem Container zu einem erhöhten Risiko für Abrasionen führen. Jedoch führen diese Verhaltensweisen in diesem Projekt auch zu einem erhöhten Risiko für Hämatome, was hier demnach gegensätzlich zu sein scheint. Interessant ist, dass der Effekt der Erhöhung der Abrasionen und Verminderung der Hämatome während der Verladung bei weniger ängstlichen Herden in der Voruntersuchung genauso bei der Analyse des ADTs vorkommt. Das stützt die Vermutung, dass die Entstehung dieser beiden Verletzungen nicht gleichzeitig passiert und eventuell durch unterschiedliche Gründe verursacht wird.

2. Verhaltensweisen

2.1. Fluchtverhalten

Dass sich bei Herden der Haltungsform 2 bei einer Erhöhung des Mastgewichts weniger Fluchtverhalten zeigte, lässt sich dadurch erklären, dass Tiere mit zunehmendem Gewicht inaktiver werden (Bokkers und Koene, 2003; Dawson et al., 2021) und dadurch scheinbar weniger Motivation verspüren, vor einem Stressor zu flüchten. Interessant ist, dass bei Herden der Haltungsform 3 der gegenteilige Effekt gesehen wurde, hier zeigten sich zunehmende Risiken für Fluchtverhalten bei Erhöhung des Mastgewichts. Das könnte dadurch erklärbar sein, dass die langsam wachsenden Rassen durch das generell verminderte Gewicht nicht so sehr

durch die Gewichtszunahme eingeschränkt werden oder durch eine bessere physische Gesundheit der Tiere (Bokkers und Koene, 2003) eher in der Lage sind auf äußere Einflüsse mit Fluchtverhalten zu reagieren.

Bei einer steigenden Stallbesatzdichte wurde ein sinkendes Risiko für das Fluchtverhalten bei Herden beider Haltungsformen beobachtet. Das könnte dadurch erklärbar sein, dass Masthühner generell bei einer steigenden Stallbesatzdichte und ein dadurch sinkendes Platzangebot weniger Bewegung und weniger Verhalten im Stehen, stattdessen vermehrt Liegen zeigen (Hakansson, 2015; Johansson et al., 2015; Sanchez-Casanova et al., 2019).

Das Fluchtverhalten nahm in diesem Projekt bei einer steigenden Besatzdichte auf den Förderbändern 1 und 3 zu, was gegen die Vermutung von Wolff et al. (2019) spricht, dass angrenzende Tiere eine beruhigende Wirkung haben können. Es scheint eher, dass viele Nachbartiere bewirken, dass die Tiere versuchen, zurück in die eigentliche Herde zu laufen.

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass die Besatzdichten des Stalls nicht mit denen auf der Maschine gleichgesetzt werden können, da sie in diesem Projekt nicht die gleichen Effekte auf das Tierverhalten haben.

Eine längere Beladedauer kam einerseits bei Verladung des Smartstack Containertyps vor, aber auch wenn sich durch etwaige äußere Einflüsse (z.B. Warten auf den nächsten Container ö. Ä.) die Pausen zwischen den Schubladen oder Containern verlängerten. Diese Verzögerungen könnten dazu geführt haben, dass die Tiere vermehrt die Möglichkeit hatten in den längeren Pausen von den vorderen Förderbändern wieder zurück in die Herde zu laufen, wodurch ein höheres Risiko für Fluchtverhalten bei steigender Beladedauer zu beobachten war.

2.2. Flügelschlagen

Bei Erhöhung des Mastgewichts wurde bei Herden der Haltungsform 2 ein erhöhtes Risiko und bei Herden der Haltungsform 3 ein geringeres Risiko für Flügelschlagen beobachtet. Dieser Effekt könnte bei Herden der Haltungsform 2 durch die körperliche Einschränkung bei steigendem Gewicht (Bokkers und Koene, 2003) verursacht werden, wodurch die Tiere auf den Förderbändern leichter die Balance verlieren können und demnach als Reaktion darauf mit Flügelschlagen reagieren. Das verminderte Flügelschlagen hingegen bei steigendem Gewicht bei Tieren der

Haltungsform 3 könnte durch den steigenden Platzbedarf der Tiere und dadurch das sinkende Platzangebot im Stall zurückzuführen sein (Bokkers und Koene, 2003). Jedoch lässt sich nicht eindeutig klären, was diesen entgegengesetzten Effekt des Mastgewichts bei den zwei Haltungsformen verursacht.

Generell wurde das Verhalten Flügelschlagen von Tieren beider Haltungsformen bei steigender Stallbesatzdichte häufiger gezeigt. Zwar zeigen Tiere, die bei höheren Stallbesatzdichten gehalten werden, weniger aktives Fortbewegen (Sanchez-Casanova et al., 2019), jedoch wird durch höhere Stallbesatzdichten auch das Ruheverhalten der Masthühner zunehmend durch andere Tiere gestört (Hall, 2001). Das könnte zu einer generell unruhigeren Herde führen, die schneller mit Flügelschlagen reagiert.

Bei steigenden Besatzdichten der Förderbänder 1 und 3, also der Besatzdichte auf der Maschine, wurde Flügelschlagen seltener beobachtet. Das könnte auf den Platzmangel hinweisen, wodurch die Tiere keine Möglichkeit haben, ihre Flügel auszustrecken, wenn sie von vielen anderen Tieren umgeben sind. Die steigende Anzahl an Nachbartieren in der Nähe könnte allerdings auch einen beruhigenden Effekt haben (Wolff et al., 2019). Das spricht allerdings gegen die Ergebnisse von Gocke (2000), die aussagen, dass einzelne Tiere auf der Maschine ruhiger sind und weniger mit den Flügeln flattern.

Mit Erhöhung der Beladedauer erhöhte sich auch das Risiko für Flügelschlagen. Demnach scheint die Beladedauer nicht nur beim manuellen Fang wie bei Wolff et al. (2019), sondern auch beim maschinellen Fang einen negativen Einfluss auf Flügelschlagen zu haben. Die Ursache hierfür könnte sein, dass die Tiere mehr Zeit auf den Förderbändern hatten, in der sie dieses Verhalten zeigen konnten.

2.3. Überschlag

Bei Erhöhung der Stallbesatzdichte zeigte sich ein erhöhtes Risiko für Überschlag bei Tieren der Haltungsform 2, wobei diese keinen statistischen Einfluss auf Tiere der Haltungsform 3 hatte. Aber auch bei einer Erhöhung der Förderbandbesatzdichte von Förderband 3 wurde häufiger ein Überschlag der Tiere verursacht. Sowohl eine höhere Stallbesatzdichte (Hakansson, 2015; Johansson et al., 2015), als auch ein höheres Gewicht (Dawson et al., 2021) sind Faktoren, die zu einer ausgeprägteren Inaktivität der Tiere führen und somit leichter den

Überschlag auslösen können, da die Tiere auf den auslösenden externen Stimulus nicht adäquat reagieren können.

2.4. Anschlagen am Nachbar-tier

Bei einer Erhöhung des Mastgewichts zeigte sich auch bei der Verhaltensweise Anschlagen am Nachbar-tier ein gegenteiliger Effekt auf Tiere der beiden Mastverfahren. Bei Herden der Haltungsform 2 führte sie zu einem sinkenden Risiko und bei Herden der Haltungsform 3 zu einem steigenden Risiko. Das könnte einerseits an den verhältnismäßig größeren Tieren der Haltungsform 2 liegen, die bei einer höheren Besatzdichte gehalten werden. Hierdurch ist es möglich, dass die Hühner als Gruppe auf die Maschine geladen werden und der Platz pro Tier so gering ist, dass diese Verhaltensweise nicht mehr durch äußere Einflüsse verursacht werden kann (Bokkers und Koene, 2003). Da Anschlagen am Nachbar-tier aber auch aktiv vom Tier gezeigt werden kann, könnte auch eine höhere Aktivität der im Durchschnitt leichteren Tiere der Haltungsform 3 für diesen Effekt verantwortlich sein (van der Sluis et al., 2022).

Mit steigender Stallbesatzdichte nahm die Wahrscheinlichkeit für Anschlagen am Nachbar-tier bei Herden der Haltungsform 3 zu. Interessant ist hier, dass sich dieser Effekt nur bei Tieren der Haltungsform 3 zeigt, also bei Herden der langsam wachsenden Genetik. Da Anschlagen am Nachbar-tier sowohl durch externe Stimuli als auch durch eigenes Verhalten auslöst werden kann, lässt sich vermuten, dass die aktiveren Haltungsform-3-Tiere (Dawson et al., 2021) mehr Bewegung auf der Maschine zeigten, was wiederum das Anschlagen auslösen konnte.

Auch bei Erhöhung der Besatzdichte des Förderbandes 3 nahm das Risiko für Anschlagen am Nachbar-tier zu. Daraus lässt sich schließen, dass die Tiere durch hohe Besatzdichten in ihrer eigenen Bewegung eingeschränkt (Bokkers und Koene, 2003) oder durch Nachbar-tiere beeinträchtigt sind. Das könnte dazu führen, dass sie nicht mehr dazu in der Lage sind, auf äußere Einflüsse adäquat zu reagieren, sodass es leichter zum Anschlagen an einem anderen Tier kommen kann. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass diese Überlegungen gegenteilig zu denen des Einflusses des Mastgewichts sind. Demnach lässt sich keine eindeutige Schlussfolgerung der einfließenden Effekte auf diese Verhaltensweise ziehen. Allerdings ist das Förderband 3 das kleinste der Förderbänder, auf das Hühner von beiden Seiten gleichzeitig manövriert werden. Demnach ist das vermehrte Anschlagen am

Nachbartier durch eine hohe Besatzdichte dieses Förderbands schon rein sachlogisch plausibel.

2.5. Anschlagen an der Maschine/dem Container

Für das Anschlagen an der Maschine/dem Container war bei einer Erhöhung des Mastgewichts bei Tieren der Haltungsform 3 ein zunehmendes Risiko zu beobachten, was eventuell doch darauf hindeuten könnte, dass auch bei langsam wachsenden Tieren mit zunehmendem Alter und Gewicht eine Abnahme der Aktivität zu sehen ist (Bokkers und Koene, 2003). Das könnte dazu führen, dass diese passive Verhaltensweise leichter durch externe Einflüsse ausgelöst werden kann.

Bei einer Erhöhung der Besatzdichte auf Förderband 3 zeigte sich ein verringertes Risiko für Anschlagen an der Maschine/dem Container. Daraus lässt sich schließen, dass durch viele Tiere auf Förderband 3 und den darauffolgenden schmalen Bereich der Maschine ein Anschlagen an der Maschine/dem Container verhindert wird. Das könnte an dem geringeren Platzangebot liegen, wodurch die Masthühner nicht mit Schwung gegen die Maschine stoßen können oder aber an ruhigerem Verhalten durch positiven Einfluss der Nachbartiere (Wolff et al., 2019).

VII. SCHLUSSFOLGERUNG

Bezüglich der Voruntersuchung zeigen die Ergebnisse des Projektes, dass die Tests gut durchführbar sind und die plausiblen Korrelationen zeigen, dass sie valide Ergebnisse liefern. Jedoch zeigte sich kein eindeutiges Ergebnis des Effekts der Voruntersuchung auf das gezeigte stressbedingte Verhalten während der Verladung und die verladebedingten Verletzungen. Es ließ sich jedoch erkennen, dass die Werte der Tests durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst werden wie die Lichtstärke, das Geschlecht oder die Haltungsform. Zudem ist zu differenzieren, ob die Testwerte tatsächlich durch ängstliches bzw. weniger ängstliches Verhalten gegenüber dem Untersucher oder durch eine verminderte Bewegungsfähigkeit der Tiere resultieren. Demnach liefern die Tests eine gute Grundeinschätzung bezüglich des Verhaltens der Herden, jedoch lässt sich durch diese nicht das Verhalten während der maschinellen Verladung und die durch die Verladung resultierenden Verletzungen vorhersagen.

Bei Betrachtung des Parameters Mastgewicht war zu sehen, dass dieses einen unterschiedlichen Einfluss auf schnell und langsam wachsende Hühnerrassen hat, da sich oft gegenteilige Effekte bezüglich des stressbedingten Abwehrverhaltens zeigten. Bei Tieren der Haltungsform 2 ist bei steigendem Mastgewicht das Risiko für Flügelschlagen erhöht und bei Tieren der Haltungsform 3 das Risiko für Anschläge am Nachbartier und an der Maschine/dem Container. Dies sind alles drei Verhaltensweisen, die sich negativ auf die verladebedingten Verletzungen (Hämatome, Abrasionen) auswirken. Aus diesem Grund ist es bei Betrachtung des Verhaltens während der Verladung zu empfehlen, die potentiellen Gewichtszunahmen der Masthühner bei beiden Haltungsformen nicht vollständig auszureizen.

Eine Erhöhung der Stallbesatzdichte führte zu einer Erhöhung aller gezeigten Verhaltensweisen, nur beim Fluchtverhalten zu einem verringerten Risiko. In Bezug auf die verladebedingten Verletzungen erhöhen sich dadurch alle Verhaltensweisen, die zu einer Erhöhung von Hämatomen und Abrasionen führen und das Fluchtverhalten, welches das Risiko für schwerwiegende Verletzungen verringert, wird dadurch vermindert. Es lässt sich daraus ableiten, dass sich eine hohe Stallbesatzdichte negativ auf das stressbedingte Abwehrverhalten auswirkt.

Aus diesem Grund sollte die Stallbesatzdichte für ein reduziertes Risiko geringer gehalten werden.

Die Erhöhung der Besatzdichte auf Förderband 1 führte zu einem vermehrten Vorkommen von Fluchtverhalten und einem verringerten Risiko für Flügelschlagen und Anschläge am Nachbartier. Ersteres führte zu einem verminderten Risiko von schwerwiegenden Verletzungen und letzteres zu einem geringeren Risiko für Hämatome und Abrasionen, woraus sich schließen lässt, dass sich eine höhere Besatzdichte auf Förderband 1 positiv auf das stressbedingte Abwehrverhalten und folglich auch auf die verladebedingten Verletzungen auswirkt. Zu berücksichtigen ist natürlich, dass dieser Effekt hier nur bei einer Erhöhung einer SD-Einheit ($5,22 \text{ kg/m}^2$) betrachtet wurde und nicht darüber hinaus geschlussfolgert werden kann.

Eine Erhöhung der Besatzdichte auf Förderband 3 führte zu einer Erhöhung des Risikos für Fluchtverhalten, Überschlag und Anschläge am Nachbartier, jedoch auch gleichzeitig zu einer Verringerung des Risikos für Flügelschlagen und Anschläge an der Maschine/dem Container. Es zeigten sich teilweise ähnliche Effekte wie bei der Besatzdichte auf Förderband 1, jedoch scheint hier der Effekt der Erhöhung der Besatzdichte wiederum auch das Risiko für manche Verhaltensweisen zu erhöhen. Aus diesem Grund kann hier keine klare Empfehlung zur Förderbandbesatzdichte gegeben werden.

Durch die unterschiedlichen Effekte der Erhöhung der Besatzdichte im Stall, auf Förderband 1 und auf Förderband 3 bezüglich des stressbedingten Abwehrverhalten der Masthühner zeigte sich außerdem, dass der Parameter der Besatzdichte sehr komplex ist und nicht von einem Ort auf den anderen geschlossen werden kann. Zudem ist er jedoch ein wichtiger Punkt, der das gezeigte stressbedingte Abwehrverhalten während der Verladung sowohl positiv als auch negativ beeinflussen kann.

Bei einer steigenden Beladedauer war ein höheres Risiko für Fluchtverhalten und für Flügelschlagen zu sehen. Zwar scheint erhöhtes Fluchtverhalten die schwerwiegenden Verletzungen zu reduzieren, jedoch führt vermehrtes Flügelschlagen zu einer Erhöhung von Abrasionen und Hämatomen. Demnach sollte, um Flügelschlagen zu vermeiden, die Dauer der Hühner auf den Förderbändern eher kurzgehalten werden. Das kann durch einen möglichst

reibungslosen Arbeitsablauf mit nur kurzen Wartezeiten zwischen den Containern und einem zielsicheren Einladen der Masthühner in die Containerschubladen erreicht werden. Allerdings sollte dadurch nicht die Qualität des Verladens durch die Arbeiter beim Einfüllen der Tiere in die Schubladen beeinträchtigt werden.

VIII. ZUSAMMENFASSUNG

Stressbedingtes Abwehrverhalten von Masthühnern während der maschinellen Verladung mit einer Fangmaschine.

Das maschinelle Verladen wird von Hühnermästern in den letzten Jahren, neben dem manuellen Verladen von Masthühnern, zunehmend eingesetzt. Das Ziel dieser Studie war es, den Einsatz einer modifizierten Fangmaschine CMC Apollo Generation 2 bei der maschinellen Verladung von Masthühnern zu beurteilen und den Einfluss verschiedener Parameter auf das stressbedingte Abwehrverhalten beim Verladen mit einer Fangmaschine zu analysieren, um Risikopunkte zu identifizieren und damit das Tierwohl beim Verladen von Masthühnern zu verbessern.

Für die praktische Phase wurden insgesamt 32 Verladungen begleitet, bei denen jeweils eine Vor- und eine Hauptuntersuchung durchgeführt wurde. Die Voruntersuchung fand vor der Verladung statt und bestand aus drei verschiedenen Verhaltenstests, dem Stationary Person Test, dem Avoidance Distance Test und dem Touch Test. Ziel hiervon war es, das Stresslevel der Masthühner vor der Verladung einschätzen zu können. Hier wurde zusätzlich die vorherrschende Lichtstärke im Stall gemessen, um den Einfluss der Lux-Stärke auf das Verhalten beurteilen zu können.

Für die Hauptuntersuchung, also die eigentliche Verladung, wurden sieben Wildtierkameras an der Fangmaschine angebracht, die 10 Bereiche, bestehend aus Förderbändern und Förderbandübergängen, der Maschine filmten. Anhand dieses Videomaterials wurden im Anschluss an die Verladungen fünf Verhaltensweisen (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschlagen am Nachbartier und Anschlagen an der Maschine/dem Container) nach einem definierten Ethogramm für 100 Tiere pro Förderband und Förderbandübergang ausgewertet.

Das Verhalten wurde auf einen bestehenden Einfluss von Drehzahl der Maschine (1800 vs. 2000 Umdrehungen/Minute), Containertyp (GP Containertyp vs. Smartstack Containertyp), Haltungsform (Haltungsform 2 vs. Haltungsform 3), Jahreszeit, Mastgewicht, Stallbesatzdichte, Förderbandbesatzdichten und Beladedauer analysiert. Darüber hinaus wurde das Tierverhalten mit den Daten zu

den verladebedingten Verletzungen korreliert.

Das Verhalten, das die Masthühner in dieser Studie während der maschinellen Verladung am häufigsten zeigten, war das Flügelschlagen, gefolgt vom Anschlagen am Nachbartier. Es wurden zwei Hauptrisikobereiche für stressbedingtes Abwehrverhalten ermittelt. Zum einen der Übergang von Förderband 1 auf 2, bei dem der Höhenunterschied und der Richtungswechsel der Förderbänder zwischen den beiden Förderbändern bei vielen Tieren Flügelschlagen verursachte. Zum anderen der letzte Übergang von Förderband 5 in den Container, an dem vermutlich ebenfalls der Höhenunterschied Flügelschlagen auslöste. Durch eine Umgestaltung der Maschine im vorderen Bereich oder durch eine gute Ausbildung der Fänger, die die Container beladen, kann der Höhenunterschied verringert werden. Die Tiere sollten beim Beladen möglichst gleichmäßig in den Schubladen platziert werden, um ein Anschlagen an dem Container und an anderen Tieren zu vermeiden.

Darüber hinaus zeigte sich, dass sich auch verschiedene andere Faktoren positiv oder auch negativ auf das gezeigte stressbedingte Abwehrverhalten der Masthühner auf der Fangmaschine auswirken können.

Sowohl eine Erhöhung der Drehzahl als auch der Förderbandgeschwindigkeit der Fangmaschine verursachte ein erhöhtes Risiko für alle Verhaltensweisen, mit Ausnahme eines geringeren Risikos für Fluchtverhalten. Demnach wird eine niedrigere Drehzahl und Bandgeschwindigkeit während der maschinellen Verladung empfohlen, um stressbedingtes Abwehrverhalten zu reduzieren.

Der jahreszeitliche Einfluss zeigte, dass das Risiko für Flügelschlagen, Anschlagen am Nachbartier und für Anschlagen an der Maschine/dem Container im Herbst am höchsten war und, dass nur Fluchtverhalten im Winter und Herbst am wenigsten beobachtet wurde. Demnach sollten Tiere im Herbst mit besonderer Sorgfalt verladen werden, um stressbedingtes Abwehrverhalten gering zu halten.

Beim Vergleich der Containertypen war zu sehen, dass beim Beladen des Smartstack Containers das Risiko für Fluchtverhalten und für Flügelschlagen erhöht war. Außerdem war das Risiko für Anschlagen am Nachbartier erhöht, das Risiko für Anschlagen an die Maschine/am Container jedoch verringert. Eine eindeutige Empfehlung für den Containertyp kann demnach aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse dieses Projektes in Bezug auf das Verhalten nicht gegeben werden.

Bei Tieren der Haltungsform 3 war sowohl das Risiko für Anschläge am Nachbartier als auch für Anschläge an die Maschine/den Container vermindert. Zwar wurde bezüglich der Haltungsform bzw. des Mastverfahrens ein stärkerer Einfluss auf das Verhalten der Tiere erwartet, dennoch sollte das Halten und Verladen von Herden der Haltungsform 3 bevorzugt werden, um das Risiko von stressbedingtem Abwehrverhalten und verladebedingten Verletzungen zu vermeiden.

Das Mastgewicht hatte einen unterschiedlichen Einfluss auf Herden der Haltungsform 2 und 3 und es zeigten sich oft gegenteilige Effekte. Bei Haltungsform 2 ist bei steigendem Mastgewicht das Risiko für Flügelschlagen und bei Tieren der Haltungsform 3 das Risiko für Anschläge am Nachbartier und an der Maschine/am Container erhöht. Demnach ist es zu empfehlen, das Gewicht der Masthühner bei beiden Haltungsformen verhältnismäßig gering zu halten.

Eine Erhöhung der Stallbesatzdichte führte zu einer Erhöhung aller gezeigten Verhaltensweisen, nur beim Fluchtverhalten zu einem verringerten Risiko. Folglich sollte die Stallbesatzdichte geringgehalten werden, um das Risiko von stressbedingtem Abwehrverhalten und fangbedingten Verletzungen zu reduzieren.

Die Erhöhung der Besatzdichte auf Förderband 1 führte zu einem vermehrten Vorkommen von Fluchtverhalten und einem verringerten Risiko für Flügelschlagen und Anschläge am Nachbartier. Demnach wirkt sich eine höhere Besatzdichte auf Förderband 1 positiv auf das stressbedingte Abwehrverhalten aus.

Eine Erhöhung der Besatzdichte auf Förderband 3 führte zu einer Erhöhung des Risikos für Fluchtverhalten, Überschlag und Anschläge am Nachbartier, jedoch auch gleichzeitig zu einer Verringerung des Risikos für Flügelschlagen und Anschläge an der Maschine/dem Container. Aufgrund der gegenteiligen Effekte, lässt sich hier keine klare Empfehlung für die Förderbandbesatzdichte geben.

Bei einer steigenden Beladedauer war ein höheres Risiko für Fluchtverhalten und für Flügelschlagen zu sehen. Um Flügelschlagen zu vermeiden, sollte demnach die Dauer der Hühner auf den Förderbändern kurzgehalten werden.

Darüber hinaus konnte ein Einfluss des stressbedingten Abwehrhaltens der Tiere auf die verladebedingten Verletzungen festgestellt werden. Vermehrtes Fluchtverhalten reduzierte das Risiko für schwerwiegende Verletzungen.

Flügelschlagen und Anschläge an der Maschine/dem Container erhöhten das Risiko von Hämatomen und Abrasionen. Ebenso wurde das Risiko für Hämatome durch Anschläge am Nachbartier erhöht. Dies bestätigt die Vermutung, dass das meiste stressbedingte Abwehrverhalten das Risiko für verladebedingte Verletzungen erhöht. Nur das Fluchtverhalten stellte eine Ausnahme dar. Scheinbar können Tiere, die vermehrt Fluchtverhalten zeigen, besser auf externe Einflüsse reagieren und somit verladebedingten Verletzungen leichter entgehen.

Auch wenn die verladebedingten Verletzungen nicht ausschließlich auf das stressbedingte Abwehrverhalten der Hühner während der Verladung zurückgeführt werden können, gibt es Zusammenhänge zwischen Tierverhalten und verladebedingten Verletzungen. Daher sollten das Tierverhalten und seine Einflussfaktoren berücksichtigt werden, um den Tierschutz während der Verladung zu verbessern. Darüber hinaus wäre eine weitere Optimierung der Fangmaschine möglich, um das Tierwohl kontinuierlich zu verbessern. Durch die bisher durchgeführten Veränderungen an der Fangmaschine konnten schon Verbesserungen erzielt werden, weswegen in der Zukunft zunehmend die beeinflussenden Faktoren während einer Verladung ein wichtiges Hauptaugenmerk sein sollten. Durch beispielsweise die Nutzung einer schonenderen Verladegeschwindigkeit oder eines optimierten Containertyps oder das vermehrte Verladen einer höheren Stufe der Haltungsform kann man das stressbedingte Abwehrverhalten geringer halten und so das Tierwohl während der Masthuhnverladung optimieren.

IX. SUMMARY

Stress-related defensive behavior of broilers during mechanical loading with a loading machine.

Mechanical loading has been used increasingly in recent years alongside the manual loading of broilers. The aim of this study was to analyze the influence of parameters on the behavior shown during loading with a modified loading machine (CMC Apollo Generation 2) in order to identify risk factors and thus improve animal welfare.

During 32 loadings a pre-examination and a main examination were carried out. The pre-examination took place before loading and consisted of three different tests, the stationary person test, the avoidance distance test and the touch test. The aim was to assess the stress level of the broilers before loading. In addition, the prevailing light intensity in the barn was measured in order to assess the influence of the lux level on the behavior.

For the main examination, i.e., the actual loading, seven wildlife cameras were attached to the loading machine, filming 10 areas, consisting of conveyor belts and conveyor belt transitions. Five behaviors, namely, escape behavior, wing flapping, flip, bumping into an animal, and bumping against the machine or container, were assessed by evaluation of the videos following a defined ethogram for 100 animals per conveyor belt and conveyor belt transition.

The behavior was analyzed for an influence of the rotation speed (1800 vs. 2000 turns/minute), container type (GP container vs. Smartstack container), husbandry system („Indoor Plus” vs. „Outdoor Climate”), season, fattening weight, barn stocking density, stocking densities of conveyor belt 1 and 3 and the loading duration. In addition, animal behavior was correlated with the animal health data.

The most common behavior shown by broilers during machine loading in this study was wing flapping, followed by bumping into an animal. Two main risk areas for these behaviors were identified. One was the transition from conveyor belt 1 to 2, where the height difference and change of direction between the two conveyor belts triggered wing flapping in many broilers. The other risk area was the transition from conveyor belt 5 into the container, where the height difference probably also caused

wing flapping. The height difference should be reduced by redesigning the machine in the front area or by good training of the workers who load the containers. The animals should be placed as evenly as possible in the drawers to avoid bumping against the container and into other animals.

In addition, various other factors can also have a positive or negative influence on animal behavior.

Increasing both the rotation speed and the conveyor belt speed increased the risk for all behaviors, except of a lower risk for escape behavior. According to this, a slower rotation speed and conveyor belt speed is recommended to reduce defensive behavior.

The seasonal influence showed that the risk for wing flapping, bumping into an animal and bumping against the machine/container was highest in autumn, only escape behavior was least observed in winter and autumn. According to this, animals should be loaded with special care in autumn to reduce defensive behavior.

When comparing the container types, there was an increased risk for escape behavior and wing flapping when loading the Smartstack container. In addition, the risk of bumping into an animal increased, but the risk of bumping against the machine/container was reduced. Therefore, a clear container type recommendation cannot be made owing to the contradictory results of this study.

The risk of bumping into an animal as well as bumping against the machine/container was reduced when loading animals of husbandry system 3. Even though the husbandry system and fattening method had less influence on animal behavior than expected, there was a tendency for animals in husbandry system „Outdoor Climate” to be less susceptible to defensive behavior and loading-related injuries. Therefore, husbandry system „Outdoor Climate” should be preferred for the housing and loading of flocks.

Fattening weight had a different and often opposite effect on flocks of husbandry system 2 and 3. With increasing fattening weight, the risk of wing flapping increased for animals of husbandry system 2 and the risk of bumping into an animal and bumping against the machine/container increased with husbandry system 3. It is therefore recommended to keep the weight of the broilers low in both husbandry systems.

An increase in the barn stocking density led to an increase of all behaviors, only for escape behavior to a reduced risk. Therefore, the barn stocking density should be kept low in order to reduce the risk of defensive behavior and loading-related injuries.

Increasing the stocking density on conveyor belt 1 led to an increased occurrence of escape behavior and a reduced risk of wing flapping and bumping into an animal. Therefore, a higher stocking density on conveyor belt 1 has a positive effect on defensive behavior.

An increase in the stocking density on conveyor belt 3 led to an increase in the risk of escape behavior, flip and bumping into an animal, but at the same time to a reduced risk of wing flapping and bumping against the machine/container. Due to the opposite effects, no clear recommendation for the conveyor belt stocking density can be made.

With an increasing loading duration, there was a higher risk of escape behavior and wing flapping. According to this, the duration of the broiler on the conveyor belts should be kept short in order to avoid wing flapping.

Furthermore, there was an influence of the stress-related defensive behavior of the animals on the loading-related injuries. Increased escape behavior reduced the risk of severe injuries. Wing flapping and bumping against the machine/container increased the risk of hematomas and abrasions. Similarly, the risk of hematomas was increased by bumping against an animal. This confirms the assumption that defensive behavior increases the risk of loading-related injuries. Only escape behavior was an exception, probably because animals that show more escape behavior can better react to external influences and thus can escape loading-related injuries.

Even if the loading-related injuries cannot be attributed exclusively to the defensive behavior during loading, there are links between animal behavior and animal health. Therefore, animal behavior and its influencing factors should be considered to improve animal welfare during loading. In addition, further optimization of the loading machine would be recommended to improve animal welfare. Improvements have already been achieved as a result of the changes made to the loading machine so far. Therefore, in the future, the influencing factors during a loading should be an increasingly important focus. For example, by using a slower loading speed or

an optimized container type, or by loading animals belonging to a higher husbandry system, it could be possible to reduce stress-related defensive behavior and thus optimize animal welfare during the mechanical loading of broilers.

X. ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS

ALVINO G.M., ARCHER G.S., MENCH J.A. (2009): Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. *Applied Animal Behaviour Science*, 118:1–2, 54-61, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.02.003>.

ANDERSON M.G., CAMPBELL A.M., CRUMP A., ARNOTT G., NEWBERRY R.C., JACOBS L. (2021): Effect of environmental complexity and stocking density on fear and anxiety in broiler chickens. *Animals*, 11:8, 2383, <https://doi.org/10.3390/ani11082383>.

BASSLER A.W., ARNOULD C., BUTTERWORTH A., COLIN L., DE JONG I.C., FERRANTE V., FERRARI P., HASLAM S., WEMELSFELDER F., BLOKHUIS H.J. (2013): Potential risk factors associated with contact dermatitis, lameness, negative emotional state, and fear of humans in broiler chicken flocks. *Poultry science*, 92:11, 2811-2826, <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03208>.

BESSEI W. (2018): Impact of animal welfare on worldwide poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 74:2, 211-224, <https://doi.org/10.1017/S0043933918000028>.

BOKKERS E.A.M., KOENE P. (2003): Behaviour of fast- and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. *Applied Animal Behaviour Science*, 81:1, 59–72, [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00251-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00251-4).

DAWSON L.C., WIDOWSKI T.M., LIU Z., EDWARDS A.M., TORREY S. (2021): In pursuit of a better broiler: a comparison of the inactivity, behavior, and enrichment use of fast- and slower growing broiler chickens. *Poultry Science*, 100:101451, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101451>.

DEEP A., SCHWEAN-LARDNER K., CROWE T.G., FANCHER B.I., CLASSEN H.L. (2012): Effect of light intensity on broiler behaviour and diurnal rhythms. *Applied Animal Behaviour Science*, 136:1, 50–56, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.11.002>.

ĐUKIĆ-STOJČIĆ M., BESSEI W. (2011): The effect of weight load on the legs of broilers behaviour. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27:4, 1667–1671, <https://doi.org/10.2298/BAH1104667D>.

DUNCAN I.J.H. (1998): Behavior and behavioral needs. *Poultry science*, 77:12, 1766–1772, <https://doi.org/10.1093/ps/77.12.1766>.

DUNCAN I.J.H., SLEE G.S., KETTLEWELL P., BERRY P., CARLISLE A.J. (1986): Comparison of the stressfulness of harvesting broiler chickens by machine and by hand. *British Poultry Science*, 27:109–114, <https://doi.org/10.1080/00071668608416861>.

FAO (2021): Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets, <https://doi.org/10.4060/cb7491en>.

GOCKE A. (2000): Untersuchung über den Einsatz einer Hähnchenfangmaschine in Mastbetrieben in Norddeutschland, Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

GONZALEZ-VOYER A., THOMAS G.H., LIKER A., KRÜGER O., KOMDEUR J., SZÉKELY.T. (2022): Sex roles in birds: Phylogenetic analyses of the influence of climate, life histories and social environment. *Ecology Letters*, 25:3, 647–660, <https://doi.org/10.1111/ele.13938>.

GRAML C., WAIBLINGER S., NIEBUHR K. (2008): Validation of tests for on-farm assessment of the hen–human relationship in non-cage systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 111:3-4, 301–310, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.06.002>.

HAKANSSON F. (2015): Effect of daytime and age on the avoidance and approach behaviour of commercial Danish broiler chicken, Master Thesis, Linköping University, Schweden.

HALL A.L. (2001): The Effect of Stocking Density on the Welfare and Behaviour of Broiler Chickens Reared Commercially. *Animal Welfare*, 10(1), 23–40, <https://doi.org/10.1017/S096272860002323X>.

HALTUNGSFORM.DE (2019): Kriterien und Mindestanforderungen für Tierwohlprogramme. URL: <https://www.haltungsform.de/kriterien-und-mindestanforderungen/>. (abgerufen am 09. Juni 2022)

JACOBS L., DELEZIE E., DUCHATEAU L., GOETHALS K., TUYTTENS F.A.M. (2017): Impact of the separate pre-slaughter stages on broiler chicken welfare. *Poultry Science*, 96:2, 266–273, <https://doi.org/0.3382/ps/pew361>.

JOHANSSON A., BLOKHUIS H.J., BERCKMANS D., BUTTERWORTH A. (2015): Development of an automatic method to assess the human-animal relationship in broilers at flock level. *Precision Livestock Farming 2015-Papers Presented at the 7th European Conference on Precision Livestock Farming, ECPLF 2015*, 195–201.

KANNAN G., MENCH J.A. (1997): Prior handling does not significantly reduce the stress response to pre-slaughter handling in broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 51:87–99, [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01076-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01076-3).

KITTELSEN K.E., GRANQUIST E.G., AUNSMO A.L., MOE R.O., TOLO E. (2018): An evaluation of two different broiler catching methods. *Animals*, 8:141, <https://doi.org/10.3390/ani8080141>.

KNIERIM U., GOCKE A. (2003): Effect of catching broilers by hand or machine on rates of injuries and dead-on-arrivals. *Animal Welfare*, 63–73, <https://doi.org/10.1017/S0962728600025380>.

KNOWLES T.G., BROOM D.M. (1990): The handling and transport of broilers and spent hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 75–91, [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90047-H](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90047-H).

LANGKABEL N., BAUMANN M.P., FEILER A., SANGUANKIAT A., FRIES R. (2015): Influence of two catching methods on the occurrence of lesions in broilers. *Poultry Science*, 94:8, 1735–1741, <https://doi.org/10.3382/ps/pev164>.

MAEKAWA F., TSUKAHARA S., KAWASHIMA T., NOHARA K., OHKI-HAMAZAKI H. (2014): The mechanisms underlying sexual differentiation of behavior and physiology in mammals and birds: relative contributions of sex steroids and sex chromosomes. *Frontiers in neuroscience*, 8:242, <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00242>.

MARIN R.H., BENAVIDEZ E., GARCIA D., SATTERLEE D. (2002): Sex differences in central benzodiazepine receptor densities and circulating corticosterone release after acute stress in broiler chicks. *Poultry science*, 81:2, 261–264, <https://doi.org/10.1093/ps/81.2.261>.

MÖNCH J., RAUCH E., HARTMANNSGRUBER S., ERHARD M., WOLFF I., SCHMIDT P., SCHUG A.R., LOULTON H. (2020): The welfare impacts of mechanical and manual broiler catching and of circumstances at loading under field conditions. *Poultry Science*, 99:11, 5233–5251, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.030>.

MOROI S., NISHIMURA K., IMAI N., KUNISHIGE K., SATO S., GOTO T. (2019): Rapid behavioral assay using handling test provides breed and sex differences in tameness of chickens. *Brain and Behavior*, 9:10, 01394, <https://doi.org/10.1002/brb3.1394>.

NAKASAI E., TANIZAWA H., TAKAWAKI M., YANAGITA K., KAWAKAMI S., OKA T., TSUDZUKI M., BUNGO T. (2013): Age-dependent change of tonic immobility response in chicks of a native Japanese chicken breed, Tosa-Jidori. *The Journal of Poultry Science*, 50:4, 321–325, <https://doi.org/10.2141/jpsa.0130018>.

NÄTT D., AGNVALL B., JENSEN P. (2014): Large sex differences in chicken behavior and brain gene expression coincide with few differences in promoter DNA-methylation. *PLoS One*, 9:4, 96376, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096376>.

NEWBERRY R.C., HUNT J.R., GARDINER E.E. (1988): Influence of light intensity on behavior and performance of broiler chickens. *Poultry science*, 67 (7), 1020–1025, <https://doi.org/10.3382/ps.0671020>.

SANCHEZ-CASANOVA R., SARMIENTO-FRANCO L., SEGURA-CORREA J., PHILLIPS C.J.C. (2019): Effects of Outdoor Access and Indoor Stocking Density on Behaviour and Stress in Broilers in the Subhumid Tropics. *Animals*, 9:1016, <https://doi.org/10.3390/ani9121016>.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2021): Betriebe mit Geflügel oder sonstigen Nutztieren. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Tabellen/betriebe-gefluegel-nutztiere.html>. (abgerufen am 09. Juni 2022)

STATISTISCHES BUNDESAMT (2022): Geflügelschlachtereien, Geschlachtete Tiere, Schlachtmenge: Deutschland, Jahre, Geflügelart. URL: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=table&code=41322-0001&bypass=true&levelindex=1&levelid=1653902331832#abreadcrumb>. (abgerufen am 23. September 2022)

VAN DER SLUIS M., ASHER L., RODENBURG T.B., DE HAAS Y., DE KLERK B., ELLEN E.D. (2022): Early locomotor activity in broilers and the relationship with body weight gain. *Poultry Science*, 101:10, 102086, <https://doi.org/0.1016/j.psj.2022.102086>.

WAIBLINGER S., BOIVIN X., PEDERSEN V., TOSI M.-V., JANCZAK A.M., VISSER E.K., JONES R.B. (2006): Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *Applied Animal Behaviour Science*, 101:3–4, 185–242, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.02.001>.

WEISE H. (2008): Lichtbedingte Einflüsse auf Verhalten und Leistung in der Hähnchenmast. Ludwig-Maximilians-Universität München, Deutschland.

WESSEL J., RAUCH E., HARTMANNSTRUBER S., ERHARD M., SCHMIDT P., SCHADE B., LOUTON H. (2022): A comparison of two manual catching methods of broiler considering injuries and behavior. *Poultry Science*, 101:11, 102127, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102127>.

WILHELMSSON S. (2016): Comparison of behaviour and health of two broiler hybrids with different growth rates, Student Report No. 637, Swedish University of Agricultural Sciences, Schweden.

WOLFF I., KLEIN S., RAUCH E., ERHARD M., MÖNCH J., HÄRTLE S., SCHMIDT P., LOUTON H. (2019): Harvesting-induced stress in broilers: comparison of a manual and a mechanical harvesting method under field conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 221, 104877, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104877>.

YANG K.Y., HA J.J., ROH H.-J., CHO C.-Y., OH S.M., OH D.-Y. (2019): Effects of Litter Type and Gender on Behavior Characteristics and Growth Performance of Korean Hanhyup Broiler. *Korean Journal of Poultry Science*, 46:3, 155-160, <https://doi.org/10.5536/KJPS.2019.46.3.155>.

XI. ANHANG

1. Abbildungsverzeichnis

1.1. Abbildungen aus den Kapiteln III und V

Abbildung 1: GP Container mit geöffneten und nummerierten Schubladen (Firma Marel, Island) (Foto: Bläske)	11
Abbildung 2: Smartstack Container mit geöffneten (links) und geschlossenen Schubladen (rechts) und Nummerierung der Schubladen (Firma Marel, Island) (Foto: Bläske).....	11
Abbildung 3: Modifizierte CMC Apollo Generation 2 Fangmaschine im Stall (Firma CMC Industries, Italien) (Foto: Bläske).....	12
Abbildung 4: Förderbänder der bisher eingesetzten Fangmaschine (Fotos: Gotthart, Verlade GbR).....	13
Abbildung 5: Neue verwendete Förderbandstruktur mit multiplen hufeisenförmigen Erhebungen (Fotos: CMC Industries).....	13
Abbildung 6: Bisher genutztes Fangarm-Modul (Fotos: Gotthart, Verlade GbR)	13
Abbildung 7: Neues, in diesem Projekt genutztes Fangarm-Modul (Fotos: CMC Industries).....	14
Abbildung 8: Modifizierte Fangmaschine Apollo Generation 2 mit angebrachtem Vorhang (s. roter Pfeil) über den Förderbändern 1 und 2 (Foto: Bläske)	14
Abbildung 9: Weg des Untersuchers durch den Stall mit den festgelegten Stellen zur Durchführung der Tests der Voruntersuchung (Stationary Person Test [SPT] = rot, Avoidance Distance Test [ADT] = grün, Touch Test [TT] = blau)	16
Abbildung 10: Standbild eines Videos des Stationary Person Test (SPT) mit markierten Tieren innerhalb des eingefügten Rasters (Foto: Werner).....	17
Tabelle 1: Überblick über die durchschnittlichen Ergebnisse des Avoidance Distance Test (ADT), Stationary Person Test (SPT) und Touch Test (TTreach und TTtouch) aller 32 Voruntersuchungen (VU) unterteilt nach Haltungsform (HF) und Mastverfahren (MV). Darstellung der Mindestwerte (Min), der Höchstwerte (Max),	

Mittelwerte (Mean) und der Standardabweichung (SD), der adjustierten Mittelwerte (Adj. MW) und des 95% Konfidenzintervalls (95% KI)40

Abbildung 11: Zusammenhang zwischen der gemessenen Lichtstärke (Lux) im Stall während Durchführung aller 32 Voruntersuchungen und den durchschnittlichen Testwerten des Stationary Person Test (SPT), Avoidance Distance Test (ADT), Touch Test reach (TTreach) und Touch Test touch (TTtouch)41

Abbildung 12: Effekt des phänotypischen Geschlechts der Tiere (weiblich oder männlich) auf die Testwerte des Avoidance Distance Test (ADT) in cm42

Abbildung 13: Effekte des Stationary Person Test (SPT), Avoidance Distance Test (ADT) und Touch Test (TT) auf die fangebedingten Verletzungen (Schwere Verletzungen, Hämatome und Abrasionen) der untersuchten Masthühner bei Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)42

Abbildung 14: Effekt des Mastgewichts der verladenen Tiere auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschläge am Nachbar-tier, Anschläge an der Maschine/dem Container) während der maschinellen Verladung bei Herden der Haltungsform 2 unterteilt nach Zustand des Förderbands (anfahrendes/abbremsendes Förderband, fahrendes Förderband, stehendes Förderband) bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung).....45

Abbildung 15: Effekt des Mastgewichts der verladenen Tiere auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschläge am Nachbar-tier, Anschläge an der Maschine/dem Container) während der maschinellen Verladung bei Herden der Haltungsform 3 unterteilt nach Zustand des Förderbands (anfahrendes/abbremsendes Förderband, fahrendes Förderband, stehendes Förderband) bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung).....46

Abbildung 16: Effekt der Stallbesatzdichte auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschläge am Nachbar-tier, Anschläge an der Maschine/dem Container) während der Verladung unterteilt nach Haltungsform 2 (Mastverfahren Standard und „Standard Premium“

= blau) und Haltungsform 3 (Mastverfahren „Premium“ = rot) bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)47

Abbildung 17: Effekt der Besatzdichte des Förderbandes 1 auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschlagen am Nachbartier, Anschlagen an der Maschine/dem Container) während der Verladung bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)48

Abbildung 18: Effekt der Besatzdichte des Förderbandes 3 auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschlagen am Nachbartier, Anschlagen an der Maschine/dem Container) während der Verladung bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)49

Abbildung 19: Effekt der Beladedauer auf das stressbedingte Abwehrverhalten (Fluchtverhalten, Flügelschlagen, Überschlag, Anschlagen am Nachbartier, Anschlagen an der Maschine/dem Container) der Masthühner während der Verladung bei einer Erhöhung um 1 SD-Einheit (SD = Standardabweichung)50

1.2. Abbildungen und Tabellen in den bereits publizierten Ergebnissen (Kapitel IV)

Table 1: Overview of the requirements for the different husbandry systems and fattening methods and of the numbers of participating farms and loadings.24

Table 2: Overview of the classification of the 4 main factors of the 32 loadings (husbandry system, rotation speed, container type, and season).....25

Table 3: Details of the 32 loadings (rotation speed, genetic of the broilers, season, outdoor and indoor temperature during loading, fattening day of the broilers, stocking density in the barn, production week of the parent stocks, number of loaded broilers, time at start of the loading of the containers, average body weight of the broilers, and stocking density in the drawers of the GP container and the SmartStack container, the latter divided into drawer numbers 1–4 and the smaller drawer number 5) per husbandry system and associated fattening method.28

Table 4: Overview of the animals with 1 or more loading-related injuries (severe injuries [fractures, dislocations, epiphysiolyses], hematomas on wing, and abrasions in total) in all 32 loadings in % and adjusted % accounting for farm-specific variation.30

Table 5: Overview of the average percentage and adjusted percentage accounting for farm-specific variation of the behaviors and impacts on the animals, subdivided into rotation speed (with different states of the conveyor belt), type of container, season, and husbandry system..31

Table 6: Overview of the results of the escape behavior and the influences of the assessed factors (rotation speed, conveyor belt speed, container type, season, husbandry system, and fattening method) including the relative risk, 95% confidence interval, and *P*-value.....32

Table 7: Overview of the results of wing flapping and the influences of the assessed factors (rotation speed, conveyor belt speed, container type, season, husbandry system, and fattening method) including the relative risk, 95% confidence interval, and *P*-value.....32

Fig. 1: Overview of the design of the machine, of the attached cameras (incl. filming areas and angle of view), and of the 2 container types used in this study (incl. drawer numbers). Abbreviations: Cb, conveyor belt; Con, container.24

Fig. 2: Overview of the evaluation of behaviors and impacts including the defined conveyor belt areas and states, and the ethogram of the behaviors and impacts. Abbreviation: Cb, conveyor belt.29

Fig. 3: Overview of the risk of the behaviors and impacts and the 95% uncertainty interval, divided into state of the conveyor belt and conveyor belt area for all animals evaluated. Abbreviations: Cb, conveyor belt; Con, container.30

Fig. 4: Overview of the effect of the behaviors and impacts and the 95% uncertainty interval on risk of the loading-related injuries of the broilers (severe injuries = fracture, luxation, or epiphysiolysis; minor injuries = abrasion >0.5 cm diameter, hematoma >0.5 cm diameter). Abbreviation: SD, standard deviation.34

XII. DANKSAGUNG

Zu allererst geht mein Dank an Prof. Dr. Dr. Michael Erhard und Univ.-Prof. Dr. Elke Rauch für die Möglichkeit der Promotion am Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der LMU.

Ich danke auch von Herzen meinen Betreuerinnen Prof. Dr. Helen Louton und Univ.-Prof. Dr. Elke Rauch, die das Projekt geplant und organisiert haben und mir bei jeglicher Frage und Unwissenheit aushalfen. Vielen Dank für die Unterstützung bei der Erhebung der Daten, sowie deren Verarbeitung und Interpretation und für das endlose Korrekturlesen aller Dokumente.

Ein weiterer besonderer Dank geht an Fr. Dr. Alexandra Bläske, für ihre Organisation, ihre Zeit, ihre Expertise und für ihre Rücksichtnahme bezüglich der Fahrplanung in der Corona-Pandemie, ohne sie wären wir in vielerlei Hinsicht aufgeschmissen gewesen.

Ganz besonders möchte ich mich auch bei Julia Unterholzner und ihrer Familie bedanken, die uns ohne jegliche Beschwerden zu jeder Tages- und Nachtzeit aufgenommen und königlich versorgt haben. Vielen Dank für die spaßigen Stunden auf den Betrieben und im Lehrstuhl und für die Unterstützung, auf die ich mich jederzeit verlassen konnte.

Mein Dank gilt den Geflügelmästern und ihren Familien, die uns unterstützt und regelmäßig mit Kaffee und Kuchen gestärkt haben. Vielen Dank für das Vertrauen und das Einverständnis für die Datenerhebung auf den Mastbetrieben und die Hilfe hierbei.

Ein besonderes Dankeschön geht an Martin Gotthart, der uns mit seinem fachlichen Rat und Tat zur Seite stand und auf den wir selbst bei den größten Schneestürmen und den eisigsten Temperaturen zählen konnten. Vielen Dank für die Koordination der Fangmaschine und der Container, für die Kommunikation mit den Landwirten und dem Schlachthof und für die tatkräftige Unterstützung.

Ich danke der Firma CMC Calabria für das Modifizieren und Ausleihen der Fangmaschine und für die fachliche Hilfe bei diesem Projekt.

Ein weiterer Dank geht an Dr. Paul Schmidt, für seine unermüdliche Beantwortung aller Fragen und Unklarheiten und das Umsetzen all meiner Wünsche bei der

statistischen Auswertung der Daten.

Vielen Dank auch an all die anderen lieben Menschen und Tiere, die mir während dieser Zeit zur Seite standen, die meine Launen ertrugen und mich auf viele verschiedene Arten und Weisen unterstützten und stärkten.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung. Vielen Dank hierfür insbesondere an Frau Thiele.