Open Access

Berl Münch Tierärztl Wochenschr 126, 181–188 (2013)
DOI 10.2376/0005-9366-126-181

© 2013 Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG
ISSN 0005-9366

Korrespondenzadresse:
michael.erhard@lmu.de
s.bergmann@lmu.de

Eingegangen: 05.09.2012
Angenommen: 27.12.2012

Online first: 22.04.2013
http://vetline.de/zeitschriften/bmtw/open_access.htm

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung, Veterinärwissenschaftliches Department, Ludwig-Maximilians-Universität München[1]
Klinik für Vögel und Reptilien, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig[2]
Statistisches Beratungslabor, Institut für Statistik, Ludwig-Maximilians-Universität München[3]

Auswirkungen des Stallklimas auf die Fußballengesundheit von Mastputen der Herkunft B.U.T. 6 in der Aufzuchtphase

Climate parameters and the influence on the foot pad health status of fattening turkeys B.U.T. 6 during the early rearing phase

Nina Ziegler[1], Shana Bergmann[1], Jens Hübel[2], Thomas Bartels[2], Christoph Schumacher[2], Andreas Bender[3], Giuseppe Casalicchio[3], Helmut Küchenhoff[3], Maria-Elisabeth Krautwald-Junghanns[2], Michael Erhard[1]

Zusammenfassung

Das Stallklima ist insbesondere in den ersten Lebenswochen von entscheidender Bedeutung für eine erfolgreiche Aufzucht und die anschließende Mast. In der vorliegenden Feldstudie wurden ausgewählte stallklimatische Parameter im Zusammenhang mit dem Gesundheitsstatus der Fußballen von 2681 Mastputen aus zwölf Betrieben während der Aufzuchtphase untersucht. Neben umfangreichen Datenerhebungen zur Tierhaltung und dem Management erfolgte in der Regel eine Untersuchung der Fußballen von je 60 Tieren am 3.–5. Lebenstag (LT) sowie kurz vor Umstallung in die Mastställe am 22.–35. LT. Zur Beurteilung der Fußballen wurde ein fünfstufiges Schema verwendet (von Kategorie 0 = keine Veränderung bis Kategorie 4 = tiefe Läsion). Es wurden ausschließlich schnabelbehandelte Puten beiderlei Geschlechts der Herkunft Britisch United Turkeys (B.U.T.) 6 untersucht. In den zwölf Betrieben wurden die Temperatur und Luftfeuchte im Stall kontinuierlich aufgezeichnet sowie Ammoniak- und Gesamtstaubmessungen jeweils an den Untersuchungstagen durchgeführt. Bei der Beurteilung der Fußballen zeigten sich erste Veränderungen schon am 3.–5. LT. Zum Zeitpunkt der Umstallung wiesen bereits 55,6 % der Tiere hochgradige Hyperkeratosen mit fest anhaftenden Schmutzanteilen oder Epithelnekrosen auf. Die stallklimatischen Untersuchungen zeigten starke Unterschiede der Betriebe hinsichtlich Stalltemperatur, Luftfeuchte und Ammoniakkonzentration. Die Auswertung mittels Fisher's Exact Test indizierte einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Fußballengesundheit und der Starttemperatur ($p < 0{,}001$), der Temperatur eine Woche vor der Umstallung ($p = 0{,}004$), der Luftfeuchte ($p < 0{,}001$) sowie dem Ammoniakgehalt der Stallluft ($p < 0{,}001$).

Schlüsselwörter: Mastputen, Aufzucht, Stallklima, Pododermatitis, Ammoniak

Summary

The climate in the stables during the turkeys' first weeks of life is a crucial factor for a successful rearing and the following fattening period. The present study has examined the influence of climate parameters on the foot pad health status of 2681 fattened turkeys from twelve farms during the early rearing phase. In addition to wide-ranging collections of data concerning livestock husbandry and management an examination of the foot pads of 60 animals has been carried out respectively on day 3–5, as well as on day 22–35, shortly before relocation into another stable. For assessing the foot pads a scheme of five categories has been used (ranging from category 0 = no alteration to category 4 = deep lesion). Solely beak trimmed turkeys of the British United Turkeys (BUT) 6 strain, male and female, were examined. In twelve farms air temperature and humidity have been recorded continuously, ammonia and dust concentration were registered on each day of the examination. When assessing the foot pads, the first alterations could already be noted at the age of 3–5 days. On the second period of examina-

U.S. Copyright Clearance Center Code Statement:
0005-9366/2013/12605-181 $ 15.00/0

tion 55.6 % of the turkeys showed category 2 or category 3. Examinations of the climate parameters showed strong differences concerning temperature, humidity and ammonia concentration among all farms. Using the Fisher's Exact Test, significant dependency of foot pad health on starting temperature ($p < 0{,}001$), on temperature measured one week before the second examination ($p = 0{,}004$), on humidity ($p < 0{,}001$), and on air ammonia concentration ($p < 0{,}001$) could be indicated.

Keywords: fattened turkey, rearing, climate control, foot pad dermatitis, ammonia

Einleitung

Die Aufzuchtphase ist eine sehr sensible Phase in der Putenhaltung. Sie setzt den Grundstein für gesunde Tiere und damit für eine erfolgreiche Mast. Eine der Voraussetzungen für eine gelungene Aufzucht sind optimale Stallklimaverhältnisse (Berk, 2002). Bei einem suboptimal geregelten Stallklima kann es zu einer Vielzahl von Erkrankungen kommen. Neben respiratorischen Erkrankungen können vermehrt Durchfallerscheinungen und damit verminderte Gewichtszunahmen sowie Erkrankungen des Herzkreislaufsystems auftreten (Moorgut Kartzfehn, 2009). Pododermatitiden, auch FPD (foot pad dermatitis) genannt, gehören zu den Kontaktdermatitiden und betreffen die Haut der Metatarsal- und Digitalballen (Greene et al., 1985). Sie sind eine weit verbreitete Erkrankung bei Mastputen (Mayne, 2005; Krautwald-Junghanns et al., 2009, 2011). Pododermatitiden können schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt, bereits in den ersten Lebenswochen, auftreten (Mayne et al., 2006; Berk, 2009). Ihre Ätiologie ist multifaktoriell und noch nicht abschließend geklärt. Als Haupteinflussfaktoren werden vor allem die Einstreuqualität sowie die Substratfeuchtigkeit diskutiert (Greene et al., 1985; Mayne, 2005; Mayne et al., 2007a; Bilgili et al., 2009; Youssef et al., 2011a–c, 2012; Schumacher et al., 2012). Die Fußballen der Küken sind zu Anfang noch sehr weich und verletzlich. Daher ist auch im Hinblick auf die Fußgesundheit die Aufzuchtphase entscheidend für die Ausprägung späterer Läsionen (Berk, 2007). Da das Stallklima einen entscheidenden Einfluss auf die Tiergesundheit hat und dem Landwirt für die Messung der stallklimatischen Parameter, im Gegensatz zur Substratfeuchte, kostengünstige sowie praxistaugliche Geräte zur Verfügung stehen, wurde in der vorliegenden Feldstudie das Stallklima im Hinblick auf die Prävalenzen und Schweregrade der Ballenveränderungen während der Aufzuchtphase in zwölf Betrieben untersucht.

Material und Methoden

Versuchsaufbau und Betriebe

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde in zwölf Putenhaltungsbetrieben die Prävalenz von Ballenveränderungen in Relation zu ausgewählten stallklimatischen Parametern eingehend untersucht. Die Standorte der untersuchten Betriebe befanden sich in Bayern (8), Baden-Württemberg (3) und Thüringen (1). Die Akquirierung der Betriebe erfolgte unter Berücksichtigung der in der Praxis üblichen Aufzuchtverfahren und Herdengrößen. Alle teilnehmenden Betriebe waren Haupterwerbsbetriebe mit konventioneller Putenaufzucht. Je Betrieb wurden in der Regel zwei Aufzuchtdurchgänge begleitet, in denen jeweils zwei Betriebsbesuche stattfanden. In zwei der zwölf Betriebe konnte betriebsbedingt je nur ein Durchgang begleitet werden. Der erste Besuch eines Durchganges wurde am dritten bis fünften Tag nach Einstallung (3.–5. LT) abgehalten. Der Tag der Einstallung wurde als Tag „Null" gesetzt, sodass alle Tiere bei der ersten Untersuchung mindestens zwei volle Tage im Stall verbracht haben, unabhängig vom Einstallungszeitpunkt. Der zweite Besuch fand in der vierten bis fünften Lebenswoche (22.–35. LT) der Küken kurz vor der Umstallung in die Mastställe statt.

Haltungsbedingungen und Stallmanagement

Vor Beginn der Untersuchungen im Stall wurden zunächst Daten zum Betrieb, den Haltungsbedingungen und zum Stallmanagement erhoben. Hierzu diente ein speziell entworfener siebenseitiger Fragebogen, der gemeinsam mit den Betriebsleitern ausgefüllt wurde.

Tiere und Tierbeurteilung

Untersucht wurden insgesamt 2681 Puten (*Meleagris gallopavo* f. *dom.*) der schweren Herkunft Britisch United Turkeys (B.U.T) 6. Es wurden dabei Daten an 1481 Putenhähnen und 1200 Putenhennen erhoben. Alle Puten wurden bereits kurz nach dem Schlupf in der Brüterei einer thermischen Schnabelbehandlung mittels eines Poultry Service Processors (PSP, Fa. Nova-Tech, USA) unterzogen.

Für die Einzeltieruntersuchung wurden je Besuch in der Regel 60 Tiere ohne eine Vorauswahl zu treffen aus der Herde herausgegriffen. Am ersten Untersuchungstag (3.–5. LT) wurden bei Betrieben mit Ringaufzucht, in denen die Ringe noch nicht entfernt wurden, je drei Ringe zur Untersuchung ausgewählt. Bei der Ringauswahl wurde auf eine gleichmäßige Verteilung im Stall geachtet. Hierzu wurde ein Ring im vorderen Stallbereich, einer in der Mitte und einer im hinteren Stallbereich gewählt. Aus diesen drei Ringen wurden je 20 Küken separiert und adspektorisch sowie palpatorisch untersucht. In Betrieben mit ringfreier oder Großringaufzucht sowie am zweiten Untersuchungstag (22.–35. LT) wurden die Tiere nacheinander aus der Herde gegriffen. Um auch hier eine gute Verteilung im Stall zu erreichen, wurden 20 Tiere aus dem vorderen Stallbereich, 20 aus der Mitte und 20 Tiere aus dem hinteren Stallbereich entnommen. Zusätzlich wurden hierbei die untersuchten Tiere an den Fußsohlen farbig markiert, um Doppeluntersuchungen zu vermeiden. Tiere aus einem Krankenabteil wurden generell nicht in die Untersuchungen mit einbezogen.

Im Rahmen der Einzeltieruntersuchung galt das Hauptaugenmerk der Beurteilung der Fußballen. Vor der Beurteilung wurden die unter den gegebenen Praxisbedingungen zum Teil verschmutzten Putenfüße mithilfe von

handelsüblichen, weichen Nagelbürsten von lösbaren Kot- und Einstreuanhaftungen befreit. Die Beurteilung der Sohlenballen erfolgte, um den Stallbedingungen Rechnung zu tragen, in Anlehnung an das von Mayne (2005) und Hocking et al. (2008) entworfene System (vgl. Krautwald-Junghanns et al. 2009). Es wurden fünf Kategorien (0 = keine Veränderung, 1 = Hyperkeratose, 2 = hochgradige Hyperkeratose/ohne Substanzverlust nicht lösbare Substratanhaftungen, 3 = Epithelnekrose, 4 = tiefe Läsion) zur Beurteilung der Fußballen festgelegt (Tab. 1). Untersucht wurden sowohl der rechte als auch der linke Fuß. Wies ein Fuß mehrere Veränderungen unterschiedlicher Schweregrade gleichzeitig auf, so war stets die schwerwiegendere Veränderung ausschlaggebend für die Bewertung.

Stallklimatische Untersuchungen

Im Vorfeld der Messungen des Staub- und Ammoniakgehaltes der Stallluft wurde eine Stallskizze angefertigt und zwischen 24–54 (MW: 32,5) gleichmäßig im Stall verteilte Messpunkte in den verschiedenen Aktivitätsbereichen wie Futter-, Tränke- und Ruhebereich festgelegt, an denen der Ammoniakgehalt der Stallluft sowie der Staubgehalt bestimmt wurden. Gemessen wurde jeweils in Kopfhöhe der Tiere. Die Messungen erfolgten an den beiden Untersuchungstagen vor der Einzeltierbeurteilung und spiegeln insgesamt eine Momentaufnahme im Stall zum Untersuchungszeitpunkt wider.

TABELLE 1: *Beurteilungskriterien der Fußballengesundheit modifiziert nach Mayne (2005) und Hocking et al. (2008) zur Beurteilung am lebenden Tier unter Praxisbedingungen*

Kategorie	Definition
0	Keine Veränderungen, retikulate Schuppen noppenartig und radiär; symmetrisch angeordnet, die gesamte Fußungsfläche bedeckend
1	Hyperkeratose, retikulate Schuppen verlängert und/oder separiert, aber nicht gefärbt; Erhabenheit im Zentrum des metatarsalen Fußballens
2	Hochgradige Hyperkeratose, Anhaftungen nicht ohne Substanzverlust von Oberhautgewebe lösbar, bei Manipulation Blutungsneigung
3	Epithelnekrose, oberflächliche Läsionen, rötlich braune Verfärbung der retikulaten Schuppen, großflächige nekrotische Bereiche, Hautoberfläche noch geschlossen
4	Tiefe Läsion, großflächige Ablösung der Oberhaut, Kraterbildung

TABELLE 2: *Prozentuale Anteile der Fußballenveränderungen (Kategorie 0–3) aller untersuchten Puten. Kategorie 4 trat nur bei fünf Tieren insgesamt auf und wurde daher nicht einzeln dargestellt, sondern mit der Kategorie 3 zusammengefasst. MW = Mittelwert; SD = Standard Deviation/Standardabweichung; SE = Standard Error/Standardfehler; LT = Lebenstag*

Füße gesamt	Kategorie	0 (%)	1 (%)	2 (%)	3 (%)
Untersuchung 1 3.–5. LT	MW	76,9	19,9	3,2	0,0
	Median	90,0	10,0	0,0	0,0
	SD	32,99	28,09	7,65	0,00
	SE	7,03	5,99	1,63	0,00
Untersuchung 2 22.–35. LT	MW	29,2	15,2	33,0	22,6
	Median	8,3	11,7	25,8	3,3
	SD	34,03	16,38	29,84	32,17
	SE	7,26	3,49	6,36	6,86

Ammoniakmessungen

Zur Bestimmung des Ammoniakgehaltes der Stallluft wurden zwei Gas-Messgeräte Pac III E/S mit dem DrägerSensor XS EC NH_3 der Firma Dräger (Dräger Safety AG & Co. KGaA, D) verwendet. Die Geräte bestimmten den Ammoniakgehalt der Umgebung in ppm. Der Messbereich der Geräte lag bei 0–200 ppm und die Messgenauigkeit wird vom Hersteller mit Abweichungen von ± 3 % des Messwertes angegeben. Der Nullpunkt lag bei ± 3 ppm.

Messungen des Gesamtstaubgehaltes im Stallbereich

Zur Bestimmung des Gesamtstaubgehaltes der Stallluft wurde ein Staubmessgerät (DustTrakTM Aerosol Monitor, Model 8520) der Firma TSI (TSI Incorporated, USA) verwendet, welches Durchschnitts-, Maximal- und Minimalwerte der gemessenen Gesamtstaubgehalte bestimmte. Um der Tierbewegung Rechnung zu tragen, wurde an jedem Messpunkt mindestens 30 Sekunden lang gemessen. Der Durchflussratenbereich des Gerätes lag bei 1,4–2,4 l/min und die Durchflussrate war auf 1,7 l/min eingestellt. Die messbare Partikelgröße betrug 10 µm oder größer und die Messgenauigkeit wird vom Hersteller mit ± 0,1 % des Messwertes oder ± 0,001 mg/m^3 angegeben.

Luftfeuchte und Temperatur im Stallbereich und Wetterdaten

Im Vorfeld der Bestandsbesuche wurde den Putenhaltern ein Thermologger (LogBox RHT) der Firma B+B (B+B Thermo-Technik GmbH, D) zugeschickt. Dieser wurde am Einstallungstag in der Stallmitte, meist an schon vorhandene Sensoren der Lüftungstechnik, aufgehängt und zeichnete stündlich über den Untersuchungszeitraum die Lufttemperatur (°C) und Luftfeuchte (%) im Stall auf. Die gespeicherten Daten wurden am PC ausgelesen und tabellarisch oder grafisch dargestellt. Hierfür war eine Infrarotschnittstelle zwischen Logger und PC sowie die Auswertungssoftware Logchart-II nötig.

Für die Untersuchungszeiträume der einzelnen Betriebe wurden zusätzlich die Klimadaten, bestehend aus Luftdruck (hPa), Windstärke (Bft), Luftfeuchte (%) und Lufttemperatur (°C) jeweils für 7:00, 13:00 und 19:00 Uhr sowie Tagesmittel-, Minimal- und Maximalwert der Lufttemperatur (°C), aus nahegelegenen Klimastationen über den Deutschen Wetterdienst angefordert.

Statistische Auswertung

Eine deskriptive Erfassung der Ergebnisse wurde unter Zuhilfenahme der Computer-Software Microsoft Excel (Fa. Microsoft Corporation, USA) durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte über das Statistische Beratungslabor der Ludwig-Maximilians-Universität München mittels R Version 2.15.1. (R Core Team, 2012). Für die Darstellung der stallklimatischen Untersuchungen wurden Mosaikplots und Streudiagramme verwendet. Bei den Mosaikplots erfolgte eine Binärisierung der metrischen Variablen. Zur Überprüfung auf Unabhängigkeit wurde der univariate Fisher's Exact Test gerechnet. Ein Zusammenhang wurde bei $p \leq 0{,}05$ als signifikant erachtet. Der Vergleich der Ballenveränderungen von rechtem und linkem Fuß ergaben insgesamt fast gleiche Ranghäufigkeiten (Korrelation nach Kendall $r = 0{,}799$ und nach Spearman $r = 0{,}835$). Daher wurden in den folgenden Auswertungen stets die Ergebnisse des rechten Fußes herangezogen.

Ergebnisse

Fußballenveränderungen

Bei der Beurteilung der Fußballen zeigten am 3.–5. LT insgesamt 76,9 % (± SE 7,03 %) der untersuchten Puten keine Veränderungen der Sohlenballen. Bei 19,9 % (± SE 5,99 %) aller untersuchten Tiere wurden am 3.–5. LT Hyperkeratosen diagnostiziert. Hochgradige Hyperkeratosen mit nicht ohne Substanzverlust lösbaren Schmutz- bzw. Substratanhaftungen fanden sich bei 3,2 % (± SE 1,63 %) der Tiere (Tab. 2).

Bei der Beurteilung der Fußballen am 22.–35. LT wiesen 29,2 % (± SE 7,26 %) aller untersuchten Puten keine Veränderungen der Fußballen auf. Hyperkeratosen wurden bei 15,2 % (± SE 3,49 %) und hochgradige Hyperkeratosen mit nicht lösbaren Anhaftungen bei 33,0 % (± SE 6,36 %) der Puten festgestellt. Epithelnekrosen wurden bei 22,6 % (± SE 6,86 %) und tiefe Läsionen der Ballenhaut bei 0,2 % der Tiere diagnostiziert (Tab. 2).

Die Fußballengesundheit verschlechterte sich folglich mit dem Alter der Tiere.

Ammoniakkonzentrationen der Stallluft

Es wurden insgesamt 44 Ammoniakmessungen in zwölf Betrieben durchgeführt (betriebsbedingt konnte in zwei Betrieben nur je ein Durchgang untersucht werden). Die Ammoniakkonzentrationen der Stallluft waren in allen untersuchten Betrieben zum ersten Untersuchungszeitpunkt am 3.–5. LT als sehr gering anzusehen. Unter den Betrieben schwankten zu diesem Zeitpunkt die durchschnittlichen Ammoniakkonzentrationen zwischen 0,0 ppm und maximal 1,40 ppm. Am 22.–35. LT zeigten sich dagegen hinsichtlich des Ammoniakgehaltes der Stallluft erhebliche Unterschiede zwischen den Betrieben (Tab. 3A, B). Die gemessenen Durchschnittswerte variierten zwischen 0,0 ppm und maximal 63,43 ppm. Insgesamt lagen von den 44 durchgeführten Ammoniakmessungen vier Durchschnittswerte in vier verschiedenen Betrieben über dem Richtwert von 20 ppm, der nicht über einen längeren Zeitraum überschritten werden sollte (Bundeseinheitliche Eckwerte, 1999). Die Messbereiche (Ruhe-, Futter-, Tränkebereich) unterschieden sich nicht hinsichtlich der gemessenen Ammoniakkonzentration.

Dagegen bestand ein statistisch feststellbarer Zusammenhang ($p < 0{,}001$) zwischen dem Ammoniakgehalt der Stallluft und der Fußballengesundheit (Abb. 1). Lag der Ammoniakgehalt über dem Gesamtdurchschnitt (MW 3.–5. LT: 0,4 ppm; MW 22.–35. LT: 12,4 ppm), so waren die Fußballenbefunde signifikant schlechter. Dieser Effekt konnte sowohl für den ersten (3.–5. LT) als auch für den zweiten Untersuchungszeitpunkt (22.–35. LT) mittels Fisher's Exact Test nachgewiesen werden.

Staubgehalt der Stallluft

Von den 44 durchgeführten Staubmessungen lagen alle gemessenen Gesamtstaubkonzentrationen (Tab. 3A, B) deutlich unter der Empfehlung nach Wathes (1994) von 3,4 mg/m³ sowie unter der Maximalen Arbeitsplatzkonzentration MAK von 4,0 mg/m³ für einatembaren Staub (DFG, 2012). Die höchsten Staubkonzentrationen von 1,17 mg/m³ am 3.–5. LT und 1,16 mg /m³ am 22.–35. LT wurden in dem einzigen Betrieb mit Dinkelspelzen als Einstreumaterial

TABELLE 3A: *Ammoniak- (NH_3; ppm) und Gesamtstaubgehalte (mg/m³) der Stallluft der zwölf teilnehmenden Betriebe am 3.–5. LT. D.Nr. = Durchgangsnummer; NH_3 = Ammoniak; MW = Mittelwert; SD = Standard Deviation/Standardabweichung; SE = Standard Error/Standardfehler*

Betrieb	D.Nr.	NH_3-MW	NH_3-SD	NH_3-SE	Staub-MW	Staub-SD	Staub-SE	Einstreu	Datum
1	1	0,10	0,31	0,06	0,08	0,09	0,02	Hobelspäne	03.07.2010
	2	1,18	1,98	0,30	0,24	0,09	0,01		04.10.2010
2	1	0,00	0,00	0,00	0,08	0,05	0,01	Hobelspäne	30.07.2010
	2	0,14	0,46	0,06	0,34	0,15	0,02		06.12.2010
7	1	0,28	0,98	0,16	0,71	0,59	0,10	Hobelspäne	15.10.2010
	2	0,15	0,48	0,08	0,67	0,12	0,02		13.02.2011
9	1	0,00	0,00	0,00	0,13	0,08	0,01	Hobelspäne	03.06.2011
	2	0,17	0,69	0,13	0,34	0,07	0,01		18.11.2011
15	1	0,50	1,26	0,24	0,25	0,05	0,01	Hobelspäne	05.02.2011
	2	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,01		15.12.2011
18	1	0,00	0,00	0,00	0,06	0,03	0,01	Hobelspäne	11.06.2011
	2	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00		10.09.2011
19	1	0,48	1,02	0,19	0,20	0,07	0,01	Stroh	14.06.2011
20	1	0,00	0,00	0,00	0,74	0,28	0,05	Dinkelspelzen/ Hobelspäne	20.06.2011
	2	0,00	0,00	0,00	1,17	0,35	0,06		16.09.2011
21	1	0,22	0,66	0,12	0,07	0,03	0,01	Hobelspäne	27.06.2011
	2	1,40	1,38	0,28	0,26	0,14	0,03		21.10.2011
22	1	0,20	0,57	0,10	1,04	1,24	0,23	Hobelspäne	16.07.2011
	2	0,67	1,25	0,23	0,41	0,19	0,03		14.11.2011
23	1	1,05	2,37	0,41	0,59	0,09	0,02	Hobelspäne	18.07.2011
	2	0,47	1,82	0,32	0,91	0,44	0,08		21.11.2011
24	1	0,58	1,92	0,33	0,30	0,06	0,01	Hobelspäne	17.10.2011
Insgesamt		0,35	0,78	0,14	0,39	0,20	0,03		

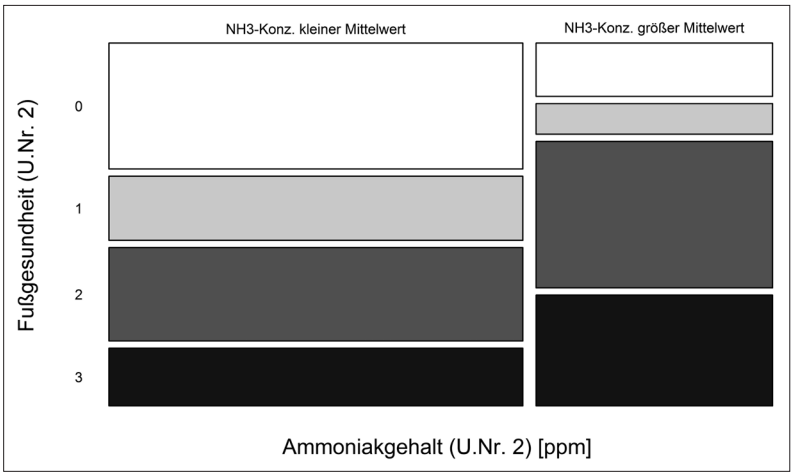

ABBILDUNG 1: *Fußballengesundheit (0 = ohne Befund, 1 = Hyperkeratose, 2 = nicht lösbare Anhaftung, 3 = Epithelnekrose) in Abhängigkeit von der Ammoniakkonzentration zum Untersuchungszeitpunkt zwei (22.–35. LT). Lag die durchschnittliche Ammoniakkonzentration unter dem Gesamtdurchschnitt (MW: 12,4 ppm), waren die Fußballenbefunde signifikant ($p < 0{,}001$) besser. NH_3-Konz. = Ammoniakkonzentration.*

und der geringsten Luftfeuchte gemessen. Die Auswertungen zeigten keinen nachweisbaren Zusammenhang zwischen der Haltungsdauer (= Alter der Tiere), den Messbereichen (Ruhe-, Tränke-, Futterbereich), dem Untersuchungszeitpunkt oder dem Durchgang und der Gesamtstaubkonzentration.

Die durchschnittlichen Staubwerte im Bereich der Kükenringe (0,2 mg/m³) waren dagegen tendenziell geringer als bei ringfreier Aufzucht (0,4 mg/m³).

TABELLE 3B: *Ammoniak- (NH_3; ppm) und Gesamtstaubgehalte (mg/m³) der Stallluft der zwölf teilnehmenden Betriebe am 22.–35. LT. D.Nr. = Durchgangsnummer; NH_3 = Ammoniak; MW = Mittelwert; SD = Standard Deviation/Standardabweichung; SE = Standard Error/Standardfehler*

Betrieb	D.Nr.	NH_3-MW	NH_3-SD	NH_3-SE	Staub-MW	Staub-SD	Staub-SE	Einstreu	Datum
1	1	1,95	1,50	0,27	0,09	0,09	0,02	Hobelspäne/Stroh	23.07.2010
	2	21,37	7,09	1,29	0,26	0,10	0,02		02.11.2010
2	1	11,38	2,12	0,34	0,40	0,14	0,02	Hobelspäne	30.08.2010
	2	27,06	5,70	0,90	0,68	0,17	0,03		03.01.2011
7	1	3,37	1,97	0,36	0,55	0,20	0,04	Hobelspäne/Stroh	15.11.2010
	2	3,62	1,96	0,36	0,43	0,15	0,03		14.03.2011
9	1	10,35	2,93	0,53	0,61	0,13	0,02	Hobelspäne	01.07.2011
	2	63,43	8,31	1,52	0,11	0,03	0,01		16.12.2011
15	1	6,48	2,44	0,44	0,46	0,12	0,02	Hobelspäne	09.03.2011
	2	14,13	2,40	0,46	0,25	0,18	0,03		13.01.2012
18	1	6,76	2,45	0,47	0,08	0,08	0,02	Hobelspäne	12.07.2011
	2	6,06	1,61	0,31	0,22	0,12	0,02		11.10.2011
19	1	12,75	4,10	0,75	0,07	0,04	0,01	Kurzstroh	14.07.2011
20	1	11,15	2,88	0,55	0,36	0,12	0,02	Dinkelspelzen/Hobelspäne	21.07.2011
	2	3,26	2,17	0,35	1,16	0,39	0,07		14.10.2011
21	1	18,23	1,78	0,32	0,57	0,13	0,02	Hobelspäne/Stroh	27.07.2011
	2	14,52	3,37	0,62	0,30	0,05	0,01		16.11.2011
22	1	0,00	0,00	0,00	0,41	0,14	0,03	Hobelspäne	11.08.2011
	2	6,93	2,26	0,43	0,31	0,10	0,02		09.12.2011
23	1	4,18	0,71	0,13	0,15	0,04	0,01	Hobelspäne/Stroh	09.08.2011
	2	1,20	1,95	0,36	0,53	0,13	0,02		14.12.2011
24	1	24,38	6,44	1,20	0,53	0,25	0,05	Hobelspäne	11.11.2011
Insgesamt		12,39	3,01	0,54	0,39	0,13	0,02		

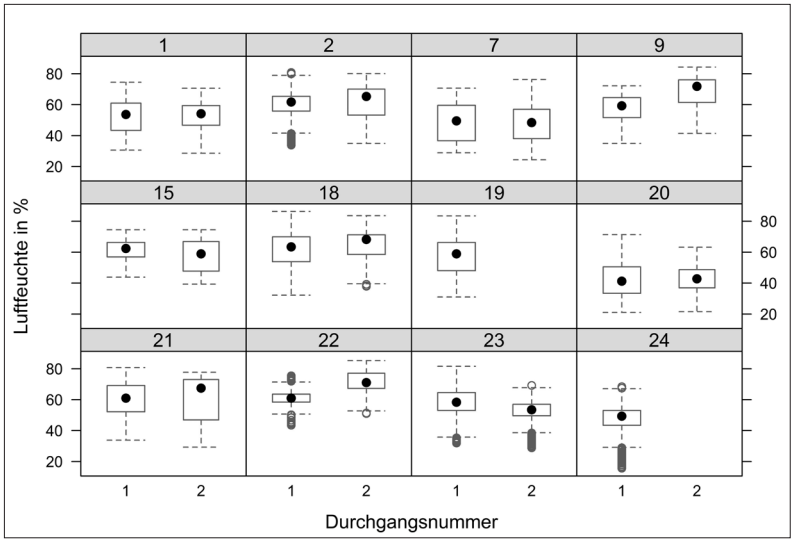

ABBILDUNG 2: *Relative Luftfeuchte der zwölf Betriebe in Durchgang 1 und 2. Die Betriebe unterschieden sich hinsichtlich der Luftfeuchte deutlich. In Betrieb 19 und 24 konnte aus betriebstechnischen Gründen nur ein Durchgang untersucht werden.*

Temperatur- und Luftfeuchte im Stall

Die Temperatur und Luftfeuchte wurden mittels Datenlogger über durchschnittlich 30 Tage pro Durchgang in 22 Durchgängen erfasst. Die durchschnittlichen Stallluft temperaturen unterlagen zum Teil starken Tagesschwankungen und unterschieden sich hinsichtlich der verschiedenen Betriebe deutlich (Tab. 4). In Betrieben mit Ringaufzucht variierten die ermittelten Durchschnittstemperaturen zwischen 21,5 °C und 27,3 °C. In Betrieben mit ringfreier Aufzucht variierten die Durchschnittstemperaturen zwischen 25,8 °C und maximal 31,2 °C.

Wie die Temperatur unterlag auch die Luftfeuchte im Stall während der Aufzuchtphase starken Tagesschwankungen. Die Betriebe unterschieden sich bezüglich der Luftfeuchtewerte deutlich (MW: 56,89 %; SD: 12,47; ± SE 0,10). Die Durchschnittswerte der relativen Luftfeuchte der einzelnen Durchgänge lagen zwischen 42,1 % und 71,9 %. Insgesamt unterschritten fünf der 22 Durchschnittswerte die empfohlene relative Luftfeuchte von 50–80 % (Moorgut Kartzfehn, 2005).

Mittels Fisher's Exact Test wurde der Einfluss der Starttemperatur (= Durchschnittswert der ersten drei Tage), der mittleren Siebentagestemperatur vor Untersuchung am 22.–35. LT, sowie der Luftfeuchte auf die Fußballengesundheit untersucht. Es zeigte sich für die Starttemperatur ($p < 0{,}001$) und die Siebentagestemperatur ($p = 0{,}004$) ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Fußballengesundheit und der Temperatur (Abb. 3).

Für die Luftfeuchte konnte ein signifikant negativer Zusammenhang ($p < 0{,}001$) nachgewiesen werden. Je höher die Temperatur und je niedriger die Luftfeuchte, desto besser stellte sich der Gesundheitsstatus der Fußballen dar.

Außentemperatur

Für die durchschnittlichen Außentemperaturen (= Jahreszeit) eine Woche vor der zweiten Untersuchung indizierte der Fisher's Exact Test einen signifikanten Einfluss ($p < 0{,}001$) auf die Fußballengesundheit. Lag die Außentemperatur über dem Gesamtdurchschnitt (MW: 10,4 °C), so war der Gesundheitsstatus der Fußballen signifikant besser.

Eine Korrelation zwischen der Außentemperatur und der Ammoniakkonzentration im Stall konnte nicht nachgewiesen werden ($p > 0{,}05$).

Diskussion

In der vorliegenden Studie nahmen wie in vorangegangenen Studien (Berk, 2009; Mayne et al., 2007b; Krautwald-Junghanns et al.,

2011) die Prävalenz und der Schweregrad der Fußballenveränderungen altersabhängig zu. Schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt, am dritten bis fünften Tag nach Einstallung, konnten Fußballenveränderungen festgestellt werden. 19,9 % (± SE 7,03 %) der Putenküken wiesen zum ersten Untersuchungszeitpunkt Hyperkeratosen auf. Ähnliche Befunde wurden in früheren Studien erhoben. In der Studie von Berk (2009) wurden bei Putenhennen in der zweiten Lebenswoche erste Veränderungen der Fußballen dokumentiert und Mayne et al. (2006) diagnostizierten erste Veränderungen an Fußballen von Puten bereits in der ersten Lebenswoche. Die Ergebnisse zeigen, dass Fußballenveränderungen nicht nur, wie in vorangegangenen Studien belegt (Hafez et al., 2004; Mayne, 2005; Berk, 2007; Krautwald-Junghanns et al., 2011), in der Mastphase, sondern bereits in den ersten Lebenswochen der Aufzuchtphase ein weitverbreitetes Problem darstellen können (Krautwald-Junghanns und Erhard, 2012; Bergmann et al., 2012; Hübel et al., 2012). In der vorliegenden Studie war lediglich ein Betrieb in einem Durchgang (von 22 Durchgängen in zwölf Betrieben) frei von Fußballenveränderungen, während in der vierten bis fünften Lebenswoche bereits 55,6 % aller untersuchten Tiere von hochgradigen Hyperkeratosen mit fest anhaftenden Substratanteilen oder von Epithelnekrosen betroffen waren.

Die Feststellung, dass mit steigender Ammoniakkonzentration die Fußballengesundheit abnimmt, deckt sich mit Ergebnissen der Studie von Nagaraj et al. (2007), wonach die Fußballengesundheit durch Reduzierung der Ammoniakfreisetzung mittels Zusatz von $NaHSO_4$ zur Einstreu zwar nicht statistisch signifikant ($p > 0,05$), aber um bis zu 10 % verbessert werden konnte. Hohe Substratfeuchtigkeiten werden als einer der Hauptfaktoren bei der Entstehung von Fußballenveränderungen angesehen (Greene et al., 1985; Martland, 1984, 1985; Mayne, 2005; Mayne et al., 2007b; Youssef et al., 2011a–c, 2012; Wu und Hocking, 2011; Schumacher et al., 2012). Die Ammoniakkonzentration der Stallluft ist ein guter Indikator für ein angemessenes Einstreu- und Lüftungs-Management. Die Ammoniakfreisetzung hängt maßgeblich von der Einstreufeuchtigkeit und dem Einstreu-pH-Wert ab (Reece et al., 1979; Elliot und Collins, 1982). Daher lassen sehr hohe Ammoniakwerte auf feuchte Einstreu und ungenügende Lüftung und/oder Heizung schließen, wobei auch andere Faktoren eine Rolle spielen können. Dies verhindert zusätzlich das Abtrocknen der Einstreu. Die erhobenen Ammoniakkonzentrationen variierten unter den Betrieben zum Teil stark. Der erhobene Durchschnittswert von 12,39 ppm am zweiten Untersuchungstag liegt über dem von Schneider et al. (2006) ermittelten Durchschnittswert von 6,93 ppm. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass in der vorliegenden Studie die Ammoniakmessungen nicht kontinuierlich erfolgten und daher nur eine Momentaufnahme der Situation im Stall darstellen, ohne die natürlichen Tagesschwankungen zu berücksichtigen, und dass eine einzige Messung mit 63,43 ppm den Durchschnittswert anhebt. Ohne diese Messung liegt der Durchschnitts-

TABELLE 4: *Stallluftemperaturen (°C) der zwölf teilnehmenden Betriebe nach Durchgängen gegliedert sowie Starttemperatur (Temp. Start = durchschnittliche Temperatur der ersten drei Tage) und Temperatur eine Woche vor der Umstallung (= 7-Tages Temp.). D.Nr. = Durchgangsnummer; MW = Mittelwert; SE = Standard Error/ Standardfehler; SD = Standard Deviation/Standardabweichung; Min = Minimum; Max = Maximum*

Betrieb	D.Nr.	MW	Median	SE	SD	Min	Quantile 25	Quantile 75	Max	Temp. Start	7- Tages-Temp.
1	1	27,1	26,6	0,12	2,53	21,9	25,2	28,7	34,0	29,8	25,7
	2	26,9	26,5	0,08	2,17	17,5	25,6	28,4	31,6	28,8	25,4
2	1	24,5	24,5	0,08	2,06	13,5	23,6	25,3	31,0	25,6	22,8
	2	23,2	23,2	0,06	1,59	18,9	21,9	24,3	26,9	23,0	21,8
7	1	26,2	25,8	0,13	3,57	19,6	23,3	28,7	34,0	30,2	21,8
	2	26,6	26,3	0,12	3,28	19,1	23,7	29,1	34,0	27,4	23,1
9	1	26,6	26,4	0,05	1,41	21,3	25,6	27,4	31,7	26,0	28,3
	2	24,4	24,3	0,06	1,56	18,9	23,4	25,4	29,3	26,4	25,5
15	1	25,7	26,3	0,11	3,19	17,1	23,5	28,1	32,1	30,4	22,3
	2	26,5	27,1	0,09	2,48	20,0	24,8	28,7	30,7	26,5	22,8
18	1	22,6	22,2	0,08	2,16	18,6	21,3	23,4	31,9	24,4	26,3
	2	21,5	21,2	0,08	2,12	17,6	20,3	22,4	30,3	23,2	23,4
19	1	27,7	27,4	0,10	2,85	19,8	26,2	29,4	33,5	27,1	26,1
20	1	31,2	31,0	0,13	3,73	22,6	28,2	34,6	38,4	28,6	29,2
	2	30,5	30,7	0,11	2,98	23,3	28,2	32,7	37,5	28,7	23,7
21	1	27,3	27,2	0,11	3,13	18,8	25,0	29,3	36,0	28,6	27,8
	2	24,1	24,0	0,10	2,68	16,9	22,4	25,6	33,0	28,7	24,9
22	1	27,9	27,7	0,09	2,46	21,4	26,4	29,2	33,1	29,6	26,0
	2	25,8	25,9	0,11	2,68	18,7	23,7	27,5	31,8	25,8	25,2
23	1	30,1	29,2	0,14	3,40	23,6	27,4	33,0	37,7	29,6	26,6
	2	30,9	30,6	0,17	4,13	14,5	27,2	34,5	38,0	28,9	25,0
24	1	31,0	30,1	0,10	2,67	26,5	28,9	32,6	38,0	35,9	25,8
Insgesamt		26,6	26,4	0,03	3,85	13,5	23,9	29,0	38,4	27,9	25,0

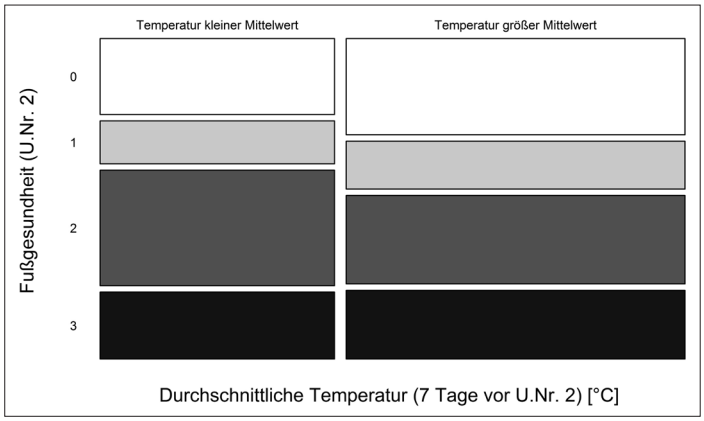

ABBILDUNG 3: *Fußballengesundheit (0 = ohne Befund, 1 = Hyperkeratose, 2 = nicht lösbare Anhaftung, 3 = Epithelnekrose) in Abhängigkeit der Stalltemperatur sieben Tage vor der zweiten Untersuchung (22.–35. LT). Lag die durchschnittliche Stalltemperatur (7-Tages-Temp.) über dem Gesamtdurchschnitt (25,0 °C), waren die Fußballenbefunde signifikant (p = 0,004) besser.*

wert bei 9,95 ppm. Die durchschnittlichen Gesamtstaubkonzentrationen der vorliegenden Studie variierten unter den Betrieben zwischen 0,07 und 1,16 mg/m^3 und spiegeln, wie die Ammoniakmessungen, eine Momentaufnahme zum Untersuchungszeitpunkt wider. Tagesrhythmische Schwankungen, wie bei Schütz (2008) dokumentiert, wurden daher nicht berücksichtigt. Alle gemessenen Gesamtstaubkonzentrationen lagen unter dem von Schütz erhobenen Durchschnittswert von 1,27 mg/m^3. Schneider et al. (2006) erhoben für Mastputen mittlere Staubkonzentrationen für einatembaren Staub von 0,59 mg/m^3 und von 2,13 mg/m^3 während der Arbeiten im Stall. In der vorliegenden Studie wurde ein Durchschnittswert von 0,39 mg/m^3 an beiden Untersuchungstagen erhoben.

In der vorliegenden Studie konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Stalltemperatur und der Fußballengesundheit (pTemp.Start < 0,001; p7-TagesTemp. = 0,004) sowie der Luftfeuchte und der Fußballengesundheit (p < 0,001) festgestellt werden. Je höher die Temperatur und je niedriger die Luftfeuchte, desto besser war der Gesundheitsstatus der Fußballen. Ähnliche Zusammenhänge fanden Weaver und Meijerhof in ihrer Studie aus dem Jahr 1991 an Masthühnern, wonach mit steigender Luftfeuchte nicht nur die Körpergewichte abnahmen, sondern die Einstreufeuchte, wie auch die Ammoniakkonzentration und die Fußballenveränderungen signifikant zunahmen. Ekstrand und Carpenter (1998) konnten eine starke Korrelation zwischen der relativen Luftfeuchte außen und im Stall sowie der Fußballengesundheit nachweisen. In den kalten Wintermonaten stieg die Prävalenz für Pododermatitiden mit der Luftfeuchte an. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Durch ein zur Senkung der Heizkosten herabgesetztes Lüftungsmanagement in den Wintermonaten kommt es zu einem Anstieg der Luftfeuchte im Stall. Die Einstreu kann nicht mehr abtrocknen und verklebt. Daher sind Pododermatitiden im Winter häufig ein größeres Problem als im Sommer (Greene et al., 1985; Mayne, 2005; Bilgili et al., 2010). Zu beachten gilt allerdings, dass der in der vorliegenden Auswertung herangezogene Fisher's Exact Test univariat ist und somit andere Variablen, die die Fußballengesundheit beeinflussen, wie zum Beispiel das Gewicht, nicht mit einbezieht.

Die Ergebnisse zeigen, dass auf der Grundlage von stallklimatischen Messungen, die auch vom Landwirt einfach durchgeführt werden können, Aussagen zur Wahrscheinlichkeit des Ausprägungsgrades und der Häufigkeit von Fußballenveränderungen bei Mastputen möglich sind. Folglich kann durch ein effektives Klimamanagement die Fußballengesundheit positiv beeinflusst werden.

Danksagung

Der Dank der Autoren gilt den BetriebsleiterInnen aller teilnehmenden Betriebe für die bereitwillige Unterstützung der Forschungsarbeit.

Die vorliegende Studie ist ein Teilprojekt mit zwölf von 24 Betrieben und wurde im Rahmen des BLE-Projekts „Indikatoren einer tiergerechten Mastputenhaltung in der Aufzuchtphase“ erstellt. Die Förderung des Vorhabens erfolgte zum Teil aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE); Fkz. 2810HS007.

Conflict of interest: Die Autoren erklären, dass keine finanziellen, beruflichen oder persönlichen Interessen bestehen, welche die im Text dargestellten Inhalte beeinflusst haben.

Literatur

Bergmann S, Bartels T, Ziegler N, Hübel J, Truyen U, Krautwald-Junghanns M-E, Erhard MH (2012): Analysis of animal welfare indicators during the rearing of turkey poults in Germany. In: Hafez HM (ed.): Proceedings of the 9th International Symposium on Turkey Diseases Berlin, 21.–23. Juni 2012, Mensch und Buch Verlag, mbv Berlin, 52–53.

Berk J (2002): Artgerechte Mastputenhaltung. KTBL-Schrift 412, KTBL, Darmstadt.

Berk J (2007): Fußballendermatitis bei männlichen Broilern in Abhängigkeit von unterschiedlichen Einstreuarten. In: Landbauforsch Völkenrode 57(2): 171–178.

Berk J (2009): Effekte der Einstreuart auf Tiergesundheit und Tierleistung bei Putenhennen. In: Praxis trifft Forschung, Neues aus der ökologischen Tierhaltung, Rahmann G, Schumacher U (Hrsg.), vTI-Sonderheft 332, 23–29.

Bilgili SF, Hess JB, Blake JP, Macklin KS, Saenmahayak B, Sibley JL (2009): Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. J Appl Poult Res 18: 583–589.

Bilgili SF, Hess JB, Donald J, Fancher B (2010): Practical Considerations for reducing risk of pododermatitis. AviagenBrief September 2010: 1–8.

Bundeseinheitliche Eckwerte (1999): Bundeseinheitliche Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Jungmasthühnern (Broiler, Masthähnchen) und Mastputen (Stand 1999).

DFG (2012): Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (ed) (2012) Aerosole, in MAK- und BAT-Werte-Liste 2012: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Mitteilung 48, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. doi:. 10.1002/9783527666027.ch5.

Ekstrand C, Carpenter TE (1998): Temporal aspects of footpad dermatitis in Swedish broilers. Acta Vet Scand 39: 229–236.

Elliot HA, Collins NE (1982): Factors affecting ammonia release in broiler litter. Trans ASAE 25: 413–424.

Greene JA, McCracken RM, Evans RT (1985): A contact dermatitis of broilers- clinical and pathological findings. Avian Pathol 14: 23–38.

Hafez HM, Wäse K, Haase S, Hoffmann T, Simon O, Bergmann V (2004): Leg disorders in various lines of commercial turkeys with especial attention to pododermatitis. In: Hafez HM (ed.): Proceedings of the 5th International Symposium on Turkey Diseases Berlin. DVG-Service-GmbH, Giessen 2004, 11-18.

Hocking PM, Mayne RK, Else RW, French NA, Gatcliffe J (2008): Standard European footpad dermatitis scoring system for use in turkey processing plants. World's Poult Sci 64: 323–328.

Hübel J, Bartels T, Bergmann S, Mädl N, Truyen U, Erhard MH, Krautwald-Junghanns M-E (2012): Indikatoren einer tiergerechten Mastputenaufzucht – erste Ergebnisse einer Praxisstudie. In: Proceedings 6. Leipziger Tierärztekongress, (Leipziger Blaue Hefte), 19.–21. Januar 2012, 398–400.

Krautwald-Junghanns M-E, Ellerich R, Böhme J, Cramer K, DellaVolpe A, Mitterer-Istyagin H, Ludewig M, Fehlhaber K, Schuster E, Berk J, Aldehoff D, Fulhorst D, Kruse W, Dressel A, Noack U, Bartels T (2009): Erhebungen zur Haltung und Gesundheit bei Mastputen in Deutschland. Berl Münch Tierärztl Wochenschr 122: 271–283.

Krautwald-Junghanns M-E, Ellerich R, Mitterer-Istyagin H, Ludewig M, Fehlhaber K, Schuster E, Berk J, Petermann S, Bartels T (2011): Examinations on the prevalence of footpad lesions and breast skin lesions in Britisch United Turkeys Big 6 fattening turkeys in Germany. Part I: Prevalence of footpad lesions. Poult Sci 90: 555–560.

Krautwald-Junghanns M-E, Erhard MH (2012): Indikatoren einer tiergerechten Mastputenaufzucht. In: Proceedings 82. Fachgespräch über Geflügelkrankheiten (DVG Fachgruppe Geflügel und Deutsche Gruppe der WVPA), 3.–4. Mai 2012, in press.

Martland MF (1984): Wet litter as a cause of plantar pododermatitis, leading to foot ulceration and lameness in fattening turkeys. Avian Pathol 13: 241–252.

Martland MF (1985): Ulcerative dermatitis in broiler chickens: The effect of wet litter. Avian Pathol 14: 353–364.

Mayne RK (2005): A review of the aetiology and possible causative factors of foot pad dermatitis in growing turkeys and broilers. World's Poult Sci J 61: 256–267.

Mayne RK, Hocking PM, Else RW (2006): Foot pad dermatitis develops at an early age in commercial turkeys. Br Poult Sci 47: 36–42.

Mayne RK, Else RW, Hocking PM (2007a): High litter moisture alone is sufficient to cause foot pad dermatitis in growing turkeys. Br Poult Sci 48: 538–545.

Mayne RK, Else RW, Hocking PM (2007b): High dietary concentrations of biotin did not prevent foot pad dermatitis in growing turkeys and external scores were poor indicators of histopathological lesions. Br Poult Sci 48: 291–298.

Moorgut Kartzfehn (2005): Informationen zur Putenmast. Firmenbroschüre.

Moorgut Kartzfehn (2009): Informationen zur Putenmast. Firmenbroschüre.

Nagaraj M, Wilson CAP, Saenmahayak B, Hess JB, Bilgili SF (2007): Efficacy of a litter amendment to reduce pododermatitis in broiler chickens. J Appl Poult Res 16: 255–261.

R Core Team (2012): R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-projekt.org/.

Reece FN, Bates BJ, Lott BD (1979): Ammonia control in broiler houses. Poult Sci 58: 754–755.

Schneider F, Eichelser R, Neser S (2006): Emissionen aus frei gelüfteten Ställen – Entwicklung von Messmethoden und Ergebnisse der Feldmessungen. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft- artgerechte, umweltverträgliche und wettbewerbsfähige Tierhaltungsverfahren, Band 15, 145–157.

Schumacher C, Krautwald-Junghanns M-E, Hübel J, Bergmann S, Mädl N, Erhard MH, Berk J, Pees M, Truyen U, Bartels T (2012): Einfluss der Einstreufeuchte im Futter- und Tränkebereich auf die Fußballengesundheit von Mastputen in der Aufzuchtphase. Berl Münch Tierärztl Wochenschr 125: 379–385.

Schütz A (2008): Feinstaub in Putenmastställen – Prüfung und Bewertung eines Messsystems unter Berücksichtigung umwelthygienischer und umweltrechtlicher Aspekte. Trier, U, Fachbereich VI Geographie/Geowissenschaften, Diss.

Wathes CM (1994): Air and surface hygiene. In: Wathes CM, Charles DR, Livestock Housing, Wallingford, CAB International, 123–148.

Weaver WD Jr, Meijerhof R (1991): The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens. Poult Sci 70: 746–755.

Wu K, Hocking PM (2011): Turkeys are equally susceptible to foot pad dermatitis from 1 to 10 weeks of age and foot pad scores were minimized when litter moisture was less than 30 %. Poult Sci 86: 1625–1632.

Youssef IMI, Beineke A, Rohn K, Kamphues J (2011a): Effects of litter quality (moisture, ammonia, uric acid) on development and severity of foot pad dermatitis in growing turkeys. J Avian Dis 55: 51–58.

Youssef IMI, Beineke A, Rohn K, Kamphues J (2011b): Effects of macrominerals-surplus in the diet and high litter moisture on development and severity of foot pad dermatitis in growing turkeys. Arch Geflügelk 75: 253–263.

Youssef IMI, Beineke A, Rohn K, Kamphues J (2011c): Effects of high dietary levels of soybean meal and its constituents (potassium, oligosaccharides) on foot pad dermatitis in growing turkeys housed on dry and wet litter. Arch Anim Nutr 65: 148–162.

Youssef IMI, Beineke A, Rohn K, Kamphues J (2012): Influences of increased levels of biotin, zinc, or mannan-oligosaccharides in the diet on foot pad dermatitis in growing turkeys housed on dry and wet litter. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) 96: 747–761.

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. Dr. Michael H. Erhard
Dr. Shana Bergmann
Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung Veterinärwissenschaftliches Department
Ludwig-Maximilians Universität München
Veterinärstr. 13/R
80539 München
michael.erhard@lmu.de
s.bergmann@lmu.de