

Untersuchungen zur Schalenfestigkeit und Knochenstabilität von Legehennen in drei verschiedenen Haltungssystemen

Dipl.-Biol. Marcel Leyendecker, Dr. Henning Hamann, Prof. Dr. Jörg Hartung, PD Dr. Gerhard Glünder, Dr. Monika Nogosseck, Prof. Dr. Ulrich Neumann, Dr. Christian Sürrie, Prof. Dr. Josef Kamphues und Prof. Dr. Ottmar Distl (Hannover)

Einleitung

Die herkömmliche Käfighaltung soll nach der neuen Legehennenverordnung der EU-Kommission vom 19.07.1999 bis zum Januar 2012 abgeschafft werden. In Deutschland wird diese Haltungssysteme bereits Ende 2006 verboten. Die Legehennen dürfen dann auch nicht in ausgestalteten Käfigen gehalten werden. Das Verbot der ausgestalteten Käfige ist jedoch nicht ausreichend wissenschaftlich begründet, weil praktische Erfahrungen mit dem neuen Käfigtyp nur vereinzelt vorliegen (APPLEBY, 1993; ABRAHAMSSON und TAUSON, 1993). Neue Entwicklungen in den ausgestalteten Käfigen, wie sie die EU-Richtlinie vorsieht bleiben in der nationalen Verordnung unberücksichtigt. Da die eingeschränkten Bewegungsmöglichkeiten der Legehennen in der konventionellen Käfighaltung zu einer verminderten Knochenfestigkeit führen (u. a. LEYENDECKER et al., 2001), könnten ausgestaltete Käfige auch in dieser Hinsicht eventuell eine Verbesserung bringen. In Deutschland liegen jedoch bezüglich der Knochenfestigkeit der Hennen und der Schalenstabilität der Eier in den weiter entwickelten ausgestalteten Käfigen noch keine fundierten Aussagen vor.

Calcium wird für die Eischalenbildung aus dem Skelett mobilisiert. Bei sehr hoher Legeleistung kann der markhaltige Anteil der Knochen auch durch den Abbau der strukturellen Elemente demineralisiert werden, was die Festigkeit des Skelettes herabsetzt und zu Osteoporose führen kann. Osteoporose ist als Hauptursache für Knochenschwäche oder Knochenbrüche bei Legehennen anzusehen (RANDALL und DUFF, 1988). Jedoch könnte durch Osteoporose nicht nur die Festigkeit der Knochen, sondern auch die Qualität der Eischalen beeinflusst werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Festigkeit von Tibia- (Unterschenkelknochen) und Humerusknochen (Oberarmknochen) sowie die Schalenfestigkeit von Eiern einer braunen Legelinie (Lohmann Silver) geprüft und einem Vergleich zwischen konventionellen Käfigen, ausgestalteten Käfigen und Volierenhaltung unterzogen. Ein wesentliches Ziel dieser Untersuchung war es, herauszufinden, ob das jeweilige Haltungssystem, insbesondere die Haltung in ausgestalteten Käfigen, Einfluss auf die Knochenfestigkeit und die Eischalenstabilität der Hennen nimmt.

Material und Methoden

Haltungssysteme

Auf dem Lehr- u. Forschungsgut Ruthe der Tierärztlichen Hochschule Hannover war der Legehennenstall in drei voneinander getrennte Abteilungen unterteilt:

- *Konventionelle Käfige:* Dreietagige, doppelreihig angeordnete Käfigbatterie („Eurovent“ der Firma Big Dutchman). 4 Hennen teilten sich einen Käfig, jeder Henne standen 688 cm² zur Verfügung.
- *Ausgestaltete Käfige:* Dreietagige, doppelreihig angeordnete ausgestaltete Käfigbatterie („Aviplus“ der Fir-

ma Big Dutchman). Jeder Käfig war mit Sitzstangen, einem Krallenabriebstreifen, einem Einstreubad und einem Gruppennest ausgestattet. 10 Hennen teilten sich einen Käfig. Es standen jeder Henne 609 cm² begehbarer Käfig-, 150,8 cm² Nest- und 120 cm² Einstreubadfläche zur Verfügung.

- *Voliere:* Dreietagige Volierenanlage („Natura“ der Fa. Big Dutchman). Die Besatzdichte betrug 15,2 Tiere pro m² Stallbodenfläche. Die Hennen hatten ebenfalls täglichen Zugang zu einem überdachten Außenscharrraum (0,07 m² pro Henne) und hierüber zu einem bewachsenen Freilandauslauf (2,1 m² Grünfläche pro Henne).

Legelinie

Das verwendete Zuchtprodukt war die Legelinie Lohmann Silver (LS), wobei zwei unterschiedliche Genotypen (zwei Hennenlinien mit unterschiedlicher Position im Zuchtprogramm) zum Einsatz kamen. Die Aufzucht erfolgte in einem Stall mit Volierenhaltung bei einer Besatzdichte von 14 Tieren pro m². Die Einnistung der Junghennen erfolgte in der 18. Lebenswoche. In der Käfighaltung wurden 1541 LS-Hennen, in der ausgestalteten Käfighaltung 1560 Tiere und in der Volierenhaltung 2110 Hennen aufgestellt.

Fütterung und Management

Die Legehennen in den Haltungssystemen unterlagen identischen Fütterungsbedingungen und prophylaktischen Maßnahmen. Die Tierbetreuung erfolgte ebenfalls durch das gleiche Personal. Der gesamte Legezeitraum erstreckte sich von Ende April 2000 bis Mitte Juni 2001. Das Futter wurde als schrotförmiges Alleinfuttermittel über die gesamte Legeperiode ad libitum angeboten. Die Zusammensetzung des Futters, das die Hennen während der Legeperiode erhielten, entspricht der deklarierten Futtermittelzusammensetzung: 11,64 MJ ME/kg; 167,22 g Rohprotein/kg; 37,22 g Calcium/kg; 5,44 g Phosphor/kg; 2500 I.E. Vitamin D/kg (weitere Angaben in LEYENDECKER et al., 2001). Ab Anfang des 7. Legemonats wurden dem Legehennenfutter zusätzlich Muschelschalen beigemischt. Das Lichtprogramm in den jeweiligen Haltungssystemen ist der Tabelle 1 zu entnehmen. In den ausgestalteten Käfigen wurde das Einstreubad bis Ende August mit Sägemehl und anschließend mit groben Hobelspänen einmal wöchentlich gefüllt. Während der Legeperiode wurde das Sandbad 6 Stunden nach Beginn der täglichen Beleuchtungsphase geöffnet und bei Ende der Beleuchtungsphase wieder geschlossen. Das Impfprogramm bis zur Einnistung der Hennen umfasste Impfungen gegen Marek'sche Krankheit, Newcastle Disease (ND), Aviäre Infektiöse Bronchitis (AIB), Gumboro-Krankheit (Infektiöse Bursitis), Aviäre Encephalomyelitis, Infektiöse Laryngotracheitis, Egg-Drop-Syndrom 76 (EDS 76), Salmonellen und Kokzidiose. Während der Legeperiode wurden vier Impfungen (26.07.2000, 18.10.2000, 10.01.2001 und 03.04.01) gegen die Infektiöse Bronchitis und Newcastle Disease mit dem Impfstoff TAD IB/ND vac (Lohmann Animal Health GmbH & Co. KG) durchgeführt. Auf Grund des

Befalls der Legehennen mit der roten Vogelmilbe (*Dermanyssus gallinae*) wurden zwei Milbenbekämpfungsmaßnahmen mit jeweils zwei Nachbehandlungen (1. Milbenbekämpfungsmaßnahme im September 2000, 2. Milbenbekämpfungsmaßnahme im Februar 2001) mit einem carbamathaltigen Mittel durch ein Schädlingsbekämpfungsunternehmen durchgeführt.

Tabelle 1: Beleuchtungsdauer in Stunden und Beleuchtungsphase je Lebenswoche in den verschiedenen Haltungssystemen

Lebenswoche	Beleuchtungsdauer in Stunden		Beleuchtungsphase	
	Käfig/Aviplus	Voliere	Käfig/Aviplus	Voliere
18	10,5	10,5 + Tageslicht	7.30 -18.00 Uhr	10.30 - 21.00 Uhr
19	11,0	11 + Tageslicht	7.00 -18.00 Uhr	10.00 - 21.00 Uhr
20	11,5	11,5 + Tageslicht	6.30 -18.00 Uhr	10.00 - 21.30 Uhr
21	12,0	12 + Tageslicht	6.00 -18.00 Uhr	9.30 - 21.30 Uhr
22	12,5	12,5 + Tageslicht	5.00 -18.00 Uhr	9.00 - 21.30 Uhr
23	13,5	13,5 + Tageslicht	4.30 -18.00 Uhr	8.00 - 21.30 Uhr
24	14,0	14 + Tageslicht	4.00 -18.00 Uhr	8.00 - 22.00 Uhr
25	14,5	14,5 + Tageslicht	3.30 -18.00 Uhr	7.30 - 22.00 Uhr
26	14,5	15 + Tageslicht	3.30 -18.00 Uhr	7.00 - 22.00 Uhr
27	14,5	15,5 + Tageslicht	3.30 -18.00 Uhr	6.30 - 22.00 Uhr
29 -	14,5	16 + Tageslicht	3.30 -18.00 Uhr	6.00 - 22.00 Uhr

Untersuchung der Knochenfestigkeit

Am Ende des 6. und 9. Legemonats wurden je 50 Hennen sowie am Ende der Legeperiode (14. Legemonat) je 100 Tiere aus jedem der drei Haltungssysteme zur Erfassung der Knochenfestigkeit entnommen. Jedes einzelne Tier wurde vor der Schlachtung mit einer Waage (Genauigkeit = 1g) gewogen. Sofort nach der Schlachtung wurde bei einer Hälfte der Hennen der linke Flügelknochen (Humerus) und der linke Schenkelknochen (Tibia) und bei der anderen Hälfte der Hennen der rechte Schenkelknochen und der rechte Flügelknochen herauspräpariert. Die Länge der Knochen wurde mit Hilfe einer Schublehre gemessen und das Gewicht der einzelnen Knochen mit einer Präzisionswaage (Genauigkeit = 0,1g) bestimmt. Danach wurden die Knochen mit Hilfe einer Drei-Punkte-Biegevorrichtung unter Verwendung der Materialprüfmaschine Typ „Zwicki-Z2,5/TNIS“ (Fa. Zwick-Roell, Ulm) gebrochen (Stützweite Tibia: 9 cm; Stützweite Humerus: 5 cm). Die Prüfgeschwindigkeit für alle Knochen betrug 80 mm/min. Die Bruchfestigkeit wurde als die Kraft in Newton definiert, die zum Bruch der Knochen aufgewendet werden musste.

Erfassung der Schalenstabilität

Ab der 21. Lebenswoche der Legehennen wurden in vierwöchigem Abstand Stichproben von 10 % und alle 12 Wochen Stichproben von 20 % der täglich insgesamt gelegten Eier pro Haltungssystem zur Untersuchung der Schalenstabilität entnommen. Die Untersuchung der Stichproben erfolgte über mindestens drei Erhebungstage. Folgende Merkmale wurden u. a. untersucht: Bruchfestigkeit der Eier, Schalendicke und Schalendichte. Im folgenden werden die einzelnen Messmethoden zur Erfassung der Schalenstabilität aufgeführt.

• **Bruchfestigkeit der Eier**

Zur Erfassung der Bruchfestigkeit der Eier wurde jeweils ein Ei zwischen zwei ebenen Druckplatten mit Hilfe eines Schaumstoffringes mit dem stumpfen Pol nach

unten platziert. Anschließend wurde unter Verwendung der Materialprüfmaschine Typ „Zwicki-Z2,5/TNIS“ (Fa. Zwick-Roell, Ulm) eine langsam ansteigende Druckkraft auf die beiden Eipole ausgeübt, bis die Eischale zwischen den Druckplatten zerbrach. Die Bruchfestigkeit der Eier wurde in Newton gemessen.

• **Eischalendicke**

Zur Bestimmung der Eischalendicke wurde nach Entfernen des Eiinhaltes eine Schalenprobe aus der Äquatorialzone des Eies entnommen, anschließend die Eihaut entfernt und das Stückchen Eischale in ein Mikrometer (QCT der Fa. TSS, York, U.K.) eingespannt. Die Messung erfolgte in µm.

• **Schalendichte**

Die Schalendichte wurde aus Eigewicht und Schalengewicht berechnet (QCT der Fa. TSS, York, U.K.) und in mg pro cm² angegeben. Die Berechnung der Schalendichte erfolgte nach der Formel: S/K x G^{2/3} [S : Schalengewicht, K: Konstante (4,67), G: Eigewicht].

Legeleistung

Nach den jeweiligen Haltungssystemen getrennt gelangten die Eier auf Förderbändern zu einer Sortiermaschine mit Förderkette, Wiegeeinrichtung und Sortierbahnen. Dort wurden die Eier nach Gewichtsklassen und äußeren Qualitätsmerkmalen (Knick-, Bruch- und Schmutzeieranteil) sortiert. Das Resultat der Sortierung und die Anzahl verlegter Eier wurden täglich protokolliert. Tabelle 2 enthält eine Übersicht über die Legeleistungsmerkmale nach Legemonat und Haltungssystem. Für jedes der drei Haltungssysteme stand ein Silo für das Legehennenalleinfutter zur Verfügung. Die in den Silos befindliche Futtermenge wurde täglich gewogen (Silos auf Wiegestäben), so dass auf Grund dieser Daten der tägliche Futteraufwand je Haltungssystem errechnet werden konnte.

Tabelle 2: Rohmittelwerte und deren Standardabweichungen nach Haltungssystemen für Merkmale der Legeleistung

Merkmal		Käfig		Aviplus		Voliere	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
6. Legemonat							
Legeleistung je DH*	%	90,4	<0,1	91,9	<0,1	89,4	<0,1
Eimasse je DH pro Tag	g	56,7	<0,1	57,3	<0,1	55,8	<0,1
Durchschnittliches Eigewicht	g	62,7	0,5	62,4	0,4	62,5	0,2
Futteraufnahme pro Tier/Tag	g	117,1	5,0	118,4	16,4	120,9	5,5
Knick- und Brucheier	%	2,0	<0,1	1,3	<0,1	1,5	<0,1
9. Legemonat							
Legeleistung je DH	%	86,4	<0,1	87,6	<0,1	87,1	<0,1
Eimasse je DH pro Tag	g	55,6	0,7	56,1	<0,1	55,4	<0,1
Durchschnittliches Eigewicht	g	64,4	0,3	64,0	0,4	63,6	0,2
Futteraufnahme pro Tier/Tag	g	113,9	4,2	115,4	4,4	119,0	8,5
Knick- und Brucheier	%	2,5	<0,1	1,7	<0,1	2,1	0,2
14. Legemonat							
Legeleistung je DH	%	73,6	<0,1	75,6	<0,1	74,4	<0,1
Eimasse je DH pro Tag	g	48,4	<0,1	49,4	<0,1	48,3	<0,1
Durchschnittliches Eigewicht	g	65,8	0,2	65,4	0,1	65,0	0,2
Futteraufnahme pro Tier/Tag	g	113,5	2,9	115,1	3,4	118,3	5,3
Knick- und Brucheier	%	5,3	<0,1	4,5	<0,1	7,2	<0,1
Legeperiode gesamt							
Legeleistung je DH	%	80,7	0,2	81,6	0,2	80,7	<0,1
Eimasse je DH pro Tag	g	50,5	<0,1	50,7	<0,1	49,9	0,7
Durchschnittliches Eigewicht	g	62,3	0,2	61,9	4,3	61,5	0,2
Futteraufnahme pro Tier/Tag	g	116,3	2,2	116,6	8,8	118,7	2,2
Knick- und Brucheier	%	3,5	<0,1	2,8	<0,1	3,0	<0,1

* DH = Durchschnittshenne

Statistische Methoden

Die Datenauswertung erfolgte mit dem Programmpaket SAS Version 8.2 (SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA, 2001). Die Leistungen der Hennen in den verschiedenen Haltungssystemen wurden mit dem unten aufgeführten Modell mit der SAS-Prozedur GLM durchgeführt. Die Ergebnisse der statistischen Tests gelten als signifikant, wenn die berechnete Irrtumswahrscheinlichkeit unter 0,05 liegt. Die Bruchfestigkeit der Knochen der Hennen aus den drei verschiedenen Haltungssystemen wurde mit dem nachfolgend aufgeführten univariaten linearen Modell analysiert:

$$Y_{ijkl} = \mu + SYS_i + TYP_j + MON_k + (SYS \times TYP)_{ij} + (SYS \times MON)_{ik} + (TYP \times MON)_{jk} + (SYS \times TYP \times MON)_{ijk} + e_{ijkl}$$

- Y_{ijkl} = beobachtete Kraft in Newton, mit welcher der jeweilige Knochen der ijkI-ten Henne gebrochen wurde (= Modellkonstante)
- SYS_i = Effekt des Haltungssystems i (i = 1, 2, 3)
- TYP_j = Effekt des Genotyps j (j = 1, 2)
- MON_k = Effekt des Legemonats k (k = 1, 2, 3)
- $(SYS \times TYP)_{ij}$ = Interaktion zwischen Haltungssystem und Genotyp
- $(SYS \times MON)_{ik}$ = Interaktion zwischen Haltungssystem und Legemonat
- $(TYP \times MON)_{jk}$ = Interaktion zwischen Genotyp und Legemonat
- $(SYS \times TYP \times MON)_{ijk}$ = Interaktion zwischen Haltungssystem, Genotyp und Legemonat
- e_{ijkl} = Restfehler

Zur Analyse der Schalenstabilität der Eier wurden die Effekte der Haltungssysteme und der Interaktion von Haltungssystem und Legemonat mittels eines univariaten linearen Modells berücksichtigt:

$$Y_{ijk} = \mu + SYS_i + MON_j + (SYS \times MON)_{ij} + e_{ijk}$$

- Y_{ijk} = beobachtetes Merkmal der Schalenstabilität (= Modellkonstante)
- SYS_i = Effekt des Haltungssystems i (i = 1, 2, 3)
- MON_j = Effekt des Legemonats j (k = 1, 2, 3)
- $(SYS \times MON)_{ij}$ = Interaktion zwischen Haltungssystem und Legemonat
- e_{ijk} = Restfehler

Ergebnisse

Die mittleren Abweichungsquadrate (MSR) und die Ergebnisse der F-Tests für die Einflussfaktoren Haltungssystem, Genotyp, Legemonat und deren Interaktionseffekte sind in der Tabelle 3 dargestellt. Die Least-Square (LS)-Mittelwerte, deren Standardfehler und die Ergebnisse der Signifikanztests zwischen Legemonaten sowie zwischen Haltungssystemen und Legemonaten sind den Tabellen 4, 5 und 6 für die erfassten Merkmale zu entnehmen.

Es konnte ein hoch signifikanter Einfluss des Haltungssystems auf alle erfassten Merkmale festgestellt werden. Dies spiegelt sich auch in den unterschiedlichen Reaktionen der Hennen auf die Haltungssysteme wider. So konnte eine deutlich höhere Bruchfestigkeit der Humerus-

Tabelle 3: Mittlere Abweichungsquadrate (MSR) und Ergebnisse der F-Tests für die Einflussfaktoren Haltungssystem, Genotyp, Legemonat und deren Interaktion für Merkmale der Knochenfestigkeit und Schalenstabilität

Effekt	Bruchfestigkeit				Eier		Schalendicke		Schalendichte	
	Humerus MSR	p	Tibia MSR	p	MSR	p	MSR	p	MSR	p
Haltung (H)	8,56x10 ⁶	***	1,73x10 ⁵	***	1090,1	***	3,12x10 ⁴	***	1177,9	***
Genotyp (G)	9538,1	*	5543,3	*	-	-	-	-	-	-
Monat (M)	490,6	n.s.	11037,9	**	1941,2	***	1,03x10 ⁴	***	2199,9	***
H x G	3064,4	n.s.	2388,2	n.s.	-	-	-	-	-	-
H x M	3496,1	n.s.	2471,7	n.s.	165,9	***	2478,2	***	187,3	***
G x M	3201,2	n.s.	857,5	n.s.	-	-	-	-	-	-
H x M x G	4960,3	*	1079,1	n.s.	-	-	-	-	-	-

n.s.: p > 0,05; *: p 0,05; **: p 0,01; ***: p 0,001

Tabelle 4: LS-Mittelwerte (LSM) und deren Standardfehler für die Bruchfestigkeit der Humerus- und Tibiaknochen und für Merkmale der Schalenstabilität am Ende des 6., 9. und 14. Legemonats sowie signifikante Unterschiede zwischen den Legemonaten

Merkmal		Ende des 6. Legemonats		Ende des 9. Legemonats		Ende des 14. Legemonats		6 - 9 p	6 -14 p	9 -14 p
		LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE			
Bruchfestigkeit Humerus	N	161,4	4,0	157,8	4,2	161,0	3,2	n.s.	n.s.	n.s.
Bruchfestigkeit Tibia	N	131,1	3,2	129,6	3,2	144,0	2,5	n.s.	**	***
Bruchfestigkeit Eier	N	36,3	0,3	38,4	0,3	32,1	0,5	***	***	***
Schalendicke	µm	319,6	1,0	326,8	1,1	309,7	1,8	***	***	***
Schalendichte	mg/cm ³	84,5	0,3	86,1	0,3	83,3	0,4	***	*	***

n.s.: p > 0,05; *: p 0,05; **: p 0,01; ***: p 0,001

Tabelle 5: LS-Mittelwerte (LSM) und deren Standardfehler für die Bruchfestigkeit der Humerus- und Tibiaknochen und für Merkmale der Schalenstabilität am Ende des 6., 9. und 14. Legemonats sowie signifikante Unterschiede zwischen den Haltungssystemen

Merkmal		Käfig (K)		Aviplus (A)		Voliere (V)		K - A	K - V	A - V
		LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	p	p	p
Ende des 6. Legemonats:										
Bruchfestigkeit Humerus	N	106,9	6,9	125,5	7,0	251,6	6,9	n.s.	***	***
Bruchfestigkeit Tibia	N	112,8	5,4	116,4	5,6	164,3	5,5	n.s.	***	***
Bruchfestigkeit Eier	N	36,4	0,5	34,6	0,5	37,9	0,5	*	*	***
Schalendicke	µm	320,2	1,8	312,1	1,7	325,2	1,7	**	*	***
Schalendichte	mg/cm ³	84,2	0,4	83,0	0,4	86,3	0,4	n.s.	***	***
Ende des 9. Legemonats:										
Bruchfestigkeit Humerus	N	104,8	7,5	133,4	7,0	235,3	7,3	**	***	***
Bruchfestigkeit Tibia	N	107,5	5,4	114,5	5,4	166,8	5,8	n.s.	***	***
Bruchfestigkeit Eier	N	38,7	0,6	37,6	0,5	38,9	0,6	n.s.	n.s.	n.s.
Schalendicke	µm	325,8	1,9	326,3	1,9	328,3	1,9	n.s.	n.s.	n.s.
Schalendichte	mg/cm ³	86,0	0,5	85,9	0,4	86,3	0,5	n.s.	n.s.	n.s.
Ende des 14. Legemonats:										
Bruchfestigkeit Humerus	N	96,1	5,4	133,2	5,9	253,5	7,3	***	***	***
Bruchfestigkeit Tibia	N	120,2	4,6	120,4	4,1	191,3	4,2	n.s.	***	***
Bruchfestigkeit Eier	N	33,7	0,9	31,1	0,9	31,4	0,9	*	n.s.	n.s.
Schalendicke	µm	311,2	3,2	308,8	3,1	309,0	3,2	n.s.	n.s.	n.s.
Schalendichte	mg/cm ³	85,2	0,8	82,7	0,7	82,6	0,8	*	**	n.s.

n.s.: p > 0,05; *: p 0,05; **: p 0,01; ***: p 0,001

Tabelle 6: Signifikante Differenzen zwischen Legemonaten innerhalb Haltungssystem für Merkmale der Schalenstabilität am Ende des 6., 9. und 14. Legemonats

Merkmal	6 - 9	6 -14	9 -14
	p	p	p
Käfig			
Bruchfestigkeit Eier	**	n.s.	***
Schalendicke	*	*	***
Schalendichte	**	n.s.	n.s.
Aviplus			
Bruchfestigkeit Eier	***	***	***
Schalendicke	***	n.s.	***
Schalendichte	***	n.s.	***
Voliere			
Bruchfestigkeit Eier	n.s.	***	***
Schalendicke	n.s.	***	***
Schalendichte	n.s.	***	***

n.s.: p > 0,05; *: p 0,05; **: p 0,01; ***: p 0,001

und Tibiaknochen der Hennen in der Volierenhaltung im Vergleich zur konventionellen und ausgestalteten Käfighaltung festgestellt werden. Zudem wiesen die Humerusknochen in den ausgestalteten Käfigen eine höhere Bruchfestigkeit im Vergleich zur konventionellen Käfighaltung auf. Dieser Unterschied war am Ende des 9. und 14. Legemonats signifikant. Der Genotyp hatte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Knochenfestigkeit. Hingegen waren die Genotyp-Haltungssystem Interaktionen nicht signifikant. Das Alter der Hennen (Legemonat) hatte, außer auf die Bruchfestigkeit des Humerus, auch einen signifikanten Einfluss auf die erfassten Merkmale. Am Ende der Legeperiode war die Bruchfestigkeit der Tibia am höchsten, während die Bruchfestigkeit der Eier am ge-

ringsten war. Die signifikant höchsten Werte für die Merkmale der Schalenstabilität wurden im 9. Legemonat erreicht. Die Bruchfestigkeit der Tibiaknochen nahm in der konventionellen Käfighaltung zunächst vom 6. auf den 9. Legemonat ab, erreichte jedoch Ende des 14. Legemonats den höchsten Wert. In den ausgestalteten Käfigen und in der Volierenhaltung veränderte sich die Bruchfestigkeit der Tibiaknochen im Vergleich vom 6. auf den 9. Legemonat hingegen nicht wesentlich, erreichte jedoch auch Ende des 14. Legemonats die höchste Bruchfestigkeit. Die Bruchfestigkeit der Humerusknochen nahm in der konventionellen Käfighaltung im Verlauf der Legemonate ab. Hingegen stieg die Bruchfestigkeit der Humerusknochen in den ausgestalteten Käfigen von 125,5 N am Ende des 6. Legemonats auf 133,4 N im 9. bzw. auf 133,2 N am Ende der Legeperiode. In der Volierenhaltung nahm die Bruchfestigkeit der Humerusknochen von 251,6 N am Ende des 6. Legemonats auf 235,3 N am Ende des 9. Legemonats ab und erreichte Ende des 14. Legemonats wieder einen Anstieg auf 253,5 N.

Die Eier der Hennen in den ausgestalteten Käfigen zeigten im 6. Legemonat im Vergleich zu den Eiern der Hennen in den konventionellen Käfigen und der Voliere eine signifikant niedrigere Bruchfestigkeit, Schalendicke und Schalendichte. Die gleiche Tendenz blieb auch für den 9. und 14. Legemonat erhalten. Zudem konnte am Ende des 6. Legemonats bei den Eiern der Hennen in Volierenhaltung eine höhere Schalenstabilität als bei den Eiern der Hennen in der konventionellen Käfighaltung festgestellt werden. Dieser Unterschied war ebenfalls signifikant. Hingegen wiesen die Eischalen der Hennen in der konventionellen Käfighaltung im 14. Legemonat eine höhere Stabilität auf als die Eischalen der Hennen in der Volierenhaltung. Außerdem fiel die Bruchfestigkeit der Eier in allen 3 Haltungssystemen im 14. Legemonat deutlich ab. Nur in der Volierenhaltung nahm in allen Altersabschnitten die Bruchfestigkeit der Knochen, außer die Humerusfestigkeit im 9. Legemonat, zu.

Diskussion

Die Knochen der Hennen aus den beiden Käfighaltungen wiesen eine deutlich niedrigere Knochenstabilität auf als die Knochen der Hennen aus der Volierenhaltung. Bei einem Vergleich der Knochenfestigkeit der Hennen in Volierenhaltung und konventioneller Käfighaltung kamen u. a. LEYENDECKER und Mitarbeiter (2001) zu einem ähnlichen Ergebnis. Nach WHITEHEAD (2000) liegt die höhere Knochenfestigkeit in der Volierenhaltung vermutlich an der größeren Bewegungsfreiheit der Legehennen in diesem Haltungssystem. Ein Mangel an Calcium, Phosphor oder Vitamin D im Futter wirkt sich ebenfalls negativ auf die Schalenfestigkeit und Knochenstabilität aus (WILSON und DUFF, 1991). Werden die Rohmittelwerte der täglichen Legeleistung pro Durchschnittshenne/Tag und des Futtermittels pro Henne und Tag berücksichtigt, so steht den Hennen in der Volierenhaltung aufgrund der niedrigeren Legeleistung und der höheren Futteraufnahme mehr Calcium pro Ei zur Verfügung. Da die Hennen aus der Volierenhaltung auch im Rohmittel leichtere Eier legten, ergab dies zusätzlich einen niedrigeren Calciumaufwand für die Eibildung und folglich konnten die Tiere mehr Mineralstoffe in den Knochen speichern. Zudem konnte bei Hennen in alternativen Haltungssystemen bedingt durch den Verzehr von Einstreu und Grünfutter ein vergrößerter Darmtrakt gefunden werden (BESSEI und DAMME, 1998). Dieser Umstand könnte die Verdaulichkeit von Calcium und weiteren Mineralstoffen verbessern.

Die Humerusknochenfestigkeit war in den ausgestalteten Käfigen höher als in den konventionellen Käfigen. Dies stimmt mit den Ergebnissen von ABRAHAMSSON und TAUSON (1993) sowie HUGHES und Mitarbeiter (1993) überein. Verhaltensweisen wie das Flügel-Bein-Strecken und insbesondere das Flügelschlagen sowie Sandbadbewegungen sind bei Hennen in der Käfighaltung in ihrem Auftreten auf Grund des Raum- und Konstruktionsmangels stark reduziert (VESTERGAARD, 1978). Diese Verhaltensweisen könnten auch bei dem in dieser Untersuchung verwendeten ausgestalteten Käfig auf Grund des Angebots eines größeren Raumes und eines Einstreubades öfter aufgetreten sein und somit die Humerusfestigkeit durch vermehrt ausgeführte Flügelbewegungen gestärkt haben. Zudem dürfte sich das Angebot von Sitzstangen im Käfig positiv auf die Festigkeit der Humerusknochen auswirken, da die Hennen zum Aufsteigen auf die Sitzstangen ihre Flügel benutzen (ABRAHAMSSON und TAUSON, 1993). Hingegen führte der größere Bewegungsspielraum in den ausgestalteten Käfigen zu keiner signifikanten Erhöhung der Bruchfestigkeit der Tibiaknochen im Vergleich zur konventionellen Käfighaltung. ABRAHAMSSON und TAUSON (1993) sowie HUGHES und Mitarbeiter (1993) konnten ebenfalls keine Erhöhung der Tibiabruchofestigkeit von Hennen in ausgestalteten Käfigen im Vergleich zu der in konventionellen Käfigen beobachten. Im Gegensatz dazu konnten HUGHES und APPLEBY (1989) in ihrer Untersuchung nach Anbringung von Sitzstangen eine erhöhte Tibiastabilität bei Hennen in Käfigen feststellen.

Als weitere Calciumquelle wurden ab Anfang des 7. Legemonats Muschelschalen dem Legehennenfutter beigemischt. Die Calciumergänzung und der Umstand, dass die Legeleistung besonders am Ende der Legeperiode abnahm, und somit mutmaßlich eine geringere Ca-Mobilisation für die Eischalenbildung erforderlich war, könnte den beobachteten Anstieg der Bruchfestigkeit der Tibiaknochen zum Ende der Legeperiode erklären. Es ist bekannt, dass die Eischalen besonders am Ende der Le-

geperiode mit zunehmender Größe der Eier in ihrer Festigkeit nachlassen (SCHOLTYSEK, 1994). Am Ende der Legeperiode dieser Untersuchung war die Schalenstabilität ebenfalls niedriger als im 6. und 9. Legemonat. Jedoch waren die Hennen in der Volierenhaltung am Ende der Legeperiode in der Lage, die Knochenfestigkeit deutlich zu verbessern, ohne dass die Bruchfestigkeit der Eier im Vergleich zu den Hennen in den anderen Haltungssystemen stärker abfiel.

Eine Steigung der Tibiabruchofestigkeit von Legehennen, die in Käfigen gehalten wurden, mit dem Alter der Tiere konnten ebenfalls MCCOY und REILLY (1996) feststellen. Dies steht im Widerspruch zu der Untersuchung von WHITEHEAD und WILSON (1992), die einen Abfall der Knochenfestigkeit mit dem Alter der Legehennen in Käfigen registrierten. FLEMING und Mitarbeiter (1998) konnten dagegen keine Veränderungen in der Tibia- und Humerusfestigkeit von Hennen, die in Käfigen gehalten wurden, zwischen dem 4. und 6. Legemonat feststellen. Jedoch wiesen diese Knochen eine niedrigere Bruchfestigkeit im 13 und 18. Legemonat im Vergleich zum 4. und 6. Legemonat auf. Einen leichten Rückgang der Tibiabruchofestigkeit von Legehennen in Käfig- und Bodenhaltung vom 5. zum 10. Legemonat konnten auch ROWLAND und Mitarbeiter (1968) registrieren.

Auch die Genetik übt neben der Bewegung und Ernährung einen Einfluss auf die Knochenstabilität aus. Der Genotyp hatte in dieser Untersuchung ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Knochenfestigkeit. Es ist bereits in einem Selektionsversuch gelungen, innerhalb weniger Generationen die Knochenfestigkeit einer Legelinie zu erhöhen (BISHOP et al., 2000). BISHOP und Mitarbeiter (2000) konnten zudem eine negative Korrelation zwischen Schalenstabilität und Knochenfestigkeit feststellen. WHITEHEAD (2000) vermutet, dass Hennen mit guter Veranlagung für Knochenstabilität weniger Calcium für die Schalenbildung bereitstellen. LEYENDECKER und Mitarbeiter (2001) konnten ebenfalls eine negative Korrelation ($r = -0,54$) zwischen der Festigkeit der Tibiaknochen und der Dicke der Schalen ermitteln. Bei den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung fällt weiterhin auf, dass die Knochen bei höchster Schalenstabilität eine relativ niedrige Bruchfestigkeit hatten und umgekehrt. Somit scheinen die Merkmale Knochenfestigkeit und Schalenstabilität negativ miteinander in Beziehung zu stehen.

Zusammenfassung

In einer vergleichenden Untersuchung (konventionelle Käfige, Voliere und ausgestaltete Käfige) wurde die Tibia- und Humerusknochenfestigkeit sowie die Schalenstabilität der Legelinie Lohmann Silver (mit zwei unterschiedlichen Genotypen) am Ende des 6., 9. und 14. Legemonats geprüft. In den verschiedenen Haltungssystemen unterlagen die Hennen identischen Fütterungs- und Managementbedingungen sowie denselben gesundheitsprophylaktischen Maßnahmen. Das Haltungssystem hatte einen signifikanten Einfluss auf alle erfassten Merkmale. Es konnte eine deutlich höhere Bruchfestigkeit der Tibia- und Humerusknochen der Hennen in der Volierenhaltung im Vergleich zur konventionellen und ausgestalteten Käfighaltung festgestellt werden. Außerdem wiesen die Humerusknochen in den ausgestalteten Käfigen eine höhere Bruchfestigkeit im Vergleich zur konventionellen Käfighaltung auf. Jedoch konnte hinsichtlich der Bruchfestigkeit der Tibiaknochen in den ausgestalteten Käfigen im Vergleich zu der konventionellen Käfighaltung kein signifi-

fikanter Unterschied festgestellt werden. Bei den Eiern der Hennen in den ausgestalteten Käfigen konnte eine niedrigere Bruchfestigkeit, Schalendicke und Schalendichte registriert werden als bei den Eiern der Hennen in der Käfig- und Volierenhaltung. Im 14. Legemonat ging in allen drei Haltungssystemen die Bruchfestigkeit der Eier deutlich zurück. In der Volierenhaltung fiel weiterhin auf, dass die Bruchfestigkeit der Knochen, außer der Humerusfestigkeit im 9. Legemonat, in allen Altersabschnitten zunahm.

Literatur

- APPLEBY, M.C. (1993): Modified cages for laying hens. Proceedings of 4th European Symposium on Poultry Welfare, 237-239
- ABRAHAMSSON, P., R. TAUSON (1993): Effect of perches at different positions in conventional cages for laying hens of two different strains. Acta Agricultura Scandinavica, Section A, Animal Science 43, 228-235
- BESSEL, W., K. DAMME (1998): Neue Verfahren für die Legehennenhaltung. KTBL Schrift 378
- BISHOP, S.C., R.H. FLEMING, H.A. McCORMACK, D.K. FLOCK, C.C. WHITEHEAD (2000): The inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens. Br. Poultry Sci. 41, 33-40
- FLEMING, R.H., H.A. McCORMACK, C.C. WHITEHEAD (1998): Bone structure and strength at different ages in laying hens and effects of dietary particulate limestone, vitamin K and ascorbic acid. Br. Poultry Sci. 39, 434-440
- HUGHES, B.O., M.C. APPLEBY (1989): Increase in bone strength of spent laying hens housed in modified cages with perches. Veterinary Record 124, 483-484
- HUGHES, B.O., S. WILSON, M.C. APPLEBY, S.F. SMITH (1993): Comparison of bone volume and strength as measures of skeletal integrity in caged laying hens with access to perches. Research in Veterinary Science 54, 202-206
- LEYENDECKER, M., H. HAMANN, J. HARTUNG, J. KAMPHUES, C. RING, G. GLÜNDER, C. AHLERS, I. SANDER, U. NEUMANN, O. DISTL (2001): Analyse von Genotyp-Umwelt-Interaktionen zwischen Legehennenhybriden und Haltungssystemen in der Legeleistung, Eiqualität und Knochenfestigkeit. 3. Mitteilung: Knochenfestigkeit. Züchtungskunde 73, 387-398
- McCOY, M.A., G.A.C. REILLY (1996): Density and breaking strength of bones of mortalities among caged layers. Res. Vet. Sci. 60, 185-186
- RANDALL, C.J., S.R.I. DUFF (1988): Avulsion of the patellar ligament in osteopenic laying fowl. Vet. Rec. 128, 397-399
- ROWLAND, L.O., H.R. WILSON, J.L. FRY, R.H. HARMS (1968): A comparison of bone strength of caged and floor layers and roosters. Poultry Sci. 47, 2013-2015
- SCHOLTYSSSEK, S. (1994): Charakteristische Merkmale des Eies und ihre Prüfverfahren. In: W. Ternes, L. Acker und S. Scholtyssek (Hrsg.), Ei und Eiprodukte, 82-89
- VESTERGAARD, K. (1978): Normal behaviour of egg laying birds. In: First Danish seminar on poultry welfare in egg-laying cages. Ed. National Committee for Poultry and Eggs, 11-17, Copenhagen
- WHITEHEAD, C.C. (2000): Wechselwirkung zwischen Genotyp und Ernährung im Zusammenhang mit Knochenstärke bei Legehennen. Lohmann Information 1, 21-26.
- WHITEHEAD, C.C., S. WILSON (1992): Characteristics of osteopenia in hens. In: Whitehead, C.C.: Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry. Carfax Publishing Co., Abingdon, UK, 265-280
- WILSON, S., S.R.I. DUFF (1991): Effects of vitamin or mineral deficiency on the morphology of medullary bone in laying hens. Res. Vet. Sci. 50, 216-221

Danksagung

Wir danken der Lohmann Tierzucht GmbH, der deutschen Frühstücksei GmbH, der Big Dutchman GmbH und dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Unterstützung des Projekts.