

Gesundheitsstatus von Legehennen  
in Klein- und Großvolierenhaltung  
im Vergleich

Birgit Weigl



Aus dem Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene  
der Tierärztlichen Fakultät München  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. M. Erhard

**Gesundheitsstatus von Legehennen  
in Klein- und Großvolierenhaltung  
im Vergleich**

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

von

Birgit Weigl

aus

Amberg

München 2007

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer  
Referent: Univ.-Prof. Dr. M. Erhard  
Korreferent: Priv. Doz. Dr. Schalch

Tag der Promotion: 20. Juli 2007

Meinen Eltern  
in  
Liebe und Dankbarkeit



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LITERATURÜBERSICHT.....</b>	<b>3</b>
2.1 Struktur der Legehennenhaltung in Deutschland.....	3
2.2 Rechtliche Vorgaben der Hennenhaltung im Überblick.....	3
2.3 Haltungssysteme für Legehennen.....	4
2.3.1 Freilandhaltung.....	4
2.3.2 Bodenhaltung.....	4
2.3.3 Volierenhaltung.....	4
2.3.4 Haltung in ausgestalteten Käfigsystemen.....	5
2.4 Leistungs- und Qualitätsparameter bei Legehennen.....	5
2.4.1 Legeleistung.....	5
2.4.2 Eigewicht.....	6
2.4.3 Eischalenqualität.....	7
2.4.4 Anteil verlegter Eier.....	8
2.4.5 Eiverschmutzung.....	9
2.5 Physiologische Parameter bei Legehennen.....	9
2.5.1 Hämatokrit und Hämoglobin.....	9
2.5.2 Immunsystem.....	10
2.5.3 Knochenbruchfestigkeit.....	11
2.6 Exterieurbeurteilung bei Legehennen.....	12
2.6.1 Gefiederzustand.....	12
2.6.2 Krallenlänge.....	13
2.7 Gesundheitsstatus und Mortalität bei Legehennen.....	13
2.8 Luftverunreinigungen in der Legehennenhaltung.....	14
2.8.1 Schadgase.....	14
2.8.2 Staub.....	14
<b>3. TIERE, MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Tiere.....	16
3.1.1 Rasse.....	16
3.1.2 Versuchsgruppen.....	16
3.2 Aufstallung.....	17
3.2.1 Stallsystem der Großvoliere.....	17
3.2.2 Stallsystem der Kleinvoliere.....	18
3.2.3 Futtermittellieferung.....	20

3.3	Stallmanagement.....	21
3.3.1	Hygiene und Bestandsgesundheit.....	21
3.3.2	Impfprophylaxe.....	21
3.4	Erfassung von Produktionsparametern.....	22
3.4.1	Legeleistung.....	22
3.4.2	Anteil verlegter Eier.....	22
3.4.3	Eigewicht.....	22
3.4.4	Knick-, Bruch- und Schmutzeier.....	22
3.4.5	Schalenbruchfestigkeit.....	23
3.4.6	Dicke der Eierschalen.....	25
3.5	Physiologische Blutparameter.....	26
3.5.1	Entnahme und Aufbereitung der Blutproben.....	26
3.5.2	Hämatokrit-Messung.....	26
3.5.3	Hämoglobin-Bestimmung.....	26
3.6	Immunologische Parameter.....	27
3.6.1	IgY-Untersuchung mittels ELISA.....	27
3.6.2	IgY-Anti-BSA-Untersuchung mittels ELISA.....	27
3.7	Bonitierung.....	29
3.7.1	Beurteilung des Gefieders.....	29
3.7.2	Erfassung von Verletzungen.....	30
3.7.3	Messung der Krallenlänge.....	30
3.8	Gesundheitsstatus und Ausfälle.....	30
3.9	Post mortem- Untersuchungen.....	30
3.9.1	Pathologische Untersuchung.....	30
3.9.2	Messung der Knochenbruchfestigkeit.....	31
3.10	Schadgasmessung.....	31
3.11	Staubgehaltsmessung der Stallluft.....	32
3.11.1	Einstündige Staubgehaltsmessung.....	32
3.12.1	Einminütige Staubgehaltsmessung.....	32
3.12	Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.....	33
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>34</b>
4.1	Legeleistung.....	34
4.2	Anteil verlegter Eier.....	36
4.3	Produktmerkmale.....	37
4.3.1	Eigewicht.....	37
4.3.2	Knick-, Bruch- und Schmutzeier.....	39
4.3.3	Bruchfestigkeit der Eischalen.....	42
4.3.4	Dicke der Eischalen.....	45

4.4 Physiologische Blutparameter.....	47
4.4.1 Hämatokrit.....	47
4.4.2 Hämoglobin.....	49
4.5 Immunologische Parameter.....	51
4.5.1 IgY im Serum.....	51
4.5.2 IgY-Anti-BSA im Serum.....	58
4.6 Bonitierung.....	59
4.6.1 Beurteilung des Gefieders.....	59
4.6.2 Erfassung von Verletzungen.....	60
4.6.3 Krallenlänge.....	60
4.7 Gesundheitsstatus und Ausfälle.....	61
4.8 Post mortem-Untersuchungen.....	62
4.8.1 Pathologische Veränderungen.....	62
4.8.2 Knochenbruchfestigkeit.....	63
4.9 Schadgasmessungen.....	64
4.10 Staubgehaltsmessung der Stallluft.....	64
4.10.1 Einstündige Staubgehaltsmessung.....	64
4.10.2 Einminütige Staubgehaltsmessung.....	66
<b>5. DISKUSSION.....</b>	<b>68</b>
5.1 Legeleistung.....	68
5.2 Eigewicht.....	69
5.3 Anteil verlegter Eier.....	69
5.4 Knick- und Brucheier.....	70
5.5 Schmutzeier.....	70
5.6 Schalenbruchfestigkeit.....	71
5.7 Dicke der Eischalen.....	72
5.8 Hämatokrit und Hämoglobin.....	72
5.9 Immunstatus.....	73
5.10 Bonitierung.....	74
5.11 Krallenlänge.....	74
5.12 Gesundheitsstatus und Ausfälle.....	75

5.13 Knochenbruchfestigkeit.....	75
5.14 Staubgehalt und Schadgas.....	76
5.15 Schlussfolgerung.....	77
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>78</b>
<b>7. SUMMARY.....</b>	<b>81</b>
<b>8. LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>84</b>

## Abkürzungen

AH	Anfangshenne
EDTA	Ethylendiamintetraacetat
ELISA	Enzym-linked immunosorbent assay
et al.	et alii
GV	Großvoliere
Ig Y	Immunglobulin der Klasse Y
KV	Kleinvoliere
LS	Lohmann Silver
LW	Lebenswoche
MW	Mittelwert
n	Anzahl
N	Newton
P	Wahrscheinlichkeitswert
PBS	Phosphatgepufferte Kochsalzlösung
ppm	parts per million
SEM	Standardfehler des Mittelwertes
TierSchNutzV	Tierschutz -Nutztierhaltungs- Verordnung

## 1. EINLEITUNG

Die EU-Richtlinie (1999/74/EG) schließt ab dem Jahr 2012 für alle Mitgliedsstaaten die herkömmliche Käfighaltung aus und erlaubt danach nur noch so genannte ausgestaltete Käfige. Diese müssen ein etwas höheres Flächenangebot als zuvor, Sitzstangen, Legenester und Flächen mit Einstreu aufweisen. Die Bundesrepublik Deutschland hatte jedoch mit der „Ersten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung“ (BGBl 1, 2002) vom 28.02.2002 strengere Vorschriften für die Legehennenhaltung erlassen, als es durch die EU-Richtlinie vorgegeben war. Als Folge meldete die Geflügelwirtschaft massive wirtschaftliche Interessen an der Wiedereinführung des ausgestalteten Käfigs an und forderte eine Verlängerung der Übergangsfristen für die herkömmlichen Käfige. Mit der „Zweiten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung“ (BGBl 1, 2006) vom 22.08.2006 wurde diesen Forderungen Rechnung getragen und die Anwendung der so genannten Kleingruppenhaltung zugelassen.

Da die Geflügelwirtschaft seit einigen Jahren bemüht ist, den Begriff „Käfighaltung“ zu vermeiden, wird die Haltung in modifizierten ausgestalteten Käfigen als „Kleingruppenhaltung“ oder vormals als „Kleinvoliere“ bezeichnet. Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen, v. a. in den Niederlanden und Schweden weisen die Kleinvolierenhaltung als ein nicht tiergerechtes und auch nicht verbesserungswürdiges Haltungssystem aus, da die Verbesserungen gegenüber dem herkömmlichen Käfig nicht ausreichen würden, um von einer artgemäßen, verhaltens- bzw. tiergerechten Unterbringung zu sprechen. So kommt es immer noch zu starken Einschränkungen des Tierverhaltens in allen Funktionskreisen, wie Körperpflege, Ausruhen, Eiablage und Nahrungsaufnahme, sowie zu ähnlichen gesundheitlichen Problemen wie in der konventionellen Käfighaltung, wie etwa dem Auftreten von Brustbeindeformationen, Fettlebern und Knochenfrakturen. Als Alternative zur Kleinvolierenhaltung wird die Boden- bzw. Volierenhaltung als eine artgemäße und tiergerechte Haltungsform angesehen, obwohl auch diesen Formen noch vielfach Mängel in Form hoher Mortalitätsraten und des Auftretens von Kannibalismus anhaften.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Systeme Kleinvoliere und Großvoliere hinsichtlich der Aspekte Tiergesundheit und Schadensvermeidung, sowie wirtschaftlich relevanter Aspekte vergleichend zu untersuchen.

## **2. LITERATUR**

### **2.1 Struktur der Legehennenhaltung in Deutschland**

In den letzten Jahren hat sich in der Legehennenhaltung ein Strukturwandel vollzogen. Im Jahr 2000 lag der Anteil der in Käfigen gehaltenen Tiere noch bei 86,5% und jeweils 6,7% fielen auf die Boden- und Freilandhaltung. Im Dezember 2005 verteilten sich 73,3% auf die Käfighaltung, 14% auf die Bodenhaltung und 12,7% auf die Freilandhaltung, wobei die Auslastung der vorhandenen Stallplätze 81,9% betrug. Die Mehrzahl der Hennen wurde in Betrieben mit Platz für 100 000 und mehr Tiere gehalten, hiervon beliefen sich 60,7% auf die Käfighaltung, 29,6% auf die Bodenhaltung und 38,8% auf die Freilandhaltung. Die gesamten Stallkapazitäten sind seit dem Jahr 2000 um 4,4% gesunken, jedoch war die Entwicklung in den Haltungssystemen unterschiedlich. In der Käfighaltung gingen die Kapazitäten um 19,0% zurück, dafür stiegen die Plätze in Bodenhaltung um 99,4% und in Freilandhaltung um 80,4% an. Für den starken Rückgang in der Käfighaltung sind im Wesentlichen die rechtlich geänderten Rahmenbedingungen verantwortlich (ZMP, 2006).

### **2.2 Rechtliche Vorgaben der Hennenhaltung im Überblick**

Die EU-Richtlinie (1999/74/EG) schreibt seit dem 1. Januar 2003 eine Mindestkäfigfläche von 550 cm<sup>2</sup> pro Henne vor, herkömmliche Käfiganlagen dürfen seit diesem Tag nicht mehr errichtet werden, bei Neuanlagen sind nur noch ausgestaltete Käfige erlaubt. Diese müssen über Nester, Sitzstangen und Scharrmöglichkeiten verfügen und pro Tier eine Fläche von 750 cm<sup>2</sup> bieten. Weiterhin sind herkömmliche Käfige ab dem 1. Januar 2012 in der EU nicht mehr zugelassen.

Deutschland hatte von der Option hinsichtlich strengerer nationaler Regelungen mit der „Ersten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung“ (TierSchNutzV) Gebrauch gemacht. Hier war das Verbot der herkömmlichen Käfighaltung bereits ab 1. Januar 2007 entscheidend. Die Neueinrichtung „ausgestalteter“ Käfige wurde nicht mehr erlaubt und deren Gebrauch ab 1. Januar

2012 untersagt. Diese für die deutschen Produzenten Existenz bedrohenden Wettbewerbsnachteile wurden durch die „Zweite Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung“ vom 22. August 2006 abgemildert.

Unter bestimmten Voraussetzungen sind nun Restlaufzeiten für herkömmliche Käfige bis zum 31. Dezember 2008 bzw. 31. Dezember 2009 möglich und die Anwendung modifizierter ausgestalteter Käfige, die in der Verordnung als Kleingruppenhaltung bezeichnet werden, ist bis zum 31. Dezember 2020 zugelassen (BÖTTCHER, 2006).

## **2.3 Haltungssysteme für Legehennen**

### **2.3.1 Freilandhaltung**

Bei der Freilandhaltung sind Weideflächen in Stallnähe als Auslauffläche eingezäunt. Einem Huhn müssen davon mindestens 4 m<sup>2</sup> zur Verfügung stehen. Im angegliederten Stall kann sowohl Boden- als auch Volierenhaltung vorhanden sein.

### **2.3.2 Bodenhaltung**

Die Bodenhaltung ist die klassische Form der Stallhaltung von Hühnern mit einer eingestreuten Fläche zum Scharren, Picken und Sandbaden. Weiterhin befinden sich Nester, Kotgruben, Sitzstangen und Fütterungs- und Tränkeeinrichtungen im Stall.

### **2.3.3 Volierenhaltung**

Sie ist eine Form der Bodenhaltung mit Nutzung der dritten Dimension. Den Hennen stehen auf verschiedenen Ebenen übereinander Futter- und Tränkeeinrichtungen, Ruhemöglichkeiten, sowie teilweise Legenester zur Verfügung. Diese Volierenblöcke nehmen normalerweise ein Drittel bis die Hälfte der Stallgrundfläche ein, der Rest besteht aus einem eingestreuten Scharraum, der auch unterhalb der Volierenblöcke ausgeführt werden kann und so eine Nutzung der gesamten Stallgrundfläche ermöglicht (HÖRNING, 2004).

### **2.3.4 Haltung in ausgestalteten Käfigsystemen**

Bei der Haltung in ausgestalteten Käfigen unterscheidet man verschiedene Systeme, die mit 10 bis 60 Hennen pro Käfig besetzt werden. Deshalb wird dieses System in der TierSchNutzV (2006) als Kleingruppenhaltung bezeichnet. Jede Einheit ist mit Nestern, Sandbademöglichkeit, Sitzstangen und einer Krallenabriebvorrichtung angereichert (BESSEI, 2006). Im Detail muss für jede Legehennen eine uneingeschränkt nutzbare Fläche von mindestens 800 cm<sup>2</sup> zur Verfügung stehen und die lichte Höhe muss im Bereich des Futtertroges mindestens 60 cm betragen und darf an keiner Stelle niedriger als 50 cm sein. Zusätzlich müssen für bis zu zehn Hennen ein Einstreubereich und Gruppennest mit einer jeweiligen Größe von mindestens 900 cm<sup>2</sup> zugänglich sein. Die Futtertroglänge muss für jede Henne 12 cm und die Sitzstangenlänge 15 cm betragen. Je Haltungseinrichtung müssen mindestens zwei Sitzstangen in unterschiedlicher Höhe angebracht sein (TierSchNutzV). Diese Form der Haltung soll den Tieren ein artgemäßes Verhalten ermöglichen und durch ein höheres Platzangebot die Bewegungsmöglichkeit verbessern. Gleichzeitig sollen die gute Produktivität und der hohe Hygienestandard der konventionellen Käfighaltung beibehalten werden (TAUSON, 1999).

## **2.4 Leistungs- und Qualitätsparameter bei Legehennen**

### **2.4.1 Legeleistung**

Als Legeleistung wird die tägliche Eieranzahl in Bezug zur Tieranzahl bezeichnet. Durch verschiedene Untersuchungen wurde festgestellt, dass diese sowohl vom Haltungssystem als auch von der Hennenlinie beeinflusst wird. So erbrachten Legehennen in Freiland-, Boden- oder Volierenhaltung teilweise eine geringere Legeleistung als Hennen aus der konventionellen Käfighaltung (LANGE, 1996; ABRAHAMSSON et al., 1996; TAUSON et al., 1999; LEYENDECKER et al., 2001). Durch die gesetzlichen Veränderungen ist es nun von bedeutendem Interesse welche Legeleistungsergebnisse in alternativen Haltungssystemen zu erreichen sind, da das Ziel ist, die hohe Produktivität beizubehalten. Dabei muss die eingesetzte

Legelinie berücksichtigt werden, da weiße Hennenlinien tendenziell eine bessere Legeleistung erbringen als braune (KAMPHUES, 2003; LE BRIS 2005).

VITS (2005) ermittelte eine höhere Eizahl je Anfangshenne im ausgestalteten Käfigsystem mit 10 bzw. 20 Hennen als in der Kleingruppenhaltung mit 40 bzw. 60 Hennen. Sie erhielt für die Legelinie LSL im ausgestalteten Käfig eine durchschnittliche Legeleistung von 88,0%, für die Kleingruppen eine Leistung von 86,6%. LÜKE et al. (2003) erhielten für Bodenhaltung mit mehreren Ebenen mit 252,4 Eiern je Anfangshenne ein schlechteres Ergebnis als in Kleingruppenhaltung mit 285 Eiern je Anfangshenne. Im Projekt „Laywel“ zeigte sich die Tendenz, wonach Hennen aus konventionellen und ausgestalteten Käfigen höhere Werte in der Legeleistung aufwiesen, als Hennen in Boden- und Auslaufhaltung. So wurde je eingestallter Henne in konventionellen Käfigen eine durchschnittliche Legeleistung von 81,65% erreicht, in mittelgroßen ausgestalteten Käfigen von 81,63% und in der mehr-etagigen Bodenhaltung von 74,41% (BESSEI, 2006). Bei BUCHTA et al. (2006) war die ermittelte Legeleistung in Kleingruppenhaltung mit 77% relativ gering. Für die in der vorliegenden Untersuchung verwendete Linie Lohmann Silver werden Produktionsspitzenleistungen von 91% bis 93% angegeben (LOHMANN Tierzucht, 2006).

#### **2.4.2 Eigewicht**

Nach GRASHORN (2004) liegt das Eigewicht bei 40 bis 90 g pro Tier, wobei die Unterschiede von der Hennenlinie, vom Hennenalter, von der Futterzusammensetzung und der Stalltemperatur abhängig sind. Jedoch nimmt unabhängig vom Haltungssystem die Eigröße gegen Ende der Legeperiode zu. Bei LE BRIS (2005) ergab sich in Volierenhaltung, abhängig von der Hennenlinie, ein durchschnittliches Eigewicht zwischen 63,70 g und 66,40 g. BUCHTA et al. (2006) erhielten in Kleingruppenhaltung ein Durchschnittsgewicht von 63,1 g. In Volierenhaltung mit verschiedenen Einstreumaterialien ermittelte FITS (2007) Medianwerte von 62,8 g bis 64,4 g. BAZER (2005) untersuchte das Eigewicht in strukturierter und unstrukturierter Auslaufhaltung, wobei das durchschnittliche Eigewicht 66,1 g und 65,8 g betrug. Vergleichende Untersuchungen des „Laywel“-Projektes zwischen konventioneller Käfighaltung, ausgestalteter Käfighaltung sowie Auslauf- und Bodenhaltung

erbrachten nur geringe Unterschiede im Eigewicht. Die konventionelle Käfighaltung zeigte mit einem Durchschnitt von 65,09 g das beste Ergebnis, gefolgt von der mehr-etagigen Bodenhaltung mit 62,95 g, mittelgroße ausgestaltete Käfige lagen bei 62,84 g (BESSEI, 2006). Für die Hennenlinie LS wird ein Eigewicht in 12 Monaten von 61,5 g bis 62,5 g angegeben (LOHMANN Tierzucht, 2006).

### **2.4.3 Eischalenqualität**

Die Eischalenqualität ist abhängig von Schalendicke und Bruchfestigkeit. Die Eierschale ist unterschiedlichen Belastungen während des Legevorgangs, des Eiersammelns und Sortierens und während des Transportes ausgesetzt, weswegen eine gute Schalenstabilität ein wichtiges wirtschaftliches Kriterium ist. CORDTS et al. (2001) stellten fest, dass die Schalenstabilität mit zunehmendem Alter der Legehennen abnimmt, da es zu Störungen im Kalziumstoffwechsel kommt und auch die Umbauprozesse in den Knochen verlangsamt sind. Ein wichtiger Aspekt für stabile Eischalen ist ein ausreichendes Verhältnis von Kalzium und Phosphor im Futter, denn in der späten Legeperiode benötigen die Hennen einen höheren Kalziumgehalt, da die Größe der Eier zunimmt und somit mehr Eischalenmasse gebildet werden muss. Bei schlechter Schalenstabilität kommt es zu einem häufigeren Auftreten von Knick- und Brucheiern.

Auch hat das Haltungssystem einen bedeutenden Einfluss auf die Schalenstabilität. Bei LE BRIS (2005) betrug der Anteil an Knick- und Brucheiern in Volierenhaltung durchschnittlich 0,22%, wobei die Braunleger mit 0,3% und 0,28% signifikant höhere Werte erreichten als die Weißleger (0,12% und 0,18%). BUCHTA et al. (2006) verglichen Leistungsparameter zwischen Kleingruppenhaltung und konventioneller Käfighaltung, wobei Knickeier einen Anteil von 3,5% und 2,9% ausmachten. Der höhere Anfall in der Kleingruppe erklärte sich möglicherweise durch eine zu hohe Rollgeschwindigkeit der Eier auf das Transportband. Auch werden die Eier in ausgestalteten Käfigen räumlich konzentriert in den Nestern abgelegt, wodurch es zu Kollisionen zwischen den Eiern und somit zu einer Beschädigung der Eischale kommen kann (WALL et al., 2002). In den „Laywel“-Untersuchungen (BESSEI, 2006) belegten ausgestaltete mittelgroße Käfige mit einem durchschnittlichen Knickeieranteil von 1,70% sogar einen besseren Platz als konventionelle Käfige mit

2,60%; in der mehr-etagigen Bodenhaltung ergab sich ein Anteil von 3,16%. Für diese Differenzen können die Eitransportsysteme verantwortlich sein, jedoch müssen in diesem Merkmal weitere Untersuchungen angestellt werden.

LEYENDECKER et al. (2002) untersuchten die Schalendicke und Bruchfestigkeit von Legehennen aus unterschiedlichen Haltungssystemen und erhielten in beiden Punkten die höchsten Werte für die Eier aus Volierenhaltung, dort lag die Schalendicke im Mittel bei 325,2 µm und die Bruchfestigkeit bei 37,9 N. VITS (2005) ermittelte in Kleingruppenhaltung eine durchschnittliche Schalenbruchfestigkeit von 40,2 N, im ausgestalteten Käfig von 39,2 N, die Schalendicke lag bei 326,3 µm und 319,9 µm. BAUMGART (2005) stellte keine signifikanten Unterschiede in Volierenhaltung in Abhängigkeit von der Besatzdichte fest. Sie erhielt Bruchfestigkeiten zwischen 30,51 N und 32,37 N und eine durchschnittliche Schalendicke von 400 µm. In einer Studie von LE BRIS (2005) zeigten sich Unterschiede in der Bruchfestigkeit zwischen verschiedenen Legelinien, es wurden Werte von 30,92 N bis 36,6 N gemessen. Mit Werten zwischen 340 µm und 400 µm erhielt sie ebenso Unterschiede bezüglich der Dicke der Eischalen. BAZER (2005) erhielt für Legehennen in strukturierter und unstrukturierter Auslaufhaltung durchschnittliche Schalenbruchfestigkeiten von 32,2 N und 32,3 N, die ermittelte Schalendicke lag im Durchschnitt bei 0,38 mm. In Untersuchungen zu unterschiedlichen Einstreumaterialien ermittelte FITZ (2007) mittlere Schalenbruchfestigkeiten von 30,1 N bis 32,2 N, der Mittelwert der Schalendicke lag bei allen Gruppen bei 0,41 mm.

#### **2.4.4 Anteil verlegter Eier**

Als verlegte Eier bezeichnet man Eier, die nicht in den Nestern abgelegt werden. In verschiedenen Haltungssystemen variiert der Anteil an verlegten Eiern. So wurden in einer Volierenhaltung im Mittel 4,99% der Eier verlegt, wobei die verlegten Eier sich in Raumecken, Sandkuhlen und dunkleren Bodenbereichen befanden (LE BRIS, 2005). In einer Bodenhaltung mit mehreren Ebenen lag der Anteil mit 3,1% geringer (LÜKE et al., 2004). Bei BAUMGART (2005) ergab sich in Volierenhaltung mit 1,12% der größte Anteil an verlegten Eiern in der Gruppe mit der höchsten Besatzdichte. Als mögliche Ursachen hierfür können die Bedingungen während der Aufzuchtphase,

das Nestangebot, die Attraktivität des Nests oder die Ausgestaltung des Nests in Betracht kommen (APPLEBY, 1984; BAUER, 1995b; DAMME, 2003)

#### **2.4.5 Eiverschmutzung**

LE BRIS (2005) stellte eine Korrelation zwischen dem Anteil verschmutzter Eier und dem Anteil verlegter Eier fest, sie erhielt in Volierenhaltung je nach Legelinie einen Schmutzeieranteil von 0,07% bis 0,46%. Ein ebenfalls geringes Auftreten von Schmutzeiern ergab sich bei BAUMGART (2005), dort lag in Volierenhaltung der größte Anteil an Schmutzeiern bei 1,12% in der Gruppe mit der größten Besatzdichte. LÜKE et al. (2006) ermittelten Unterschiede zwischen verschiedenen Haltungssystemen im Schmutzeieranteil mit 4,4% in Volierenhaltung und 3,9% in Kleingruppenhaltung, die absolute Zahl der Schmutzeier ging jedoch in beiden Systemen im Verlauf der Legeperiode zurück. In einer früheren Untersuchung ergab sich ein Schmutzeieranteil von 3,2% in Bodenhaltung mit mehreren Ebenen und von 2,1% in Kleingruppenhaltung im ausgestalteten Käfig (LÜKE et al., 2004).

### **2.5 Physiologische Parameter bei Legehennen**

#### **2.5.1 Hämatokrit und Hämoglobin**

Nach FREEMAN (1971) gibt es Unterschiede im Volumenanteil der Erythrozyten im Blut zwischen ovulierenden Hennen mit einem Bereich von 19,0% bis 30,9%, und nicht ovulierenden Hennen, mit einem Bereich von 28,8% bis 33%. Die Erythrozytenzahl nimmt östrogenbedingt vor Beginn der Legereife ab und steigt kontinuierlich gegen Ende der Legeperiode an. Durch Blutentnahmen oder Verletzungen kommt es zu einem raschen Absinken des Hämatokritwertes. Kälte hingegen erhöht den Erythrozytenanteil. SIEGMANN (1992) schreibt der Untersuchung des Hämatokrits nur eine eingegrenzte diagnostische Bedeutung zu, da die physiologischen Werte bei Vögeln phylogenetisch einer großen Schwankungsbreite unterliegen, selbst bei Berücksichtigung alters-, geschlechts- und rassebedingter Abweichungen.

Der Hämoglobinanteil zeigt eine Variabilität, die nicht erklärbar ist (BELL, 1971).

Bei Untersuchungen von BAUMGART (2005) ergab sich abhängig von der Besatzdichte in Volierenhaltung ein Hämatokritwert zwischen 21% und 22%, der Hämoglobinwert lag zwischen 11,2 g/dl und 11,7 g/dl. Bei einem Vergleich verschiedener Legehennenlinien erhielt LE BRIS (2005) einen durchschnittlichen Hämatokritwert von 28,75%, die Konzentrationen für Hämoglobin lagen im Mittel bei 10,72 g/dl. Bei beiden Parametern traten im zeitlichen Verlauf keine deutlichen Schwankungen auf.

### **2.5.2 Immunsystem**

Immunglobuline zählen zum spezifischen humoralen Abwehrsystem, sie werden auch als Antikörper bezeichnet. Sie binden nach dem „Schlüssel-Schloss“-Prinzip ausschließlich an Antigene, die ihre Synthese hervorgerufen haben. Die Immunglobuline der Vögel werden in die Klassen IgM, IgA und IgY eingeteilt. Das Hauptimmunglobulin der Hühner ist das IgY, das äquivalent zum Säuger-IgG ist. Da es zu einem großen Teil im Eidotter vorkommt, leitet sich seine Bezeichnung von Yolk (englisch: Eidotter) ab. Es ist aus zwei leichten und zwei schweren durch Disulfidbrücken miteinander verbundenen Peptidketten aufgebaut (LÖSCH et al., 2000; LESLIE und CLEM, 1970)

LI et al. (1998) untersuchten die Immunantwort von zwei verschiedenen Hennenlinien (Single Comb White Leghorn, SCWL und Rhode Island Red, RIR) auf eine Immunisierung mit Bovinem Serum Albumin (BSA) als Antigen. Bei beiden Linien stieg die Antikörper-Aktivität im Serum bis zum 14. Tag nach der Immunisierung rasch an und erreichte dann ein Plateau. Im Titerverlauf zeigten beide Linien eine ähnlich hohe BSA-spezifische Antikörperkonzentration. Somit ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Linien. ERHARD et al. (2000b) konnten jedoch in einer Studie zur Testung von Adjuvantien feststellen, dass vor Immunisierung jüngere Hennen (fünf Monate alt) mit 9,4 mg/ml durchschnittlich signifikant höhere IgY-Konzentrationen im Serum aufwiesen als ältere (neun Monate alt) mit 5,9 mg/ml. Nach der Immunisierung wurden jedoch in beiden Gruppen keine signifikanten Veränderungen im IgY-Gehalt festgestellt. Hingegen war die spezifische Antikörper-Antwort im Serum bei den älteren Hühnern höher als bei den jüngeren.

Neben dem Alter kann auch das Haltungssystem von Hennen einen Einfluss auf die Höhe der Immunantwort nehmen. So fanden ERHARD et al. (2000a) bei Hennen aus Käfighaltung nach Immunisierung mit Humanem Serum IgG einen höheren spezifischen Antikörpertiter und höhere durchschnittliche IgY-Konzentrationen im Dotter, als bei Legehennen aus Bodenhaltung. Bei Hennen, die ohne Adjuvantien immunisiert wurden, enthielt der Eidotter im Mittel IgY-Konzentrationen von 13,49 mg/ml bei Bodenhaltung und 13,62 mg/ml bei Käfighaltung. Die Konzentrationen lagen höher bei Adjuvans-Zusatz: 14,05 mg/ml bei Bodenhaltung, 15,41 mg/ml bei Käfighaltung. Weiterhin zeigte sich bei den Hennen in Käfighaltung eine höhere Eiproduktionsrate als bei den Hennen aus Bodenhaltung.

Im zeitlichen Verlauf einer Legeperiode kann sich der IgY-Gehalt im Dotter deutlich verändern, wie LE BRIS (2005) bei einer Vergleichsstudie zwischen verschiedenen Hennenlinien herausfand. Die durchschnittliche Konzentration von IgY im Dotter lag hier bei 21,2 mg/ml, wobei sich die einzelnen Linien nicht signifikant unterschieden. Die gesamte Zeit der Legeperiode betrachtet, stiegen die Immunglobulinwerte zwei Wochen nach der Einnistung steil an und fielen acht Wochen später auf Werte um 15 mg/ml ab, um im 8. Legemonat wieder steil anzusteigen, zum Ende der Legeperiode auf Spitzenwerte von 40 mg/ml.

### **2.5.3 Knochenbruchfestigkeit**

Seit über 40 Jahren ist Osteoporose ein Problem in der Käfighaltung. Sie ist definiert als eine Abnahme der strukturellen Knochenmasse, was zu einer erhöhten Frakturneigung der Knochen führt und hauptsächlich durch Bewegungsmangel verursacht wird (BISHOP et al., 2000). In Voliersystemen, die mehr Bewegung zulassen, sind die Knochen deshalb stabiler (KNOWLES und WILKINS, 1998). Allerdings ist die Anzahl der Knochenbrüche während der Legeperiode in Nicht-Käfigsystemen relativ hoch, was auf Unfälle beim Anfliegen der Sitzstangen und Nester zurückzuführen ist. Hingegen führt Osteoporose in Käfigsystemen nicht in nennenswerten Maßen zu Knochenbrüchen (BESSEI, 2006). Auch besteht für die Knochenbruchfestigkeit unter anderem eine Abhängigkeit von der Besatzdichte. BAUMGART (2005) ermittelte für Hennen in Volierenhaltung mit unterschiedlicher Besatzdichte Femur-Bruchfestigkeiten zwischen 217,6 N und 263,7 N, wobei sich die

schlechteste Bruchfestigkeit in der höchsten Besatzdichte ergab. Als mögliche Ursache kam die eingeschränkte Bewegungsmöglichkeit auf Grund der hohen Tierzahl in Betracht. In Volierenhaltung mit verschiedenen Einstreumaterialien konnten Knochenbruchfestigkeiten von 198,6 N bis 251,8 N gemessen werden, der niedrigste Wert für Strohpellets als Einstreu, der höchste für Stroh als Material (FITZ, 2007). VITS (2005) stellte eine Korrelation zwischen der Knochenbruchfestigkeit und dem Gewicht der Hennen fest, schwere Legelinien zeigten eine höhere Bruchfestigkeit als leichte. Abhängig vom Haltungssystem und der Gruppengröße, erhielt sie Humerusbruchfestigkeiten von 184,0 N im ausgestalteten Käfig mit 40 Hennen und von 198,2 N bei der Gruppe mit 10 Hennen. BAZER (2005) ermittelte für Legehennen in strukturierter und unstrukturierter Auslaufhaltung Knochenbruchfestigkeiten von durchschnittlich 276,7 N und 265,5 N.

## **2.6 Exterieurbeurteilung bei Legehennen**

### **2.6.1 Gefiederzustand**

Für die Tiergerechtheit eines Haltungssystems ist der Gefiederzustand ein wichtiger Parameter, da ein intaktes Gefieder unter anderem wichtig ist für die Isolationswirkung. Gefiederschäden liegen multifaktorielle Ursachen zu Grunde. So können sie durch Abrasion der Federn an Käfiggittern, durch Federpicken von Artgenossen, durch Mangelernährung oder durch Ektoparasitenbefall entstehen (LÖLIGER, 1992). Hält man Hennen in Kleingruppen, wird ihnen ermöglicht eine Rangordnung auszubilden. Dadurch kann die Ausbreitung von Federpicken vermieden bzw. besser kontrolliert werden. So schnitten Hennen aus konventioneller Käfighaltung mit weniger Tieren pro Gruppe im Gefiederzustand besser ab, als Hennen aus einer Kleingruppe mit mehr Tieren. Dennoch kann es bei aktiven Federpickern zu einer entsprechenden Schädigung in der Gruppe kommen, wenn es nicht gelingt diese Tiere aus der Gruppe zu entfernen (BUCHTA et al., 2006).

SEWERIN (2002) verglich den Gefiederzustand von Lohmann Silver Legehennen aus Volierenhaltung und ausgestalteten Käfigen. Das Gefieder der Hennen aus der Voliere war im Durchschnitt sowohl nach sechs als auch nach elf Monaten signifikant vollständiger als bei den Hennen im ausgestalteten Käfig. BAUMGART (2005) stellte

im Gefiederzustand von Hennen aus Volierenhaltung eine Verschlechterung im Verlauf der Legeperiode fest.

### **2.6.2 Krallenlänge**

Seit 01.01.2003 müssen Käfigsysteme für Legehennen mit Krallenabrieb-Vorrichtungen ausgestattet sein (BÖTTCHER, 2006). FIKS-VAN NIEKERK und VAN EMOUS (2003) haben die Krallenlänge von Hennen aus Boden- und Käfighaltung miteinander verglichen und ermittelten bei weißen Hennen eine durchschnittliche Länge von 21 mm, bei braunen von 17 mm. Die Variationsbreite war sehr groß und reichte von 9 mm bis 32 mm bei den weißen Hennen und 8 mm bis 26 mm bei den braunen Hennen. Die Bodenausführung hatte keinen Einfluss auf die Krallenlänge, sie nahm aber mit wachsender Einstreudicke zu und ebenso mit steigendem Lebensalter. Die Länge ist somit abhängig von der Hennenherkunft, der Einstreudicke im Haltungssystem und dem Lebensalter. Messungen mit einer Schieblehre liefern genaue Ergebnisse, mit einem Maßband liegen die Ergebnisse rund 10% höher, da das Maßband um die Krümmung der Kralle gelegt wird. BUCHTA et al. (2006) verglichen die Krallenlänge von Hennen in konventioneller Käfighaltung mit der von Hennen aus Kleingruppenhaltung, in beiden Systemen waren mit Löchern gestanzte Bleche zum Krallenabrieb angebracht. Dennoch zeigte sich, dass die Vorrichtungen das Längenwachstum der Krallen nicht ausreichend aufhalten konnten. In beiden Gruppen nahm die Krallenlänge von anfänglich ca. 1,5 cm in der 24. Lebenswoche auf über 1,8 cm in der 59. Lebenswoche zu.

## **2.7 Gesundheitsstatus und Mortalität bei Legehennen**

Der Gesundheitsstatus und die Verlustrate ist ein wichtiges wirtschaftliches Kriterium in der Legehennenhaltung und wird im Wesentlichen vom Haltungssystem beeinflusst (BESSEI, 2006). Die Mortalitätsrate ist in Nicht-Käfig-Haltungen deutlich höher als in Käfighaltungssystemen, da die Tiere häufig mit Endo- und Ektoparasiten belastet sind und Kannibalismus vermehrt auftritt. Osteoporose tritt überwiegend in konventionellen Käfigen auf und ist unter anderem mit Bewegungsmangel in

Verbindung zu bringen. Die Anzahl der Knochenbrüche ist in den Nicht-Käfigsystemen relativ hoch, was auf Unfälle beim Anfliegen der Nester und Sitzstangen zurückzuführen ist. Fußballengeschwüre kommen gehäuft in Systemen mit Sitzstangen vor (BESSEI, 2006). Das Fettleber-Hämorrhagie-Syndrom tritt vorrangig in Käfighaltung und nur selten in Bodenhaltung auf (RIDDEL, 1997). Bei einem Vergleich der Tierverluste in verschiedenen Haltungssystemen ergab sich eine durchschnittliche Verlustrate von 11,8% in Freilandhaltung, von 8,25% in Volierenhaltung mit unterschiedlicher Besatzdichte (BAUMGART, 2005), und ein Verlust von 3,2% in Kleingruppenhaltung gegenüber 6,1% in konventioneller Käfighaltung (BUCHTA et al., 2006). LÜKE et al. (2006) ermittelten für Volierenhaltung eine hohe Verlustrate von 34,2%, bedingt durch *E. coli* Einbrüche, in Bodenhaltung und Kleingruppenhaltung lag die Mortalitätsrate bei 4,9% und 3,5%.

## **2.8 Luftverunreinigungen in der Legehennenhaltung**

### **2.8.1 Schadgase**

Ammoniak ist das Hauptschadgas in der Stallluft und ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, das bei Zersetzung eiweißhaltiger Verbindungen durch anaerobe und aerobe harnstoffabbauende Bakterien entsteht. Es führt zu einer Hemmung des Gasaustausches in der Lunge. Als Obergrenze gilt ein Richtwert von 20 ppm (MÜLLER, 2003).

### **2.8.2 Staub**

Als Staub bezeichnet man feinkörnige oder faserartige Partikel einer festen Substanz, die abgelagert sind oder sich in einem Gas oder einer Flüssigkeit im Schwebезustand befinden (BÜSCHER, 2005). Staubpartikel im Stall enthalten häufig Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Pilze) und Endotoxine (Lipopolysaccharide gramnegativer Bakterien). Staubquellen sind besonders Tieroberflächen (Hautschuppen, Haare, Federn), aber auch Futterreste, Einstreu und getrocknete Fäkalien. Staub kann zu gesundheitlichen Belastungen des Personals führen, da

durch ihn die Haut und vor allem die Atemwege gereizt werden, es kann zu aerogenen Infektionen sowie zu allergischen Erscheinungen (Dämpfigkeit, Asthma) kommen (MÜLLER, 2003). Es wird zwischen einatembarem (Partikelgröße  $>10\ \mu\text{m}$ ) und alveolengängigem Staub (Partikelgröße  $<5\ \mu\text{m}$ ) unterschieden. In Stallsystemen gibt es Unterschiede im Staubgehalt zwischen den gehaltenen Tierarten sowie im Tagesverlauf. Besonders hohe Konzentrationen von einatembarem und alveolengängigem Staub ergeben sich in der Geflügelhaltung. Der Konzentrationsanstieg fällt besonders stark aus, wenn Trockenfutter über die Futterkette im Stall verteilt wird. Hingegen sinkt die Staubkonzentration in der Dunkelphase mit dem Ruheverhalten der Tiere auf ein Minimum ab (BÜSCHER, 2005). In Legehennenbetrieben entsteht besonders viel Staub in der Volierenhaltung bedingt durch das Einstreumaterial. Wird ausschließlich Stroh verwendet erhöht das die Staubentwicklung (PESCHEL, 2004). SCHNEIDER et al. (2005) untersuchten den Luftstaubgehalt in Legehennenhaltung in Käfig- und Volierensystemen. Bei 24-stündigen Messungen erhielten sie für alveolengängigen Staub Werte zwischen  $0,12\ \text{mg}/\text{m}^3$  und  $1,46\ \text{mg}/\text{m}^3$ , abhängig von Haltungssystem, Besatzdichte und Jahreszeit. Bei Kurzzeit-Messungen ergaben sich Werte zwischen  $0,07\ \text{mg}/\text{m}^3$  und  $0,71\ \text{mg}/\text{m}^3$ . Mögliche Maßnahmen zur Verringerung der Staubbelastung in Legehennenhaltung sind der Einsatz von Kotbändern, die Kombination des Einstreumaterials mit Sand oder der Einsatz eines staubbindenden Hochdruck-Vernebelungssystems (PESCHEL, 2004). Eine impulsarme Zuluftführung kann die Staubbelastung um 40% bis 50% reduzieren, mit einer Intervall-Ventilation können bis zu 60% Staubreduktion erreicht werden (BÜSCHER, 2005).

## **3 TIERE, MATERIAL UND METHODEN**

### **3.1 Tiere**

#### **3.1.1 Rasse**

Im Versuch wurden die Legehennenhybriden der Linie „Lohmann Silver“ verwendet. Diese Linie zeichnet sich durch eine überwiegend weiße und sehr gute Befiederung, braunschalige Eier und ein ruhiges Verhalten aus. Alle Tiere stammten aus dem gleichen Aufzuchtbetrieb der Firma LSL, Niederlassung Heinrichsruh in 85459 Berglern, wo die Junghennen nach den Richtlinien der Öko-Kontrollstelle DE 006 aufgezogen wurden. Im Alter von 18 Wochen und 2 Tagen wurden die nicht schnabelkupierte Legehennen im Versuchsstall der Tierärztlichen Fakultät auf dem Oberwiesenfeld eingestallt.

#### **3.1.2 Versuchsgruppen**

Die 540 Tiere wurden in zwei gleich große Versuchsgruppen aufgeteilt, wovon die eine Hälfte der Tiere in eine Großvolierenanlage der Firma Big Dutchman, Vechta, und die andere Hälfte in eine Kleinvolierenanlage der Firma Salmet, Berge, eingestallt wurde. Beide Haltungssysteme befanden sich in voneinander getrennten, raumgleichen Ställen im selben Gebäude.

Die Tiere der Großvoliere wurden in drei Gruppen mit einer Anzahl von jeweils 90 Hennen in drei identisch großen Abteilen eingestallt. Zusätzlich befand sich bei jeder Gruppe noch ein Hahn. Die Besatzdichte lag hier bei 6,25 Hennen pro m<sup>2</sup> Nutzfläche (entspricht 1600 cm<sup>2</sup>/Tier) bzw. 13,5 Hennen pro m<sup>2</sup> nutzbare Stallgrundfläche.

In der Kleinvoliere befanden sich sechs Gruppen zu je 45 Tieren in sechs gleichen Abteilungen, jedoch ohne ein männliches Tier. Die Besatzdichte betrug hier 9 Hennen pro m<sup>2</sup> Käfigfläche (entspricht 1111 cm<sup>2</sup>/Tier).

Die Versuchsdauer belief sich über eine Legeperiode von 12 Monaten, dies entsprach dem Zeitraum vom 30. September 2005 bis zum 20. September 2006.

Die Blutentnahmen wurden gemäß § 8a des Tierschutzgesetzes bei der Regierung von Oberbayern angezeigt (Aktenzeichen 55.2-1-5431.2-38-05).

## **3.2 Aufstallung**

### **3.2.1 Stallsystem der Großvoliere**

Die institutseigene Volierenanlage (Typ Natura) der Firma Big Dutchman befand sich in einem Stall mit wärmegeämmten Außenwänden, welche im Innenraum mit Holz verkleidet waren. Der Boden bestand aus einem 50 cm erhöhten Betonsockel, unter welchem die Zugänge zu einem Abfluss verliefen, die durch Platten aus Metall abgedeckt waren. Die Voliere wurde mittels Drahtgitter in vier gleich große und identische Abteile unterteilt, von denen jedoch nur drei mit Tieren besetzt wurden und ein Abteil ungenutzt blieb.

Die Inneneinrichtung der Anlage besaß in jedem Abteil acht Doppellegenester mit einer Einzelfläche von 32x50 cm<sup>2</sup>, die an einer Wandseite in zwei übereinander liegenden Reihen angeordnet waren. Den Legenestern gegenüberliegend befanden sich zwei-etagige Kotbänder mit Kunststofflaufgittern, doppelte Futterbahnen und 17 Nippeltränken je Volierenabteil. Über den Laufgittern und über dem Bodenraum waren Sitzstangen aus Rundmetall montiert, vor den Nestreihen jeweils zwei ovale Holzstangen. Der Scharrbereich wurde mit Strohpellets eingestreut und in Abständen von acht Wochen entmistet und erneuert.

Den Hennen stand in jedem Abteil eine nutzbare Fläche von insgesamt 14,4 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Außerhalb der Volierenanlage befand sich an der einen Stirnseite die Futtersversorgung, an der anderen die Kotauffangwanne.

Die Beleuchtung der Volierenanlage wurde über ein Lichtprogramm geregelt, welches manuell über eine Zeitschaltuhr verändert werden konnte. In den ersten beiden Legewochen betrug die Hellphase 12 Stunden und wurde danach kontinuierlich auf 15 Lichtstunden und neun Dunkelstunden verlängert. Morgens schaltete die Beleuchtung um 04:00 Uhr ein und abends um 19:00 Uhr aus; eine Dämmerlichtphase gab es nicht. Über Nacht sorgten allerdings zwei Nachtlichter an einer Längsseite für ausreichende Orientierung.

Als Lichtquellen dienten vier flimmerfreie gleichgeschaltete Spezialleuchtröhren unterhalb der Nistplätze in ca. 1 m Höhe, sowie vier gegenüber liegende Röhren zwischen Bodenfläche und Kotband in einer Höhe von ca. 1,60 m. Im Volierengang und im vorderen Scharrbereich betrug die Lichtintensität im Mittel 217 Lux, im Scharraum unterhalb des Kotbandes 53 Lux. Die höchste Intensität wurde im

Wandbereich mit 490 Lux gemessen, im Bereich der unteren Etage betrug sie 118 Lux, in der oberen Etage 44 Lux. Die geringste Helligkeit herrschte im Nistplatzbereich, bei der oberen Legenestreihe betrug sie 8 Lux, bei der unteren 35 Lux. Ermittelt wurde die Lichtintensität in den verschiedenen Stallbereichen mittels einer Lambda Sonde in Verbindung mit dem Messgerät-System ALMEMO (Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, Holzkirchen).

Das Stallklima wurde durch eine Temperatur-Sollwert-gesteuerte Unterdrucklüftung konstant gehalten und unterlag nur minimalen tages- und jahreszeitlichen Schwankungen, so dass ein optimaler Luftaustausch und eine konstante Stalltemperatur gewährleistet wurden.

### **3.2.2 Stallsystem der Kleinvoliere**

Die Kleinvoliere der Firma Salmel, Berge (welche freundlicherweise vom Hersteller zur Verfügung gestellt wurde), war ebenso wie die Großvolierenanlage in einem wärmegeprägten Stall, auf einem 50 cm erhöhten Betonpodest untergebracht.

Die drei-etagige Anlage bestand aus sechs gleich großen Abteilen, wovon sich jeweils zwei auf einer Ebene befanden und durch eine glatte geschlossene Wand voneinander getrennt waren. In jedem Abteil war links und rechts in der Mitte der Stirnseite ein Gruppennest mit einer Fläche von 2420 cm<sup>2</sup> angeordnet, welches mit einem Vorhang aus Kunststoff sowie einer Astroturfmatte ausgestattet war. Zwei weitere Astroturfmatte waren jeweils in 30 cm Entfernung vom Nest in der Mitte des Käfigs angebracht, welche automatisch mit Substrat zum Sandbad beschildert werden konnten; ihre Fläche betrug jeweils 1800 cm<sup>2</sup>. Als Substrat diente das Legehennenfutter, welches mit einer durchschnittlichen Menge von ca. 35 g um 10 Uhr, 12 Uhr und 14 Uhr auf die Maten aufgestreut wurde. Der Boden der Anlage bestand aus Drahtgitter, welcher um sieben Grad zur Außenseite des Käfigs hin geneigt war, was ein Abrollen der gelegten Eier gewährleisten sollte. In jedem Abteil waren 4 niedrige Sitzstangen in jeweils 65 cm Entfernung zueinander montiert, die im Bereich des Troges 15 cm über dem Boden angebracht waren und eine Länge von je 1,25 m besaßen. In der Mitte des Käfigs befanden sich 2 erhöhte 1,35 m lange Sitzstangen, die einen Abstand von 22 cm zum Boden hatten.

Vor dem Futtertrog, der an der Längsseite der Anlage verlief, war ein Krallenabriebstreifen aus gelochtem Blech angebracht. Die Käfigfront bestand aus horizontalen Gitterstäben, welche einen Abstand von 5 cm zueinander aufwiesen. Diese Stabfront war in 6 separate Einheiten unterteilt, die sich zum Öffnen in den Innenraum der Anlage einklappen ließen.

In jedem Abteil hatten die Hennen eine Gesamtbodenfläche von 5 m<sup>2</sup> zur Verfügung, die Höhe betrug im Bereich des Futtertroges 55 cm, im mittleren Käfigraum 47 cm. Den Tieren standen pro Gruppe 7 Nippeltränken im mittleren Käfigbereich zur Verfügung. Außerhalb der Käfiganlage befand sich an einer Giebelseite die Futtersversorgung, an der anderen der Kotsammelplatz.

Ebenso wie in der Großvolierenanlage wurde die Beleuchtung in der Kleinvoliere über ein Lichtprogramm gesteuert, die Lichtphase begann auch hier morgens um 04:00 Uhr und endete abends um 19:00 Uhr. Als Lichtquellen dienten ebenfalls flimmerfreie gleichgeschaltete Spezialleuchtröhren mit einer Länge von 1,60 m, wovon 4 Stück in einer Höhe von 60 cm über dem Boden senkrecht an der Wand der Längsseite des Stalles angebracht waren. Die gegenüber liegende Längsseite blieb zum Zweck von Verhaltensstudien unbeleuchtet. Die durchschnittlichen Lichtintensitäten im Stall enthält Tabelle 1.

**Tabelle 1: Durchschnittliche Lichtintensität in den verschiedenen Bereichen des Kleinvolierenstalles**

	<b>Helle Seite Licht in Lux</b>	<b>Dunkle Seite Licht in Lux</b>	<b>Nest Licht in Lux</b>
<b>KV 1</b>	157	20	20
<b>KV 2</b>	203	20	20
<b>KV 3</b>	323	20	20
<b>KV 4</b>	183	20	20
<b>KV 5</b>	247	20	20
<b>KV 6</b>	117	20	20

Auch in diesem Stall wurde das Klima durch eine Temperatur-Sollwert-gesteuerte Unterdrucklüftung konstant gehalten.

Da es weder in der Volierenanlage noch in der Käfiganlage ein automatisches Eier-Transportband gab, wurden die Eier einmal täglich von Hand eingesammelt.

### 3.2.3 Futtermittellversorgung

Das Futter für die Legehennen stammte aus ökologischem Anbau und wurde von der Betriebsstation Viehhausen, einem Versuchsgut der TU München/ Weihenstephan zur Verfügung gestellt. Die Zusammensetzung des Alleinfutters ist in Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2 : Zusammensetzung des Alleinfutters für Legehennen**

<b>Zusammensetzung der Ration</b>	35% Legehennenenergänzer 35% Weizen 10% Triticale 20% Erbsen
<b>Anteile der Rohstoffe (g/kg Futter)</b>	Protein 198,4; Rohfaser 41,55; Rohfett 27,45; Energie 10,76 MJ ME/kg; Methionin 3,88; Lysin 7,92; Methionin + Cystin 7,45; Natrium 1,43; Phosphor 5,75; Calcium 30,2; Trockensubstanz 889,1;

## **3.3 Stallmanagement**

### **3.3.1 Hygiene und Bestandsgesundheit**

Der Innenraum jedes Stalles wurde vor der Neubesetzung mit einem Hochdruckreiniger gesäubert und mit DVG-gelisteten Desinfektionsmitteln desinfiziert. Um Milbenbefall vorzubeugen wurden die Ställe vor Belegung zweimal mit einem Schädlingsbekämpfungsmittel (Detmolin F) und einem insektiziden Emulsionskonzentrat (Detmol-dur) ausgegast. Während der Legeperiode wurden beide Ställe in regelmäßigen Zeitabständen zur Bekämpfung der roten Vogelmilbe mit Silikatstaub eingesprüht.

Der Legehennenbestand wurde täglich einmal auf Tiere mit Krankheitsanzeichen kontrolliert. Wurden bei einem Tier Auffälligkeiten festgestellt, wurde es aus der Gruppe herausgefangen und einzeln untersucht. Zu den Tierverlusten zählten tot aufgefundene oder selektierte Hennen.

### **3.3.2 Impfprophylaxe**

In der Aufzuchtphase wurden bei den Hennen folgende prophylaktischen Impfungen vorgenommen:

- Newcastle-Disease (ND)
- Mareksche Krankheit
- Infektiöse Bronchitis (IB)
- Salmonellen-Infektion
- Mykoplasma-Infektion
- Aviäre Adenovirus-Salpingitis
- Kokzidiose-Infektion

Während der Legeperiode erfolgte regelmäßig in dreimonatigen Abständen eine Nachimpfung des gesamten Bestandes gegen ND und IB über das Trinkwasser.

## **3.4 Erfassung von Produktionsparametern**

### **3.4.1 Legeleistung**

Die exakte Eianzahl der jeweiligen Legehennengruppen wurde durch tägliches Eier einsammeln von Hand erfasst. Die Eier wurden jeden Tag gegen 11 Uhr eingesammelt und gezählt, um auch für einzelne Tage einen repräsentativen Wert zu erhalten. Die täglich erlangten Zahlen ergaben die Prozentzahl der Legeleistung je Bestandshenne, bezogen auf die Anfangstierzahl. Während der Legeperiode aufgetretene Tierverluste wurden bei der Legeleistung nicht berücksichtigt.

### **3.4.2 Anteil verlegter Eier**

Die Summe aller außerhalb der Nester gelegten Eier wurde täglich registriert und in der Volierenanlage zusätzlich der Fundort, ob Boden oder Laufgitter, angegeben.

### **3.4.3 Eigewicht**

Alle vier Wochen wurde das exakte Einzeleigewicht sämtlicher Eier eines Tages aus jeder der neun Versuchsgruppen mit Hilfe einer Digitalwaage ermittelt. Daraus wurde ein Durchschnittsgewicht für jede Stalleinheit errechnet.

### **3.4.4 Knick-, Bruch- und Schmutzeier**

Von der äußerlichen Norm abweichende Eier wurden beim täglichen Eiereinsammeln mit erfasst, gezählt und nach folgender Definition eingeteilt:

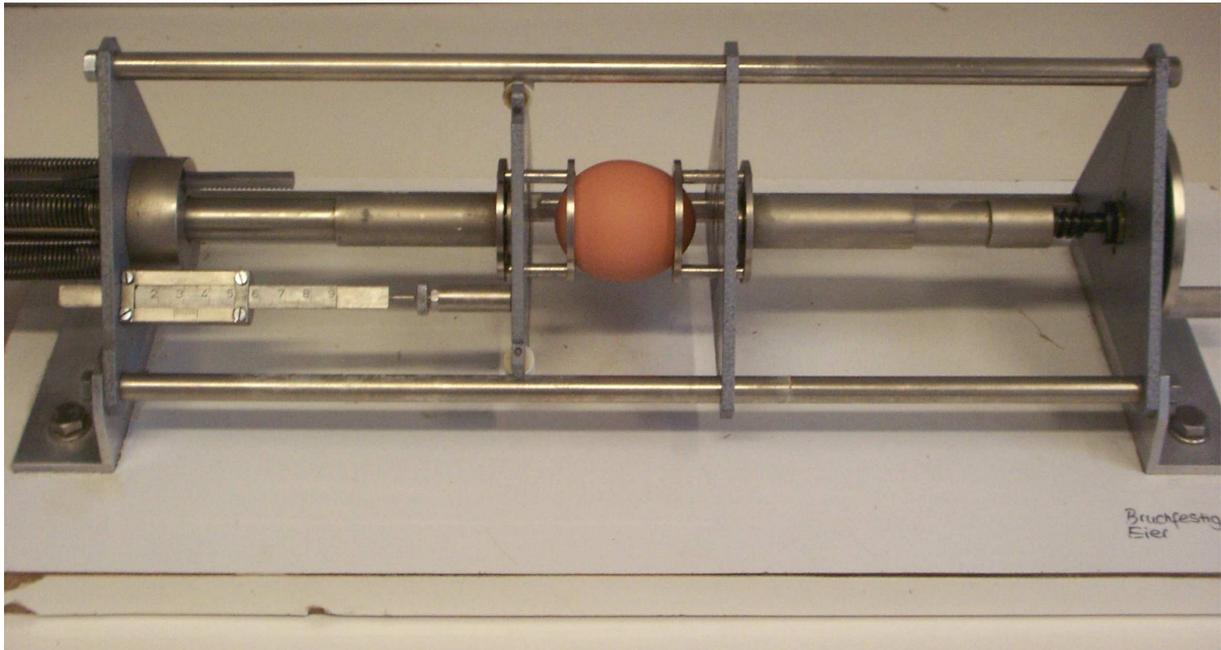
1. Knickeier: besitzen eine verletzte, aber nicht durchbrochene Schale, es sind Risse oder eingedrückte Stellen vorhanden, die innere Eihaut ist jedoch nicht beschädigt.

2. Brucheier: sowohl die Eischale als auch die Eihaut sind beschädigt.
3. Windeier: es ist keine Außenschale vorhanden, die inneren Bestandteile des Eies sind alleinig von der Eihaut umgeben.
4. Schmutzeier: die Schale ist mit Blutflecken, Kotspuren oder verklebtem Staub verschmutzt oder die Eier wurden auf dem Boden abgelegt.

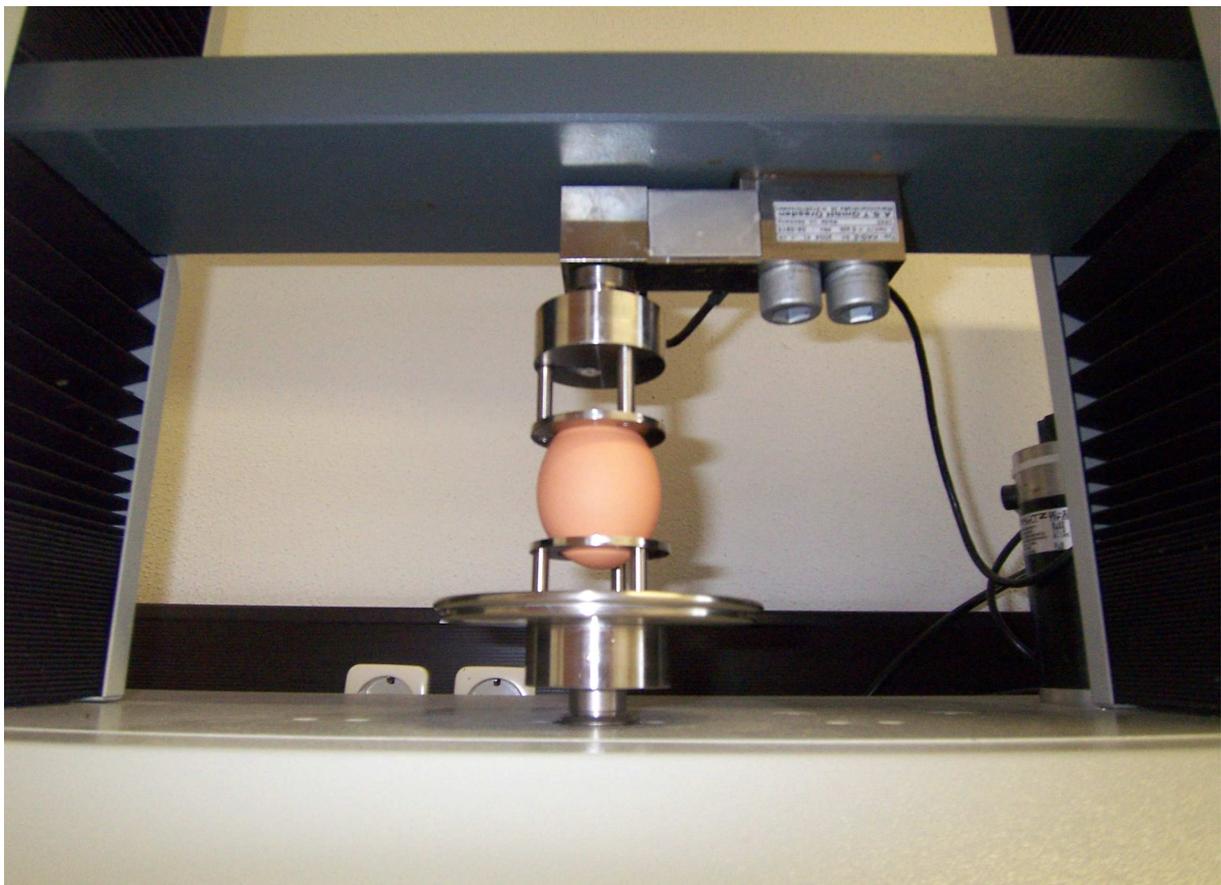
### **3.4.5 Schalenbruchfestigkeit**

Ebenfalls alle vier Wochen wurde ab der 41. Lebenswoche an 10 Eiern je KV-Gruppe und an 20 Eiern je GV-Gruppe die Bruchfestigkeit der Eischalen bestimmt. Hierfür wurde ein Messapparat nach RAUCH (1958) verwendet (siehe Abbildung 1), in welchem ein Ei waagrecht zwischen zwei Druckplatten eingespannt wurde und die Druckkraft einer Schraubenfeder durch Spindeldrehung so lange verstärkt wurde, bis die Schale zerbrach. Am Bruchpunkt konnte die Kraft des ausgeübten Druckes am Gerät in Newton abgelesen werden.

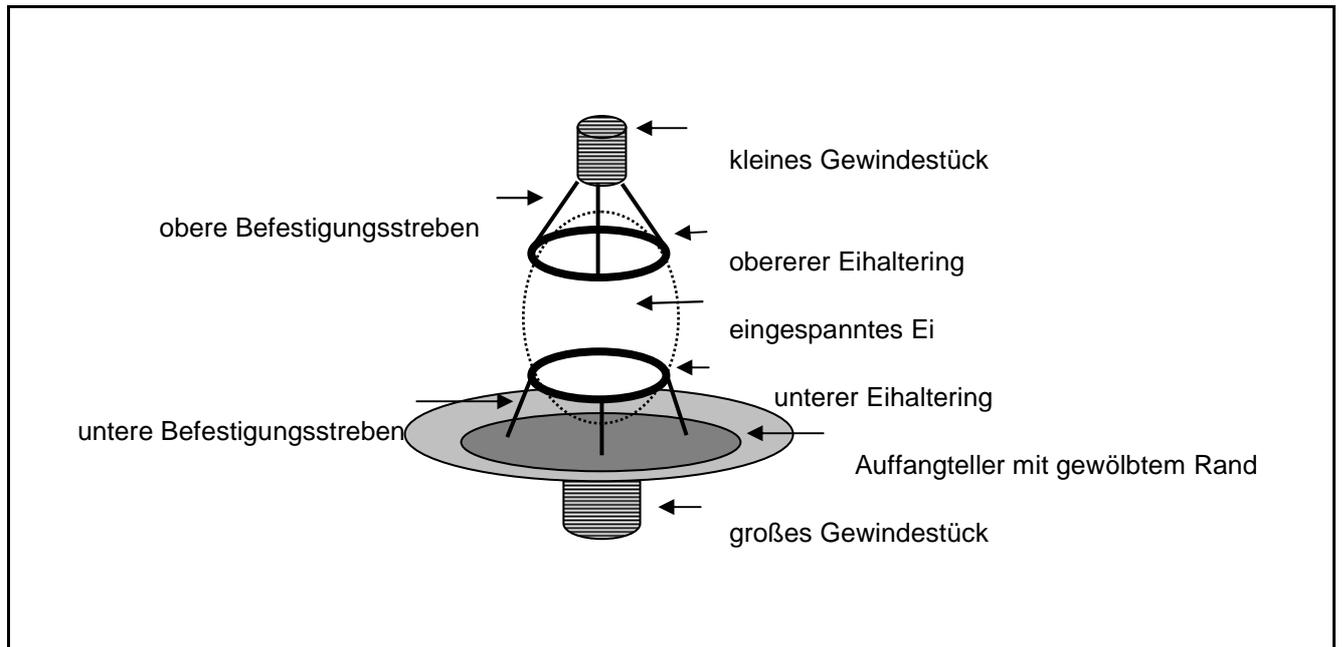
Am Ende der Legeperiode wurde eine vergleichende Bruchfestigkeitsmessung zwischen dem Messapparat nach RAUCH (1958) und einer im Institut modifizierten Eihalterung für die Materialprüfungsmaschine „Z005“ (DO-FB 005 TS) der Firma Zwick/Roell durchgeführt (siehe Abbildung 2 und 3). Hierfür wurden in der 69. Lebenswoche jeweils 150 Eier der Großvolierengruppen und 150 Eier der Kleinvolierengruppen zur einen Hälfte im Gerät nach RAUCH (1958) und zur anderen im Zwick/Roell-Gerät gebrochen. Ziel der Untersuchung war es, einen möglichen Unterschied hinsichtlich der aufzuwendenden Kraft bei unterschiedlicher Krafteinwirkung auf die Eischale zu ermitteln. Im Messapparat nach RAUCH (1958) wirkte die Kraft punktuell auf die Eipole des waagrecht eingespannten Eies ein. In der Zwick/Roell-Prüfungsmaschine mit modifiziertem Eihalter wirkte die Kraft ringförmig auf die Eipole der senkrecht eingespannten Eier ein. Die gewählte Vorkraft betrug 5 N, die Vorkraftgeschwindigkeit 30 mm/min und die Prüfgeschwindigkeit 200 mm/min.



**Abbildung 1:**  
**Messapparat nach RAUCH (1958)**



**Abbildung 2:**  
**Materialprüfungsmaschine Zwick/Roell „Z005“ mit modifizierter Eihalterung**



**Abbildung 3:**  
**Schematische Darstellung der modifizierten Eihalterung**

### 3.4.6 Dicke der Eierschalen

In vierwöchentlichen Abständen wurden je 10 Eier aus jeder Kleinvolierengruppe und je 20 Eier aus jeder Großvolierengruppe aufgeschlagen, der Eihalt sowie die Eihaut entfernt und die Schalendicke mittels einer digitalen Schieblehre am Äquator vermessen. Die Schale wurde nur maximal zwei Millimeter in die Schieblehre eingebracht, um kein verfälschtes Ergebnis durch die natürliche Krümmung der Schale zu erhalten.

## **3.5 Physiologische Blutparameter**

### **3.5.1 Entnahme und Aufbereitung der Blutproben**

Alle vier Wochen wurde bei je 10 Hennen pro Gruppe aus der Kleinvolierenhaltung und bei je 20 Hennen pro Gruppe aus der Großvolierenhaltung eine Blutentnahme durchgeführt (n = 60 je Haltungssystem). Hierfür wurden immer dieselben Tiere ausgewählt, welche durch verschiedenfarbige Fußringe individuell markiert waren. Bei einem Tierverlust wurde ein zufällig ausgewähltes Huhn derselben Haltungsgruppe als Ersatz nachberingt. Jedem Tier wurden ca. 3,5 ml Blut aus der *Vena ulnaris* entnommen, wovon 3 ml in 4,5 ml-Serum-Röhrchen (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Deutschland) und 0,5 ml in Kalium-EDTA beschichtete 2 ml Reagenzröhrchen (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Deutschland) abgefüllt wurden. Im Anschluss an die Blutentnahme erfolgten die weiteren Untersuchungen im Labor des Institutes.

### **3.5.2 Hämatokrit-Messung**

Direkt nach der Blutentnahme wurden die EDTA-Röhrchen geschwenkt und durch die wirkende Kapillarkraft von Mikrohämatokritröhrchen soviel Blut in diese gezogen, dass sie mindestens zu einem Dreiviertel gefüllt waren. Das eine Ende der heparinisierten Glaskapillaren wurde mit einem speziellen Versiegelungskitt verschlossen und diese in einer Hämatokrit-Zentrifuge bei 5000 x g für drei Minuten zentrifugiert. Der Hämatokritwert, welcher den prozentualen Anteil der korpuskulären Blutbestandteile angibt, wurde mittels einer Ableseschablone ermittelt und in Volumenprozent angegeben.

### **3.5.3 Hämoglobin-Bestimmung**

Die Auswertung des Hämoglobins erfolgte nach der Cyanhämoglobin-Methode. Hämoglobin wird durch Zusatz von Kaliumferricyanid in Methämoglobin umgewandelt und mit Hilfe eines Spektralphotometers gemessen.

Hierfür wurden von jeder Probe 0,01 ml gekühltes EDTA-Blut mit je 2,5 ml Reaktions-

Lösung (Hämoglobin®, Boehringer Mannheim, Deutschland) vermischt und bei 20 bis 25°C mindestens drei Minuten inkubiert. Diese Lösung wurde anschließend in spezielle Küvetten überführt und bei einer Wellenlänge von 546 nm in einem Spektralphotometer (Ultrospec II, LKB Biochrom) gemessen. Die Berechnung der Konzentration (C) des Hämoglobins erfolgte über die Formel:  $C=36,77 \times E$  [g/dl]. Die Konzentration wird in g/dl (SI-Einheit:  $\times 0,6207$  mmol/l) angegeben.

### **3.6. Immunologische Parameter**

#### **3.6.1 IgY-Untersuchung mittels ELISA**

Die Bestimmung des Immunglobulins Y erfolgte im Serum. Die mit ca. 3 ml gefüllten Serum-Röhrchen wurden im Anschluss an die Blutentnahme bei 2000 x g für zehn Minuten zentrifugiert und das gewonnene Serum in 0,5 ml-Eppendorf-Cups abpipettiert. Pro Cup wurden 10 µl Serum mit 90 µl PBS (Phosphat-gepufferte Kochsalzlösung) verdünnt und verschlossen bei -20°C tiefgefroren aufbewahrt. Die Untersuchung erfolgte nach einer von ERHARD et al. (1992) entwickelten ELISA Methode.

Im ELISA-Reader (EAR 400 AT, Tecan Deutschland GmbH, Crailsheim) wurde bei 450 nm die Farbintensität der ELISA-Proben photometrisch gemessen. Mit Hilfe eines speziellen Computerprogramms (MikroWin 2000, Mikrotek Laborsysteme GmbH, D-Overath) wurde die Standardkurve und daran die Konzentration bestimmt. Die jeweiligen Verdünnungen wurden auf die Ursprungskonzentration zurückgerechnet. Das Ergebnis wurde aus den Einzelkonzentrationen im linearen Bereich der Standardkurve gemittelt.

#### **3.6.2 IgY-Anti-BSA-Untersuchung mittels ELISA**

In der 32. Lebenswoche wurden je 10 Hennen aus zwei Kleinvolierengruppen und 20 Hennen aus einer Großvolierengruppe, die schon für die vierwöchigen Blutabnahmen mit einem farbigen Fußring markiert waren, mit Bovinem Serum Albumin (A7906, Sigma, Fraktion V 98%) immunisiert. Die Immunisierungslösung bestand aus sterilem PBS, dem je Milliliter 0,5 mg BSA und 0,5 mg Lipopeptid-

Adjuvans (EMC Microcollections) beigegeben wurde. Hiervon wurden jedem Tier 0,2 ml in die Pectoralis-Muskulatur verabreicht. Vier Wochen später erfolgte in der 36. Lebenswoche bei diesen Tieren eine Boosterung analog zur Erstimmunisierung. Jeweils eine Woche später nach der Immunisierung und nach der Boosterung wurde diesen Tieren bei der regulären Blutabnahme noch weitere 3 ml Blut zusätzlich für das Serum-Röhrchen entnommen. Dieses wurde ebenso bis zur Auswertung bei 20°C tiefgefroren. Die Untersuchung erfolgte nach folgender von ERHARD et al. (2007) entwickelter Methode:

Im ersten Schritt erfolgte die Beschichtung der ELISA-Platte mit je 100 µl Beschichtungspuffer (enthielt 2 µg BSA/ml) pro Kavität, anschließend wurde die Platte bei 4°C über Nacht inkubiert. Im zweiten Schritt erfolgte die Blockierung mit einprozentiger Milchpulver/PBS-Lösung, wovon in jede Kavität der Platte 200 µl pipettiert wurden. Daraufhin wurde die Platte für eine Stunde bei 37°C inkubiert. Im dritten Schritt erfolgte der Probenauftrag mit je 100 µl pro Kavität: die Proben vor der Erstimmunisierung wurden 1:20 mit PBS-Tween verdünnt, die Proben nach der ersten und zweiten Immunisierung wurden 1:50 mit PBS-Tween verdünnt. Es wurde eine log<sub>2</sub>-Verdünnungsreihe angefertigt und im Anschluss wieder bei 37°C für eine Stunde inkubiert. Der vierte Schritt war der Konjugat-Auftrag mit 100 µl je Delle. Als Konjugat diente 1:40.000 Rabbit-Anti-Huhn-IgY-POD (Sigma A9046) in PBS-Tween. Diesem Schritt schloss sich wieder eine einstündige Inkubation bei 37°C an. Im fünften Schritt wurden pro Kavität je 100 µl Substrat aufgetragen, pro Platte setzte es sich zusammen aus: 10 ml TMB-Puffer (warm), 322 µl TMB-Stock und 3 µl H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Die Platte wurde für zehn Minuten im Dunkeln inkubiert und anschließend die Reaktion mit 1 molarer H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung (50 µl je Kavität) gestoppt. Die Messung erfolgte bei 450 nm im ELISA-Reader (EAR 400 AT, Tecan Deutschland GmbH, Crailsheim). Zwischen den fünf verschiedenen Schritten wurde die Platte jedes Mal mit PBS-Tween gewaschen.

Das Prinzip dieser Methode ist das eines Sandwich-ELISAs: die spezifischen Huhn-IgY aus der Probe erkennen das Antigen, mit dem die Platte beschichtet wurde und lagern sich dort an. Das Konjugat erkennt das Huhn-IgY und das Signal ist proportional zur Probe.

Die Titerbestimmung der log<sub>2</sub>-Verdünnung erfolgte bei einer Extinktion von 0,7. Zur Titerberechnung wurden folgende Formeln und Werte verwendet:

$t = x - (a - L) / (H - L)$ ,  $E = b \cdot 2^t$ , korrigierte t-Werte, korrigierte E-Werte, Mittelwerte aller Standard-Werte, Korrekturfaktor (= Mittelwert Standard-t/Standard-t) und korrigierter E-Wert logarithmisch (wobei t = Titer, x = Verdünnungsstufe unter der optimalen optischen Dichte (OD), a = Optimale OD, L = Extinktion unter der optimalen OD, H = Extinktion über der optimalen OD, E = Elisaeinheit, b = Vorverdünnung).

### 3.7 Bonitierung

#### 3.7.1 Beurteilung des Gefieders

In Zusammenhang mit der vierwöchigen Blutentnahme erfolgte ab der 33. Lebenswoche bei den insgesamt 120 beringten Hühnern in verblindeter Weise eine Beurteilung des Gefiederzustandes. Dazu war das Federkleid nach den Regionen Kopf/Hals, Rücken, Flügel, Schwanz und Brust/Bauch getrennt zu beurteilen und daraus eine Gesamtbewertung zu ermitteln. Am Ende der Legeperiode erfolgte am Tag der Ausstellung eine verblindete Schlussbeurteilung, bei welcher auch die Häufigkeit der aufgetretenen Gefiederschäden der einzelnen Regionen berücksichtigt wurde. Eine Erläuterung des für die Beurteilung benutzten Schlüssels zeigt Tabelle 3.

**Tabelle 3: Boniturschema für den Gefiederzustand der Legehennen**

Beurteilungsnote	Beurteilung des Gefiederzustandes
1	Gefieder intakt, Haut vollständig mit Federn bedeckt
2	Gefieder zerstoßen, einzelne Federkiele gebrochen, einige Federn fehlend, geringgradig gerupft, < 36 cm <sup>2</sup> kahle Hautstellen
3	Zahlreiche Federkiele gebrochen, viele Federn fehlend, mittelgradig gerupft, < 144 cm <sup>2</sup> kahle Hautstellen
4	Sehr schlechtes Gefieder, rote Hautareale, hochgradig gerupft, > 144 cm <sup>2</sup> kahle Hautstellen

### **3.7.2 Erfassung von Verletzungen**

Im Rahmen der Bonitierung wurden gleichzeitig auch Haut-, Kloaken- und Ständerverletzungen erfasst.

### **3.7.3 Messung der Krallenlänge**

Bei der Schluss-Beurteilung wurde bei 36 Hennen je Haltungssystem die Länge der mittleren Zehenkrallen am linken und rechten Ständer gemessen. Um die Krümmung der Krallen zu berücksichtigen geschah dies mit Hilfe eines flexiblen Maßbandes.

## **3.8. Gesundheitsstatus und Ausfälle**

Bei der täglichen Begehung beider Ställe wurde der Gesundheitsstatus der Legehennen kontrolliert und Tiere aus der Gruppe genommen, die Krankheitsanzeichen oder Verletzungen aufwiesen oder bereits verendet waren. Kranke oder verletzte Tiere wurden bei Notwendigkeit euthanasiert.

## **3.9 Post mortem-Untersuchungen**

### **3.9.1 Pathologische Untersuchung**

Am Ende der Legeperiode wurden aus jeder KV-Gruppe jeweils 6 Tiere und aus jeder GV-Gruppe jeweils 12 Tiere der mit Fußring gekennzeichneten Legehennen ausgewählt und nach Tötung einer Sektion unterzogen. Hierbei wurde verblindet auf das Auftreten von Brustbeinverkrümmung, Fettleber, Salpingitis, inaktive Ovarien, Brustblasen und Wunden untersucht.

### **3.9.2 Messung der Knochenbruchfestigkeit**

Während der Sektion wurde bei den 6 bzw. 12 pro Gruppe ausgewählten Tieren beidseits der Oberschenkelknochen (Femur) ausgelöst, von Muskulatur und Sehnen befreit und bis zum nächsten Tag mit in physiologischer Kochsalzlösung getränkter Gaze umwickelt und bei 7°C gekühlt.

Die Bruchfestigkeit wurde mit der Materialprüfungsmaschine „Z005“ (DO-FB 005 TS) der Firma Zwick/Roell ermittelt und mit der zugehörigen Software „testXpert“ ausgewertet und dargestellt.

Dazu wurde ein Knochen rechts und links jeweils auf eine Platte aufgelegt, deren Abstände zueinander 70 mm betragen. Die kraniale Fläche der Femurkondylen lag unten auf der Platte auf und die konkave Femurseite wurde somit zuerst vom Prüfbolzen getroffen, welcher mit einer Vorkraft von 5 N und einer Vorkraftgeschwindigkeit von 100 mm/min herunterfuhr. Sobald vom Gerät ein Widerstand durch den Knochen gemessen werden konnte, verlangsamte sich die Prüfgeschwindigkeit auf 60 mm/min. Die maximal benötigte Bruchkraft (F max) um den Knochen zu brechen wurde in einem Ergebnisprotokoll in Newton angegeben.

### **3.10. Schadgasmessung (Ammoniak und Schwefelwasserstoff)**

Alle zwei Wochen wurden jeweils vier definierte Stellen in beiden Stallungen mit Hilfe eines MiniWarn®-Messgerätes (Firma Dräger, Lübeck) auf das Vorkommen von Ammoniak und Schwefelwasserstoff überprüft. Das Gerät wurde dazu im Stall der Kleinvoliere in einer Höhe von ca. 1,50 m gehalten, im Großvolierenstall 20-30 cm über dem Scharraum, den Laufgittern sowie den Legenestreihen. Nach kurzer Adaptationszeit wurden die gemessenen Werte notiert.

## **3.11. Staubgehaltsmessung der Stallluft**

### **3.11.1 Einstündige Staubgehaltsmessung**

Über die gesamte Legeperiode wurde an 10 verschiedenen Tagen eine Messung des lungengängigen Staubgehaltes mit einer Partikelgröße kleiner  $2,5\ \mu\text{m}$  in beiden Stallungen vorgenommen. Hierzu wurde das Messgerät „Dust Trak Aerosol Monitor“ (Firma TSI Inc., USA) im Stall der Kleinvoliere auf Höhe von 1 m in die Mitte einer Wand gestellt und es erfolgte eine einstündige Messung um 8 Uhr, 12 Uhr und 16 Uhr dieses Tages. Im Großvolierenstall wurde das Gerät in das ungenutzte Abteil ebenfalls auf Höhe von 1 m platziert und es erfolgte eine einstündige Messung um 9 Uhr, 13 Uhr und 17 Uhr. Während der Messung wurden die Ställe nicht betreten. Das Gerät ermittelte aus den über die Stunde gemessenen Werten einen Durchschnittswert, welcher notiert wurde.

### **3.11.2 Einminütige Staubgehaltsmessung**

In 14tägigen Abständen wurde ab der 41. Lebenswoche immer gegen 11 Uhr an vier definierten Stellen in einer Höhe von 1,50 m in jeder Stallung eine jeweils einminütige Messung des lungengängigen Staubgehaltes mit einer Partikelgröße kleiner  $2,5\ \mu\text{m}$  durchgeführt. Die vom Messgerät „Dust Trak Aerosol Monitor“ (Firma TSI Inc., USA) pro Minute gebildeten Durchschnittswerte wurden für jede Position notiert und aus den vier Werten pro Stall ein Mittelwert pro Tag errechnet.

### 3.12. Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte deskriptiv mittels der Computer-Software Microsoft Excel® 2003 (Fa. Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) und anschließend mittels SigmaStat® 3.01 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Die statistische Untersuchung der Ergebnisse begann mit Test auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov's Test mit Korrektur nach Lilliefors) und auf Gleichverteilung (Levene's Median Test), welche durch das Programm SigmaStat® 3.01 automatisch durchgeführt wurden. Erfüllten die Daten beide Kriterien, so wurden parametrische Tests angewandt: der ungepaarte *t*-Test für den Vergleich zweier Versuchsgruppen und der gepaarte *t*-Test nach Student für den Vergleich von Ergebnissen einer Versuchsgruppe vor und nach einer bestimmten Behandlung. Zum Vergleich mehrerer Gruppen wurde die einfaktorielle Varianzanalyse mit anschließendem Student-Newman-Keuls-Test bzw. Dunn's Methode durchgeführt. Diese Werte wurden als arithmetische Mittelwerte gemeinsam mit dem Standardfehler des Mittelwertes (SEM) dargestellt.

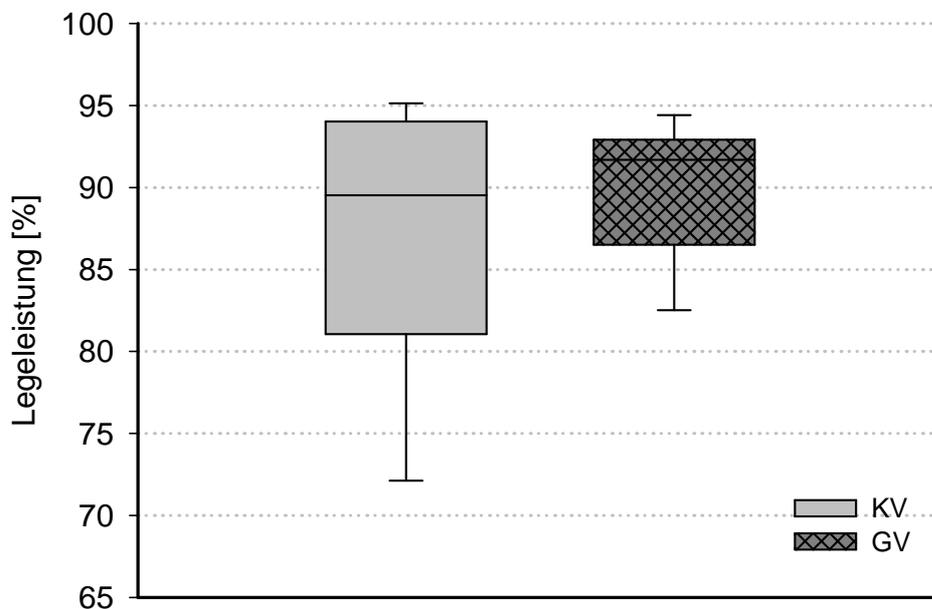
Der Vergleich zweier Versuchsgruppen mit Hilfe des Mann-Whitney-Rangsummentests erfolgte wenn der Test auf Normalverteilung oder Gleichverteilung negativ ausfiel. Der Vergleich mehrerer Gruppen wurde durch die rangorientierte Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis und dem anschließenden Student-Newman-Keuls-Test bzw. der Dunn's Methode durchgeführt. Diese Werte wurden, wenn nicht anders angegeben, als Mediane mit „Box and Whisker“ (25/75% Quartil und 5/95% Perzentil) dargestellt. Für zeitliche Verlaufsanalysen wurde das Verfahren des One Way Repeated Measure Analysis of Variance angewendet.

Die Ergebnisabbildungen wurden mit der Computer-Software SigmaPlot® 8.02 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) erstellt. Wahrscheinlichkeitswerte (*p*) kleiner als 0,05 wurden als statistisch signifikant angesehen und sind entsprechend gekennzeichnet. Höhere Signifikanzniveaus als  $p < 0,01$  wurden nicht gesondert angegeben. Die Stichprobenanzahl, d.h. die pro Versuch verwendete Anzahl von Proben oder Tieren wurde als „n“ angegeben.

## 4. ERGEBNISSE

### 4.1 Legeleistung

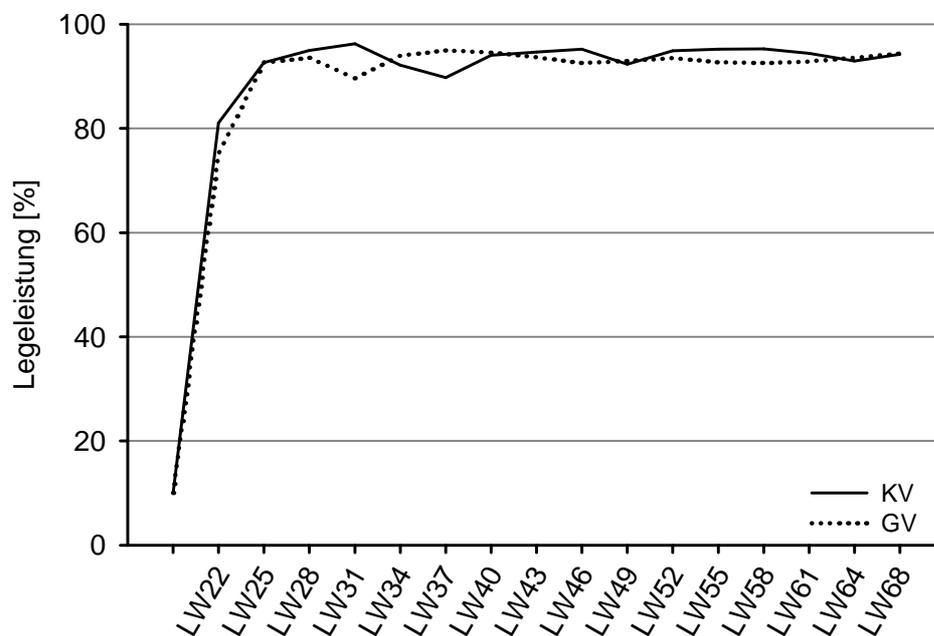
Die Gesamtlegeleistung der Legehennen aus Großvolierenhaltung lag im Median bei 91,7% (MW: 87,0%  $\pm$  1,19). Die Gesamtlegeleistung der Hennen aus der Kleinvolierenhaltung betrug im Median 89,5% (MW: 89,4%  $\pm$  0,73). Somit ergaben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den zwei verschiedenen Haltungssystemen.



**Abbildung 4:**  
**% Anteil der Legeleistung, die über die gesamte Legeperiode erbracht wurde, in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde die Zahl der täglich gelegten Eier in ein %-Verhältnis zur jeweiligen Anfangshennenzahl gesetzt. Beginn war der Zeitpunkt, an dem an drei aufeinander folgenden Tagen über 50% der Hennen ein Ei legten; n = 329 Tage je Haltungssystem; Mann-Whitney Rank Sum Test )

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigte sich im Großvolieren-Haltungssystem das Maximum der Legeleistung zwischen der 26. bis 48. Lebenswoche, der Spitzenwert von 95,2% wurde in der 40. Lebenswoche erreicht.

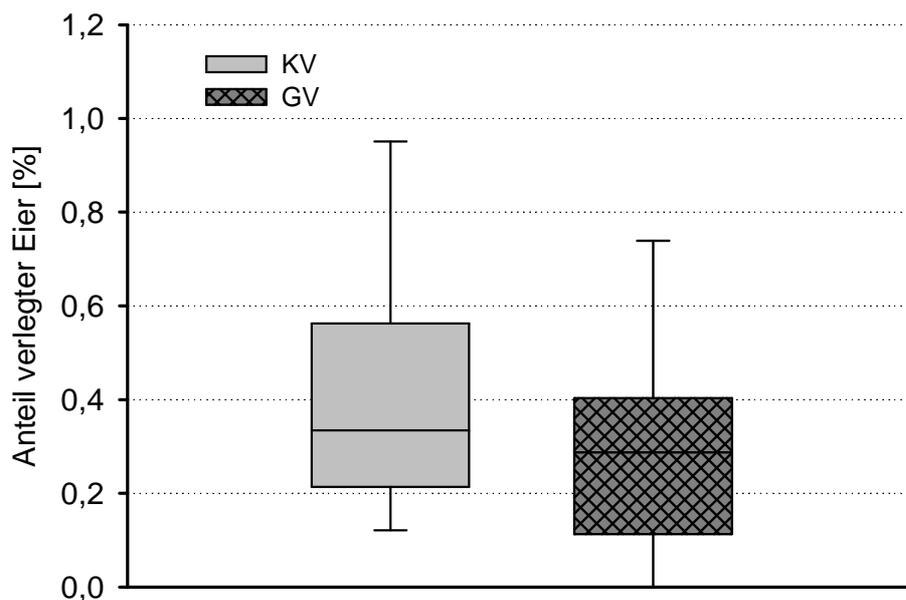
Im Haltungssystem der Kleinvoliere wurde in der Zeit von der 23. bis zur 46. Lebenswoche das Maximum der Leistung erreicht, mit einem Höchstwert von 96,2% in der 31. Lebenswoche. Die Legeleistung beider Gruppen zeigte über die gesamte Legeperiode einen ähnlichen Verlauf.



**Abbildung 5:**  
**Anteil der Legeleistung im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde die Zahl der täglich gelegten Eier in ein %-Verhältnis zur jeweiligen Anfangshennenzahl gesetzt.  $n = 270$  Tiere je Haltungssystem und Zeiteinheit. Mann-Whitney Rank Sum Test)

#### 4.2. Anteil verlegter Eier während der Legeperiode

Insgesamt betragen die Medianwerte der Anteile verlegter Eier während der Legeperiode bei den Hennen aus Großvolierenhaltung 0,28% (MW: 0,32% ± 0,04) und bei den Hennen der Kleinvoliere 0,33% (MW: 0,43% ± 0,04). Es fanden sich somit keine signifikanten Unterschiede zwischen den Haltungssystemen. In der Volierenhaltung wurde zusätzlich nach dem Fundort der verlegten Eier unterschieden, es wurden im Median 0,17% (MW: 0,22% ± 0,03) der Eier auf den Boden verlegt und 0,05% (MW: 0,10% ± 0,02) auf die Laufgitter, somit konnte in diesem Punkt ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Im zeitlichen Verlauf ergaben sich keine gesicherten Unterschiede zwischen beiden Haltungssystemen.

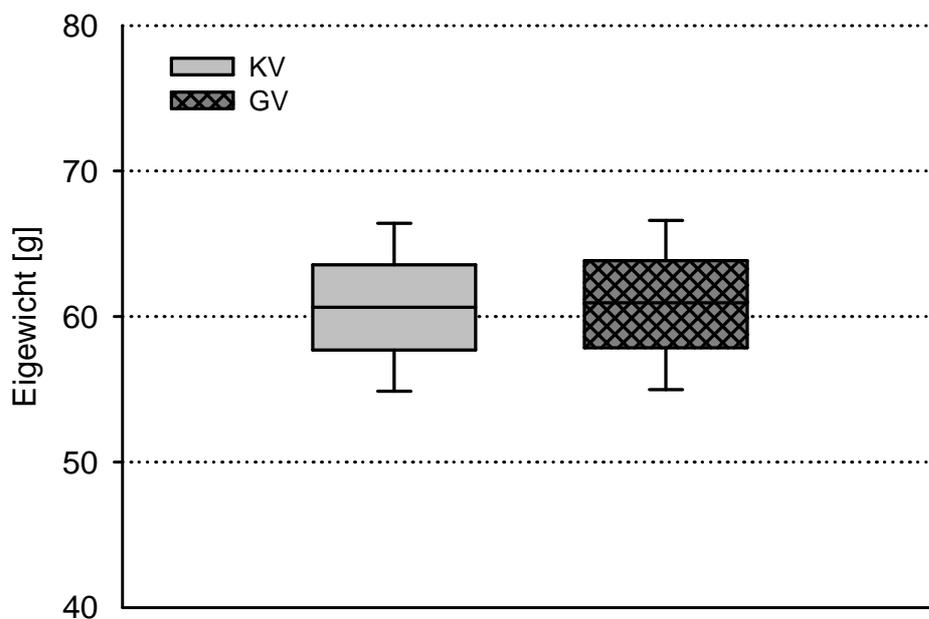


**Abbildung 6:**  
**%-Anteil der verlegten Eier während der gesamten Legeperiode in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde die Zahl der täglich verlegten Eier in ein %-Verhältnis zur jeweils durchschnittlich gelegten Eizahl pro Tag gesetzt; n = 329 Tage je Haltungssystem; Mann-Whitney Rank Sum Test)

## 4.3 Produktmerkmale

### 4.3.1 Eigewicht

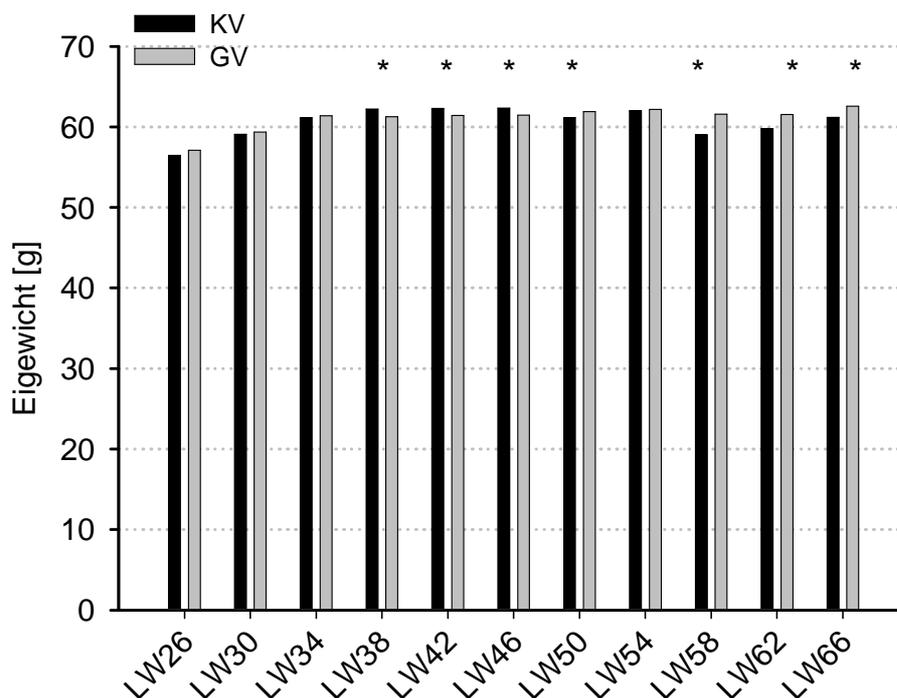
Die Eigewichte der Großvolierengruppe waren mit einem Medianwert von 60,95 g (MW: 60,9 g  $\pm$  0,09) nicht wesentlich höher als die Eigewichte der Legehennen aus den Kleinvolieren, welche im Median bei 60,63 g (MW: 60,68 g  $\pm$  0,09) lagen. Bezüglich des Eigewichtes konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Haltungssystemen festgestellt werden.



**Abbildung 7:**

**Durchschnittliches Eigewicht in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurden in vierwöchigen Abständen die Gewichte aller gelegten Eier eines Tages der jeweiligen Gruppen bestimmt;  $n = 2405$  (Gruppe KV),  $n = 2517$  (Gruppe GV); Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigte sich zu Beginn des Legens ein circa 8 Wochen andauernder flacher Anstieg des durchschnittlichen Eigewichts, welches die darauf folgenden 20 Wochen relativ konstant blieb. In der 58. Lebenswoche war eine geringe Abnahme im Eigewicht zu verzeichnen, welches aber zum Ende der Legeperiode noch einmal zunahm. In beiden Gruppen war das Gewicht in der LW 26 am geringsten, der Medianwert der KV lag bei 56,48 g, der der GV bei 57,10 g. In der KV wurde mit einem Median von 62,31 g in LW 46 das höchste Eigewicht erreicht, in der GV in LW 54 mit einem Medianwert von 62,17 g. In den ersten 8 Legewochen konnte kein Unterschied im Eigewicht zwischen den Gruppen innerhalb der jeweiligen Lebenswoche festgestellt werden, anschließend zeigte sich eine Varianz zwischen den Gruppen, die sich insgesamt aber immer wieder ausglich. Somit ergaben sich sowohl im zeitlichen Verlauf als auch zum Teil zwischen den Gruppen innerhalb der jeweiligen Lebenswochen gesicherte Unterschiede.



**Abbildung 8:**

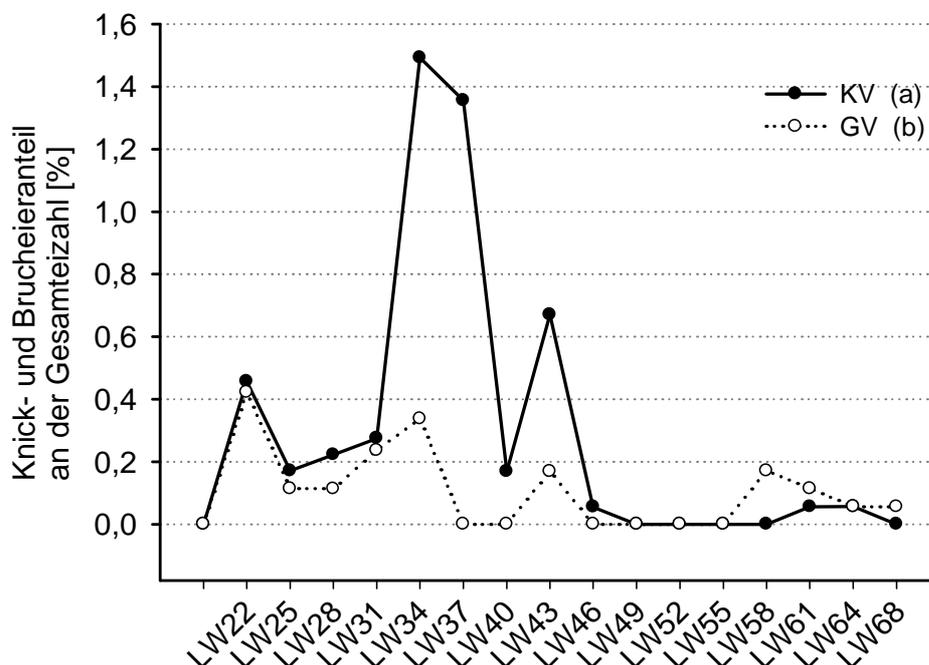
**Durchschnittliches Eigewicht im zeitlichen Verlauf der Legeperiode.** (Es wurden in vierwöchigen Abständen die Gewichte aller gelegten Eier eines Tages der jeweiligen Gruppen bestimmt. *n* = entsprechende Legeleistung pro Gruppe zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt. \* = Signifikanter Unterschied zwischen KV und GV,  $p < 0,05$ ; Mann-Whitney Rank Sum Test, One Way Repeated Measures Analysis of Variance)

### 4.3.2 Knick-, Bruch- und Schmutzeier

#### 4.3.2.1 Knick- und Brucheier

Der Anteil der Legeperiode an Knick- und Brucheiern lag bei der Gruppe aus der Kleinvoliere mit einem Medianwert von 1,65% (MW: 2,40%  $\pm$  0,37) signifikant höher als der Anteil der Volierengruppe mit einem Medianwert von 0,06% (MW: 0,11%  $\pm$  0,02).

Knicker traten in der KV-Gruppe im Median zu 0,62% (MW: 0,71%  $\pm$  0,10) auf, in der GV-Gruppe zu 0,06% (MW: 0,08%  $\pm$  0,02). Ein deutlicher Unterschied zeigte sich ebenfalls im Auftreten von Brucheiern zwischen den beiden Haltungssystemen, hier lag der Median der KV-Gruppe bei 1,03% (MW: 1,69%  $\pm$  0,28), der der GV-Gruppe bei 0,0% (MW: 0,03%  $\pm$  0,01).



**Abbildung 9:**

**Anteil von Knick- und Brucheiern im zeitlichen Verlauf der Legeperiode.** (%-Anteil an Knick- und Brucheiern bezieht sich auf die Gesamteizahl des jeweiligen Haltungssystems; a, b: Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede von  $p < 0,05$ . Mann-Whitney Rank Sum Test)

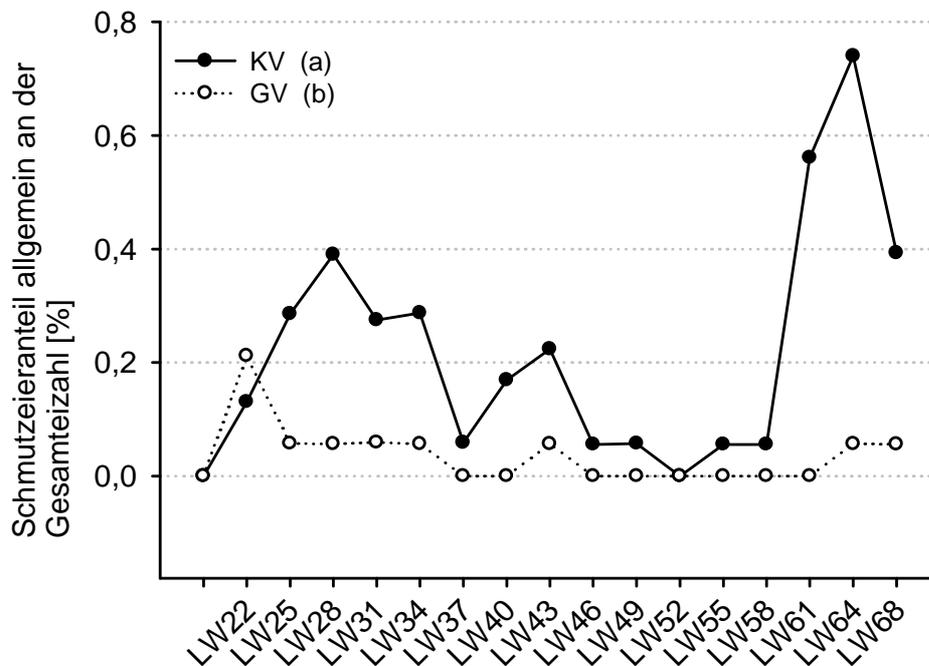
Im zeitlichen Verlauf ergaben sich bei der KV-Gruppe zwei steile Anstiege der Knick- und Bruchzeit zwischen der 30. bis 45. Lebenswoche, wobei es danach zu einem ebenso steilen Abfall mit anschließendem Sistieren auf niedrigem Niveau kam.

In der Volierengruppe ergaben sich über die gesamte Legeperiode mehrmals Anstiege mit anschließendem Abfall, sie bewegten sich insgesamt aber im sehr niedrigen Prozentbereich.

Der Medianwert des Anteils an Windeiern betrug bei beiden Haltungssystemen 0% und spielte somit trotz vereinzelter kleiner Abweichungen keine nennenswerte Rolle. Die Mittelwerte betragen in der KV-Gruppe 0,04% ( $\pm 0,0$ ) und in der GV-Gruppe 0,06% ( $\pm 0,01$ ).

#### 4.3.2.2 Schmutzeier

Der Medianwert des Anteils an Schmutzeiern während der Legeperiode lag bei den KV-Hennen mit 1,06% (MW: 1,27%  $\pm$  0,16) signifikant höher als bei den GV-Hennen mit 0,06% (MW: 0,10%  $\pm$  0,02). Nach Differenzierung in der Art der Verschmutzung lag der Anteil kotverschmutzter Eier in der KV mit einem Medianwert von 0,77% (MW: 1,12%  $\pm$  0,15) deutlich über der Gruppe GV mit 0,05% (MW: 0,09%  $\pm$  0,02). Bei den blutverschmutzten Eiern betrug das Verhältnis von KV zu GV 0,11% (MW: 0,02%  $\pm$  0,0) zu 0,0% (MW: 0,16%  $\pm$  0,03).

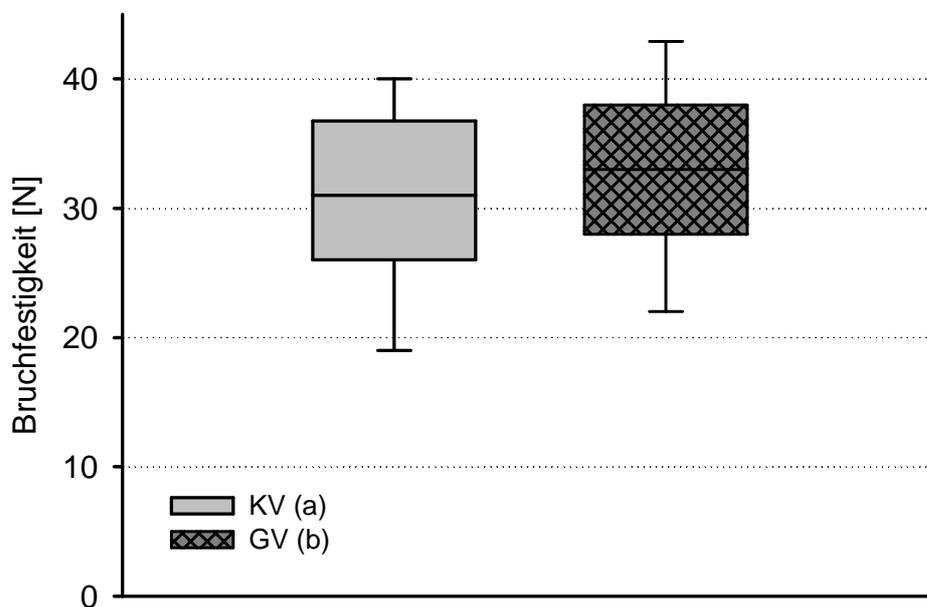


**Abbildung 10:**

**Anteil von Schmutzeiern (%) im zeitlichen Verlauf der Legeperiode.** (Schmutzeier beziehen sich auf die Gesamteizahl des jeweiligen Haltungssystems. a, b: Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede von  $p < 0,05$ . Mann-Whitney Rank Sum Test)

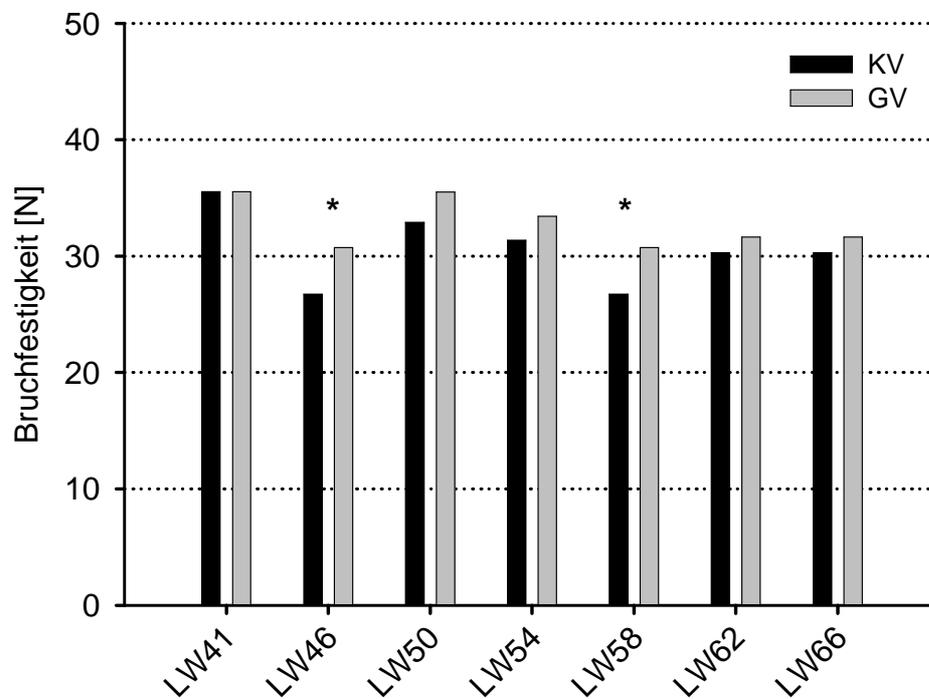
### 4.3.3 Bruchfestigkeit der Eierschalen

Die Eier der GV-Gruppe wiesen im Median eine Schalenbruchfestigkeit von 32,87 Newton auf, die Eier aus der KV-Gruppe einen Medianwert von 30,66 Newton. Somit lag ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Stallsystemen vor. Der Mittelwert der GV-Gruppe betrug 33,0 N ( $\pm 0,38$ ), bei der KV-Gruppe lag er bei 31,0 N ( $\pm 0,39$ ).



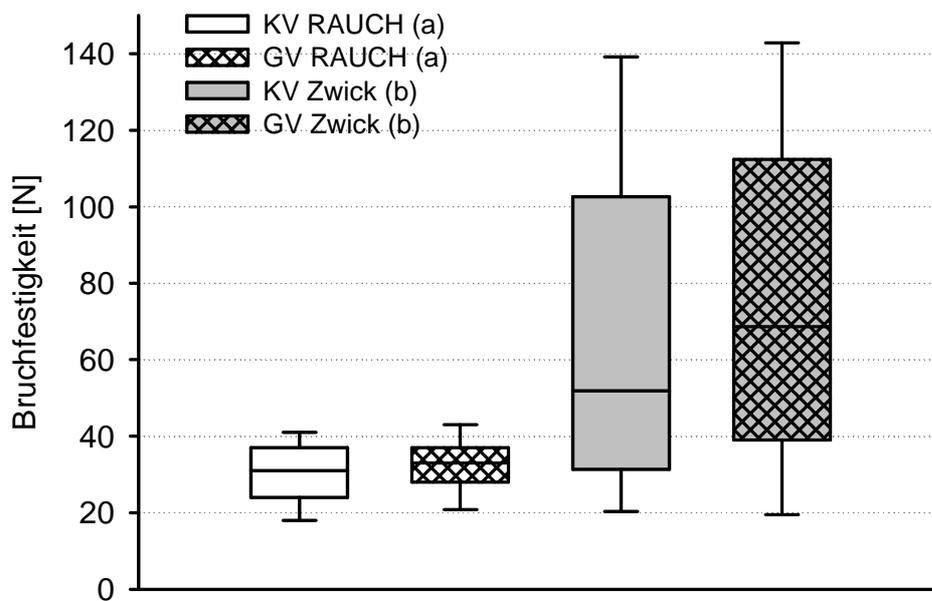
**Abbildung 11:**  
**Durchschnittliche Bruchfestigkeit der Eischalen in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde in vierwöchigen Abständen die Bruchfestigkeit von 60 Eiern je Haltungssystem bestimmt;  $n = 420$  pro Gruppe; a, b: Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede von  $p < 0,05$ , Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigte sich bei der ersten Messung in der 41. Lebenswoche bei beiden Gruppen eine durchschnittliche Bruchfestigkeit von über 30 Newton, welche noch einmal in der 50. und 54. Lebenswoche erreicht wurde. Dazwischen und zum Ende der Legeperiode sank die Bruchfestigkeit ab auf Werte um oder knapp unter 30 Newton. Somit ergaben sich gesicherte Unterschiede im zeitlichen Verlauf und zum Teil innerhalb der jeweiligen Gruppen. So konnte in LW 46 und LW 58 eine Signifikanz zwischen KV und GV festgestellt werden, wobei die Schalen aus der GV die höhere Bruchfestigkeit aufwiesen.



**Abbildung 12:**  
**Durchschnittliche Bruchfestigkeit der Eischalen im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde ab der 41.LW in vierwöchigen Abständen die Bruchfestigkeit von 60 Eiern je Haltungssystem bestimmt.  $n = 60$  pro Gruppe und Zeiteinheit. \* = Gesicherter Unterschied zwischen beiden Gruppen,  $p < 0,05$ ; Student t-Test, Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks.)

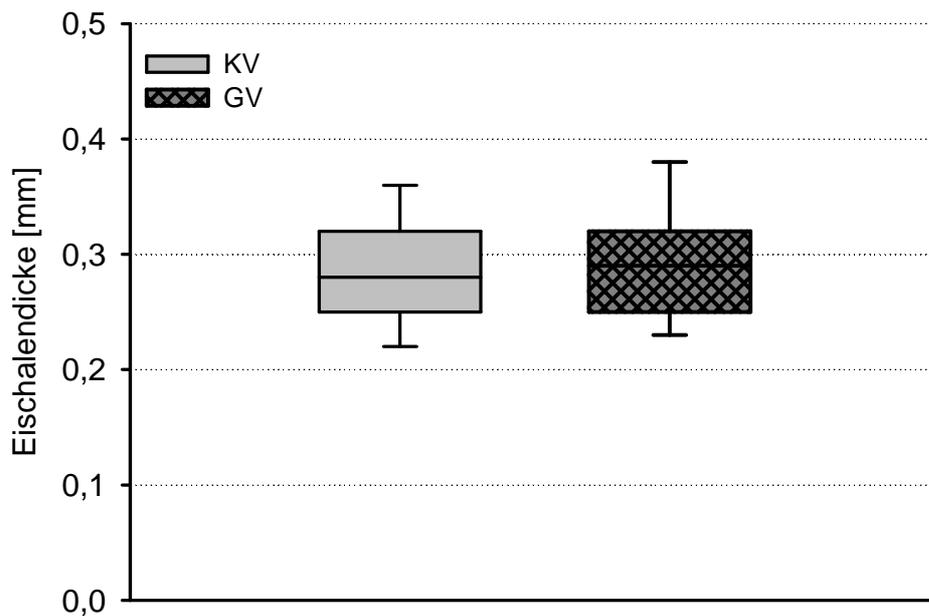
Am Ende der Legeperiode wurde in der 68. Lebenswoche ein Eischalen-Bruchfestigkeitsvergleich zwischen punktförmiger Krafteinwirkung an den Eipolen (Gerät nach RAUCH (1958)) und ringförmiger Krafteinwirkung an den Eipolen (Materialprüfgerät Zwick/Roell mit modifizierter Eihalterung) durchgeführt. Innerhalb der jeweils gleichen Krafteinwirkung ergaben sich mit 31,0 N und 33,0 N für punktuelle Krafteinwirkung und 59,9 N und 68,0 N bei ringförmiger Krafteinwirkung keine signifikanten Unterschiede. Dagegen war der Unterschied in der Bruchfestigkeit zwischen den verschiedenen Arten der Krafteinwirkung mit 32,0 N gegenüber 64,9 N signifikant.



**Abbildung 13:**  
**Vergleichende Bruchfestigkeitsmessung zwischen Gerät nach RAUCH und Materialprüfgerät Zwick/Roell in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde einmalig eine vergleichende Bruchfestigkeitsmessung in der 68. Lebenswoche durchgeführt;  $n=75$  pro Gruppe und Messmethode; a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede;  $p<0,05$ ; Mann-Whitney Rank Sum Test, Student t-Test)

#### 4.3.4 Dicke der Eierschalen

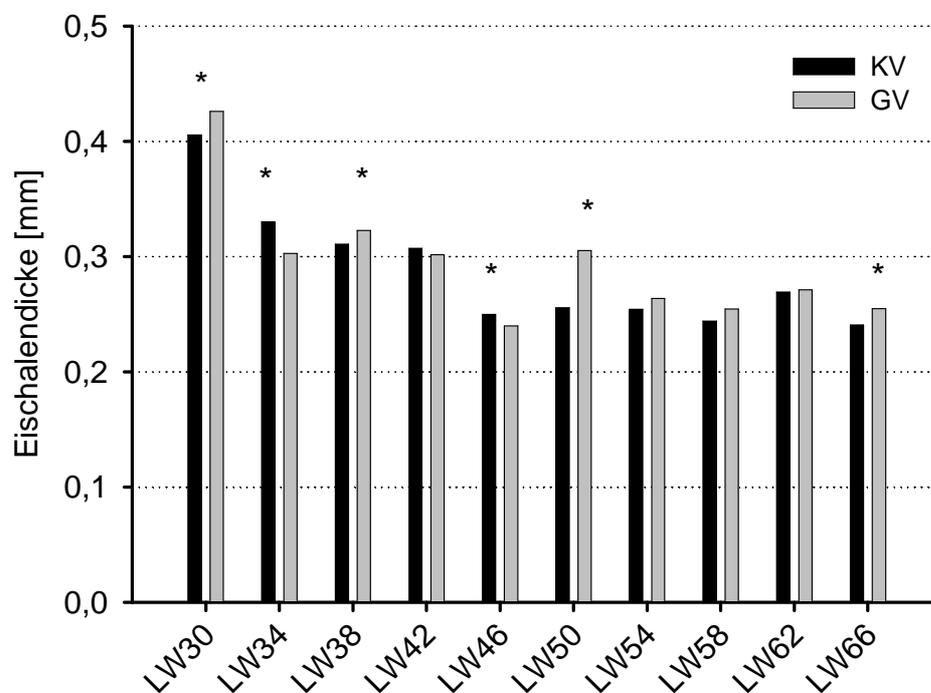
Der Medianwert der Eischalendicke betrug bei der Kleinvoliere 0,28 mm (MW: 0,28 mm  $\pm$  0,00), bei der Großvoliere 0,29 mm (MW: 0,29 mm  $\pm$  0,00). Somit ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Haltungssystemen.



**Abbildung 14:**  
**Durchschnittliche Eischalendicke in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde in vierwöchigen Abständen die Eischalendicke von 60 Eiern je Haltungssystem bestimmt.  $n = 600$  pro Gruppe; Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode konnten bei beiden Haltungssystemen gesicherte Unterschiede festgestellt werden. Zu Beginn der Messung lagen sowohl Klein- als auch Großvoliere bei einer Schalendicke um 0,4 mm, in den folgenden acht Wochen fielen diese auf Werte um 0,3 mm ab, um dann anschließend bis zum Ende der Legeperiode im Bereich um 0,25 mm zu sistieren.

Von Beginn an der Legeperiode zeigten sich immer wieder signifikante Unterschiede innerhalb der einzelnen Lebenswochen zwischen beiden Gruppen, die sich im Verlauf aber wieder ausglich.

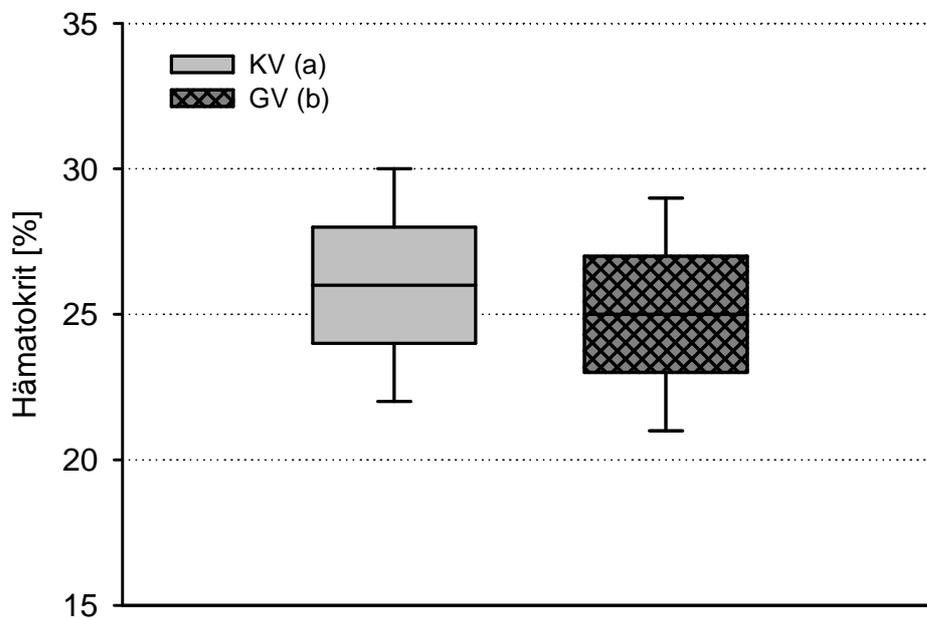


**Abbildung 15:**  
**Durchschnittliche Eischalendicke im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde in vierwöchentlichen Abständen die Eischalendicke von 60 Eiern je Haltungssystem bestimmt;  $n = 60$  pro Gruppe und Zeiteinheit; \* = Signifikanter Unterschied zwischen KV und GV,  $p < 0,05$ , Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks, Student t-Test)

## 4.4. Physiologische Blutparameter

### 4.4.1 Hämatokrit

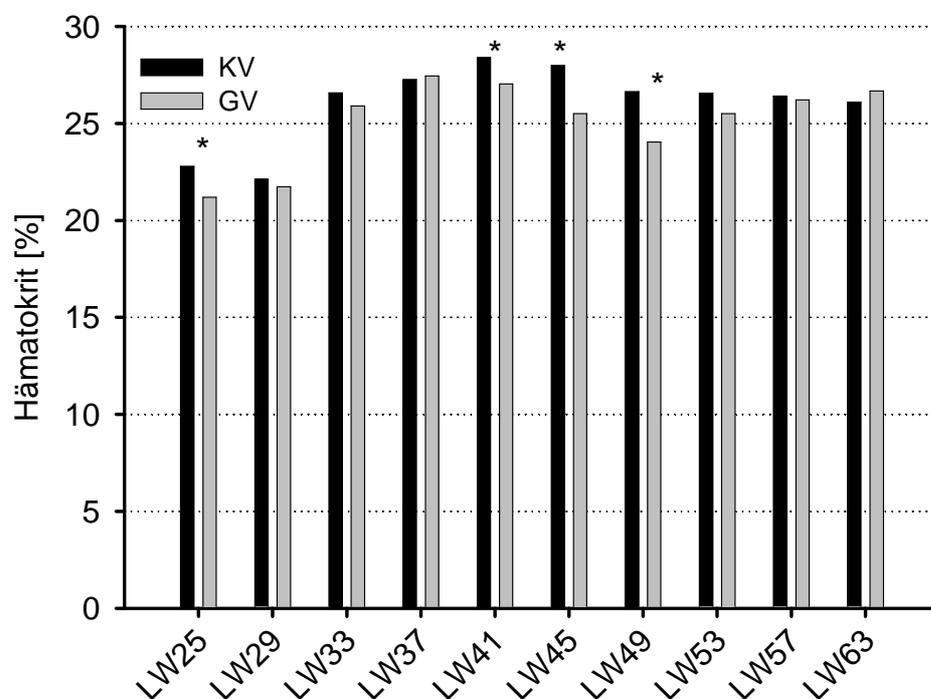
Mit einem Medianwert des Hämatokrits von 26,0% (MW: 25,99%  $\pm$  0,16) lag die Kleinvolierengruppe über der Gruppe aus Großvolierenhaltung mit einem Hämatokrit von 25,0% (MW: 25,05%  $\pm$  0,14). Hier bestand ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Haltungssystemen.



**Abbildung 16:**  
**Durchschnittlicher Hämatokritwert in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme bei 60 Hennen je Haltungssystem der Hämatokrit bestimmt.  $n = 600$  pro Gruppe. a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede,  $p < 0,05$ ; Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigte sich eine ähnliche Tendenz bei beiden Gruppen, so hielten sie bei den ersten beiden Messungen den Hämatokrit relativ konstant, um dann in den folgenden 8 Wochen in einen Bereich über 25% anzusteigen, in welchem die Kleinvolierengruppe bis zur Ausstallung sistierte. Die Werte der Großvolierengruppe zeigten in Lebenswoche 49 ein Absinken unter 25%, stiegen aber zum Ende wieder auf über 25% an.

Signifikante Unterschiede ergaben sich sowohl im zeitlichen Verlauf, als auch zwischen beiden Gruppen in LW 25, LW 41, LW 45 und LW 49, wobei die Tiere aus der KV den höheren Hämatokritwert aufwiesen.

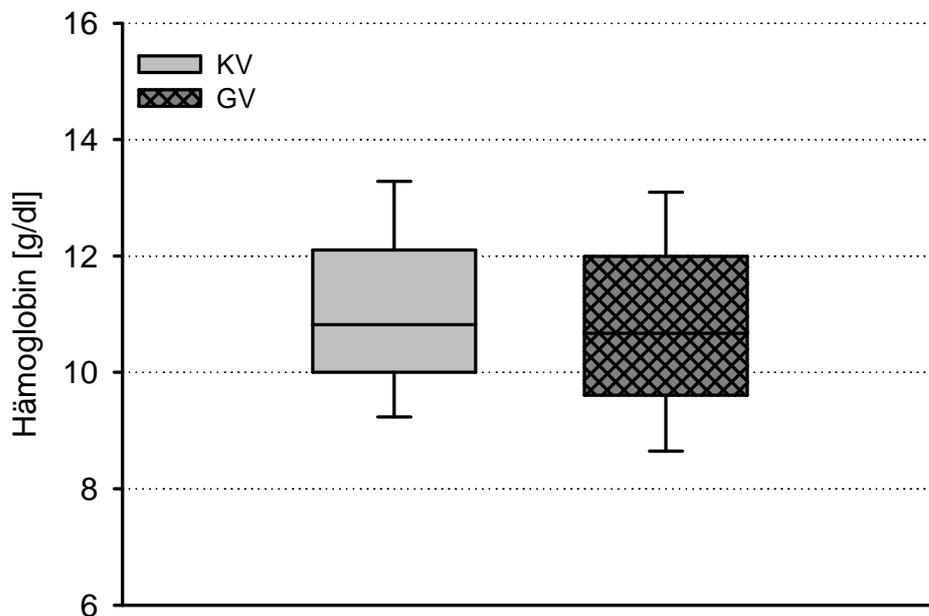


**Abbildung 17:**

**Durchschnittlicher Hämatokritwert im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde alle 4 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 60 Hennen je Haltungssystem der Hämatokritwert bestimmt;  $n = 60$  pro Gruppe und Zeiteinheit. \* = Signifikanter Unterschied zwischen KV und GV,  $p < 0,05$ , One Way Repeated Measures Analysis of Variance, Student t-Test)

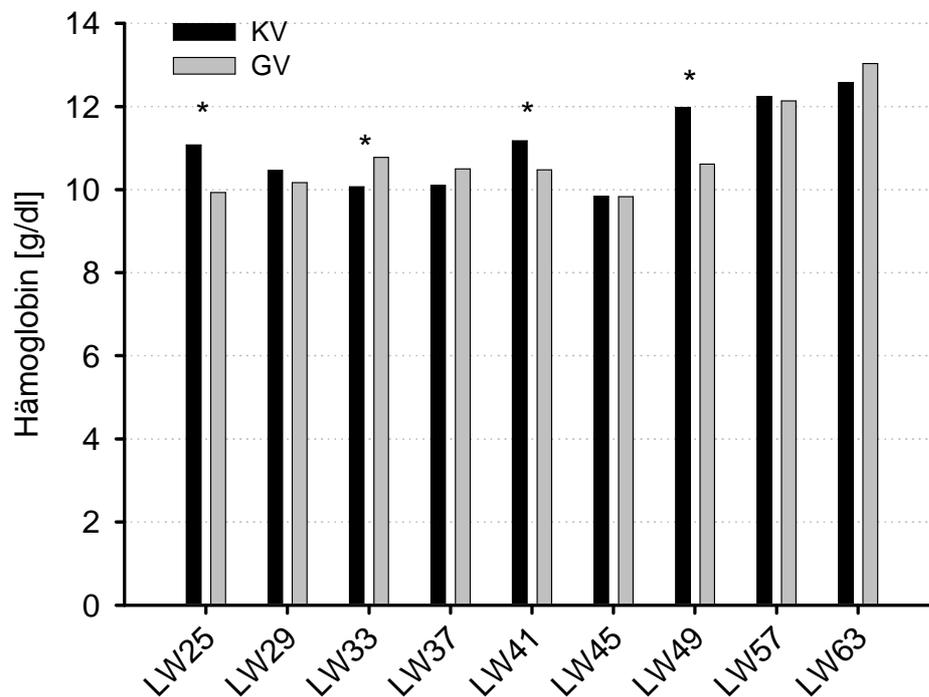
#### 4.4.2 Hämoglobin

Der Medianwert der Hämoglobinkonzentration der Hennen aus Kleinvolierenhaltung betrug 10,80 g/dl (MW: 11,05 g/dl  $\pm$  0,07), der der Hennen aus der Großvoliere lag mit 10,66 g/dl (MW: 10,81 g/dl  $\pm$  0,07) auf vergleichbarem Niveau, somit wiesen die beiden Haltungssysteme keinen signifikanten Unterschied auf.



**Abbildung 18:**  
**Durchschnittlicher Hämoglobinwert in Abhängigkeit vom Haltungssystem** (Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme bei 60 Hennen je Haltungssystem der Hämoglobinwert bestimmt;  $n = 540$  pro Gruppe. One Way Analysis of Variance)

Der zeitliche Verlauf der Hämoglobinkonzentrationen beider Gruppen verlief ähnlich, so sistierte der Hämoglobinwert die ersten 20 Legewochen auf einem relativ konstanten Plateau und stieg anschließend steil an, um am Ende der Legeperiode den Spitzenwert von über 12 g/dl zu erreichen. Es ergaben sich sowohl im zeitlichen Verlauf als auch zwischen beiden Gruppen in LW 25, LW 33, LW 41 sowie LW 49 gesicherte Unterschiede.



**Abbildung 19:**

**Durchschnittlicher Hämoglobinwert im zeitlichen Verlauf und in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde alle 4 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 60 Hennen pro Gruppe der Hämoglobinwert bestimmt;  $n = 60$  pro Gruppe und Zeiteinheit. \* = Signifikanter Unterschied zwischen KV und GV,  $p < 0,05$ ; One Way Repeated Measures Analysis of Variance)

## 4.5 Immunologische Parameter

### 4.5.1 Immunglobulin Y im Serum

#### 4.5.1.1 Kleinvoliere

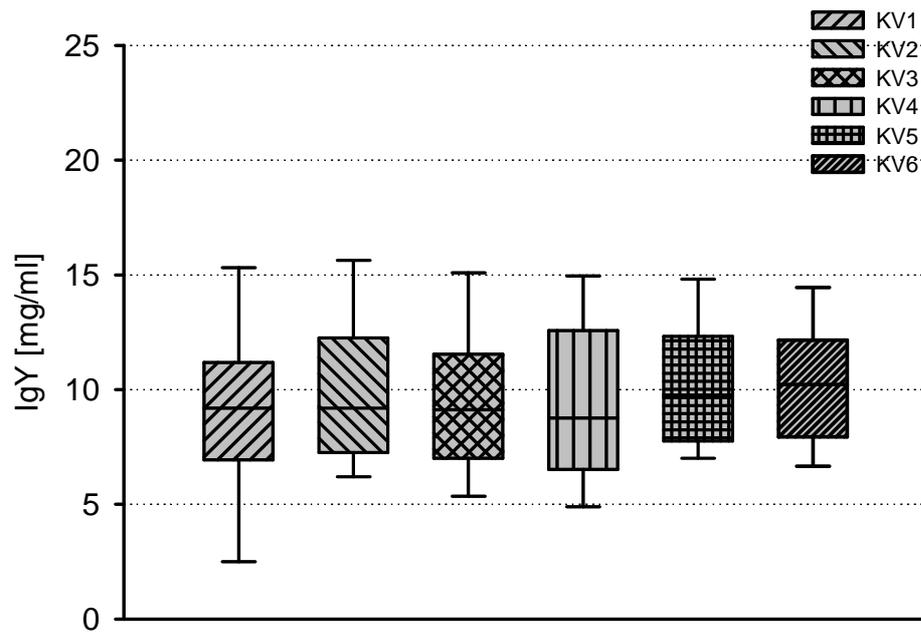
Bei der IgY-Bestimmung im Serum ergaben sich für die 6 Gruppen der Kleinvoliere folgende Werte (Tabelle 4):

**Tabelle 4:**

**IgY-Gehalt des Serums bei den 6 Gruppen des Haltungssystems Kleinvoliere**  
(Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme der IgY-Gehalt des Serums bei 10 Hennen pro Gruppe bestimmt;  $n = 100$  pro Gruppe. Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks)

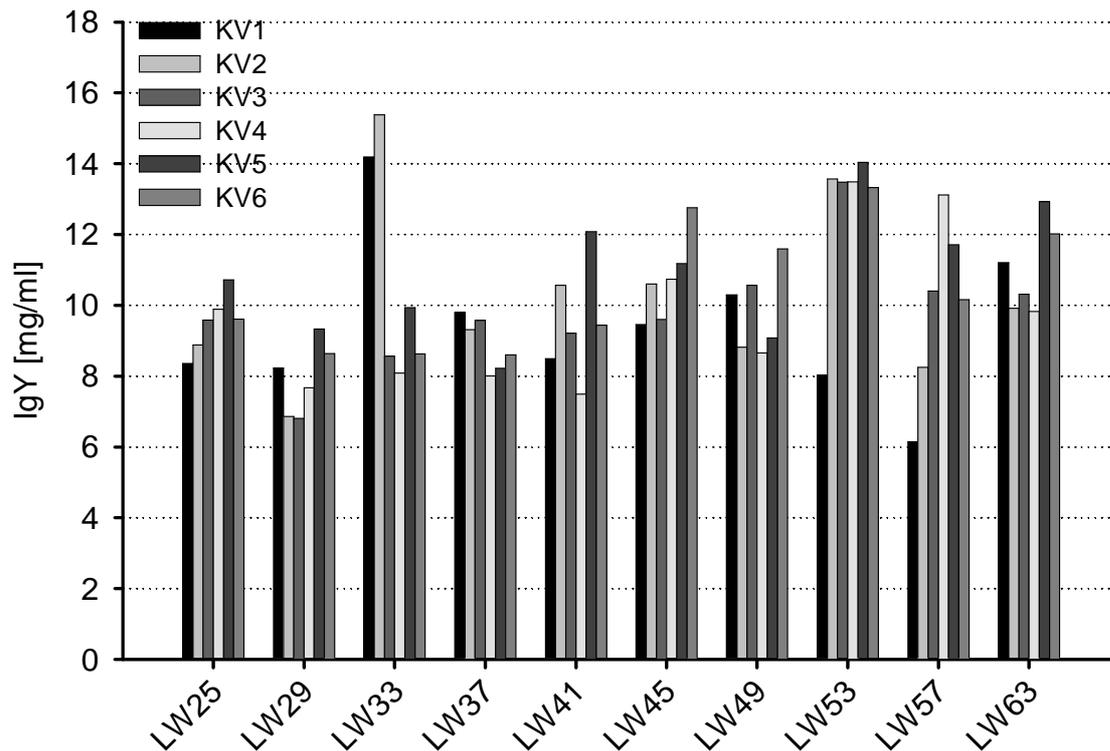
	<b>Medianwert mg/ml</b>	<b>Mittelwert mg/ml</b>	<b>± SEM</b>
<b>KV1</b>	9,19	9,39	0,50
<b>KV2</b>	9,21	10,13	0,43
<b>KV3</b>	9,12	9,75	0,44
<b>KV4</b>	8,77	9,51	0,44
<b>KV5</b>	9,76	10,77	0,48
<b>KV6</b>	10,22	10,32	0,32

Somit bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen dieses Haltungssystems.



**Abbildung 20:**  
**Durchschnittlicher IgY-Gehalt des Serums bei den 6 Gruppen des Haltungssystems Kleinvoliere** (Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme der IgY-Gehalt des Serums bei 10 Hennen pro Gruppe bestimmt;  $n = 100$  pro Gruppe. Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigten sich vereinzelt signifikante Unterschiede zwischen den sechs Gruppen der Kleinvoliere, wie z.B. in Lebenswoche 33. Insgesamt ist bei allen Gruppen eine ähnliche Tendenz zu erkennen



**Abbildung 21:**  
**Durchschnittlicher IgY-Gehalt des Serums im zeitlichen Verlauf bei den 6 Gruppen des Haltungssystems Kleinvoliere.** (Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme der IgY-Gehalt des Serums bei 10 Hennen pro Gruppe bestimmt.  $n = 10$  pro Gruppe.  $p < 0,05$ , Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance)

#### 4.5.1.2 Großvoliere

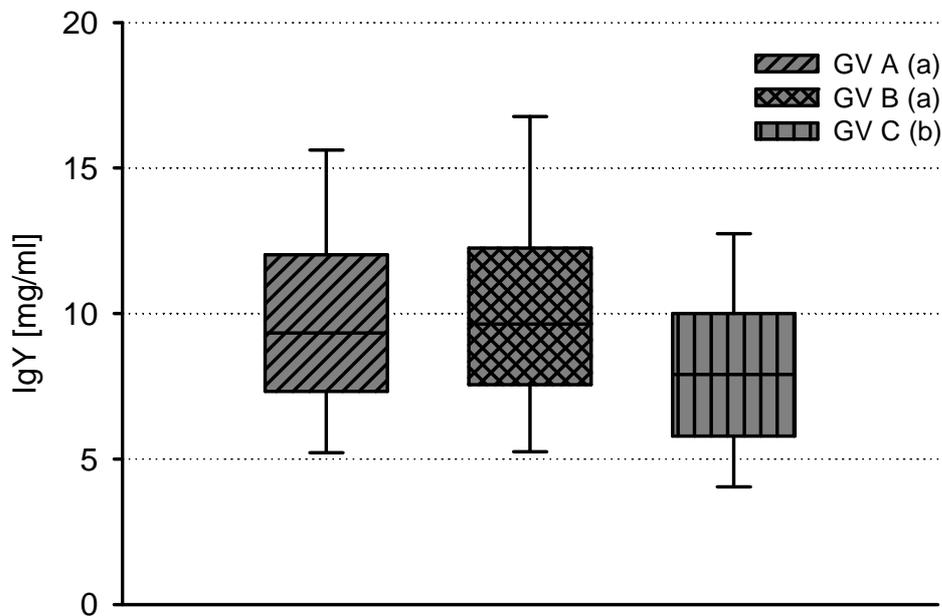
Im Haltungssystem der Großvoliere wiesen die 3 Gruppen bei der IgY-Bestimmung im Serum folgende Medianwerte auf:

GV A: 9,18 mg/ml (MW: 9,57 mg/ml  $\pm$  0,30),

GV B: 9,65 mg/ml (MW: 10,60 mg/ml  $\pm$  0,38),

GV C: 7,76 mg/ml (MW: 7,87 mg/ml  $\pm$  0,25).

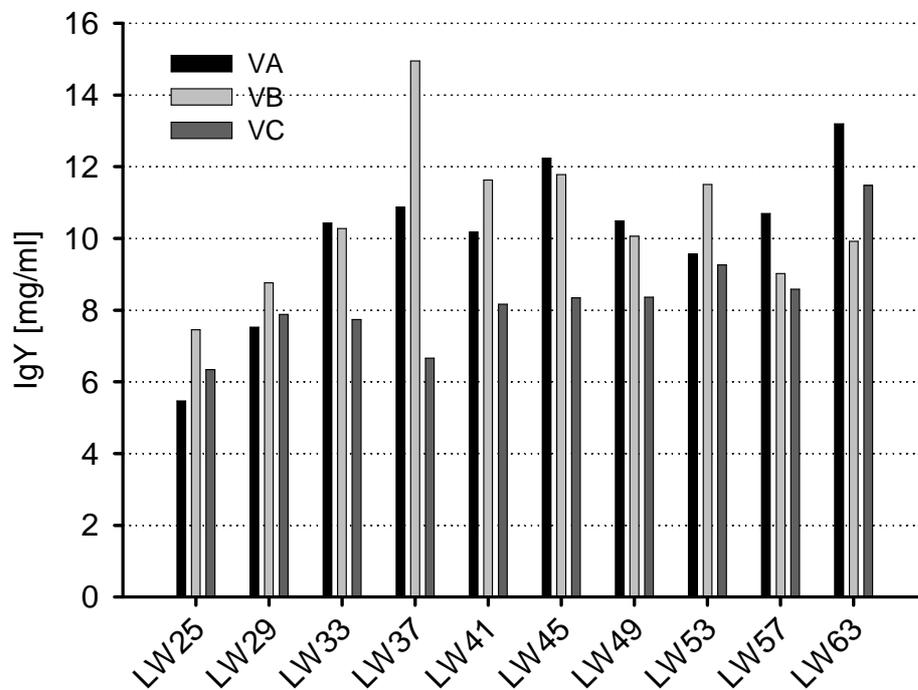
Damit ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen GV C und den Großvolieren A und B.



**Abbildung 22:**

**Durchschnittlicher IgY-Gehalt des Serums bei den 3 Gruppen des Haltungssystems Großvoliere.** (Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme der IgY-Gehalt des Serums bei 20 Hennen pro Gruppe bestimmt.  $n = 10$  pro Gruppe. a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede.  $p < 0,05$ , Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks)

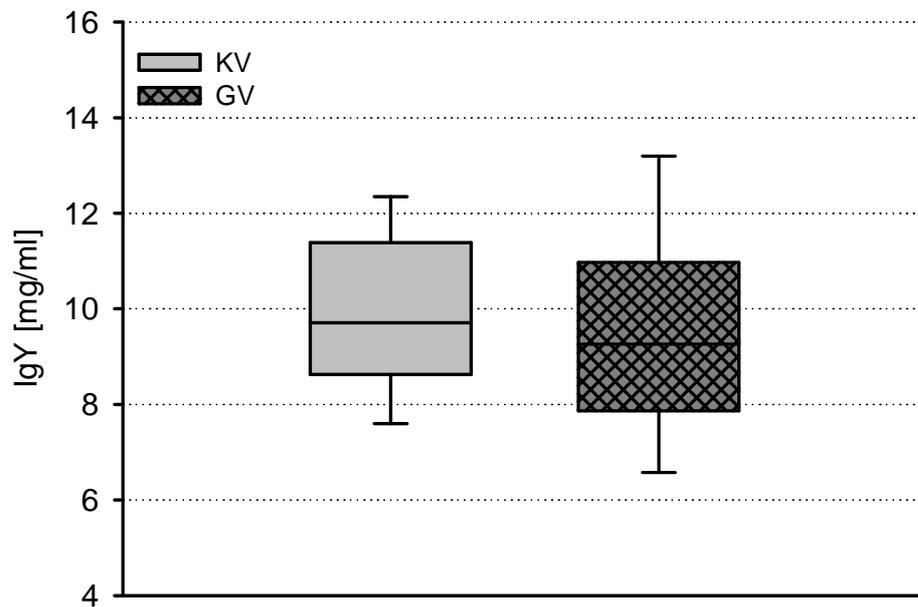
Im zeitlichen Verlauf zeigte sich bei allen Gruppen zu Beginn der Legeperiode ein Anstieg des IgY-Gehaltes im Serum, welcher die anschließenden Wochen Schwankungen aufwies und zum Ende des Jahres noch einmal leicht anstieg. Gruppe A und C erreichten in Lebenswoche 63 ihren Spitzenwert, Gruppe B in Lebenswoche 37. Die Werte von Gruppe C lagen im gesamten Untersuchungszeitraum signifikant niedriger als die von Gruppe A und B, zwischen denen insgesamt kein gesicherter Unterschied bestand.



**Abbildung 23:**  
**Durchschnittlicher IgY-Gehalt des Serums im zeitlichen Verlauf bei den 3 Gruppen des Haltungssystems Großvoliere.** (Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme der IgY-Gehalt des Serums bei 20 Hennen pro Gruppe bestimmt.  $n = 10$  pro Gruppe.  $p < 0,05$ , Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance)

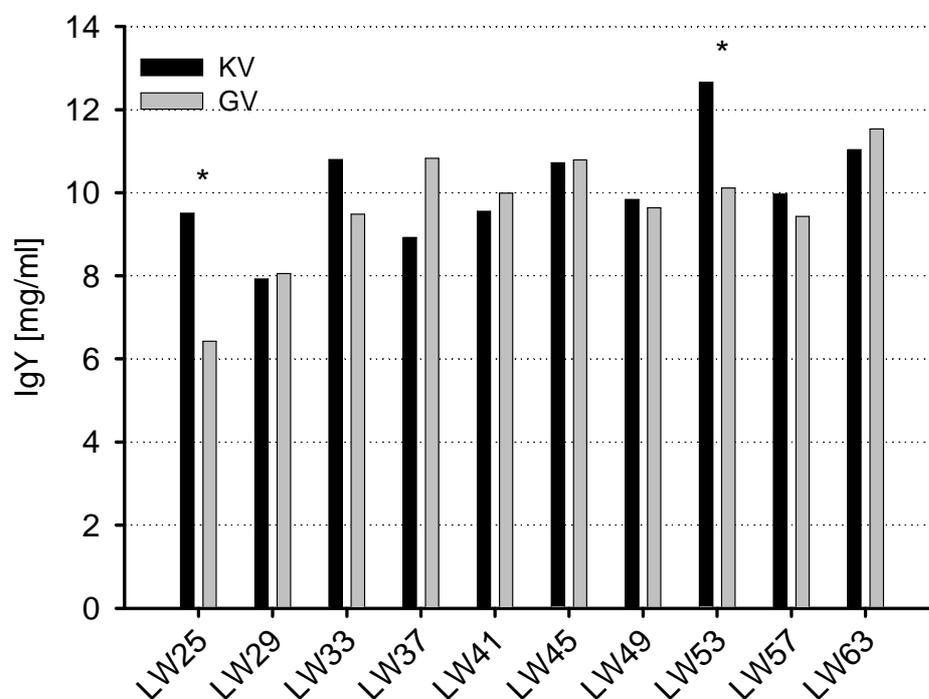
#### 4.5.1.3 Vergleich des IgY-Gehaltes im Serum zwischen beiden Haltungssystemen

Der Medianwert des IgY-Gehaltes im Serum lag bei den Hennen aus der Kleinvolierenhaltung bei 9,70 mg/ml (MW: 10,04 mg/ml  $\pm$  0,21), bei den Hennen aus der Großvolierenhaltung lag er bei 9,26 mg/ml (MW: 9,59 mg/ml  $\pm$  0,18). Damit waren die Unterschiede zwischen beiden Haltungssystemen nicht signifikant.



**Abbildung 24:**  
**Durchschnittlicher IgY-Gehalt des Serums in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme der IgY-Gehalt des Serums bei 60 Hennen je Haltungssystem bestimmt;  $n = 600$  pro Gruppe. Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigen die Serum-IgY-Gehalte beider Haltungssysteme unterschiedliche Tendenzen. In den ersten 12 Wochen des Untersuchungszeitraums fand bei den Hennen der Großvoliere ein steiler Anstieg des IgY-Gehaltes im Serum statt, welcher die folgenden Wochen leichte Schwankungen aufwies, um zum Ende der Legeperiode auf den Spitzenwert anzusteigen. Im Serum der Hennen aus Kleinvolierenhaltung zeichneten sich über den gesamten Zeitraum Schwankungen im IgY-Gehalt ab, der Spitzenwert wurde in der 53. Lebenswoche erreicht. Somit bestehen gesicherte Unterschiede im zeitlichen Verlauf und in LW 25 und LW 53 auch zwischen beiden Gruppen.



**Abbildung 25:**  
**Durchschnittlicher IgY-Gehalt im Serum im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde in vierwöchigen Abständen im Rahmen einer Blutabnahme der IgY-Gehalt des Serums bei 60 Hennen je Haltungssystem bestimmt. \* = Signifikanter Unterschied zwischen KV und GV,  $p < 0,05$ , One Way Repeated Measures Analysis of Variance, Student t-Test)

#### 4.5.2 IgY-Anti-BSA im Serum

Die Bestimmung von IgY-Anti-BSA im Serum ergab bei den beiden Gruppen in den verschiedenen Lebenswochen folgende Medianwerte (siehe Tabelle 5):

**Tabelle 5:**

##### **ELISA-Einheit-Werte von IgY-Anti-BSA im Serum ( $\log_{10}$ -Darstellung)**

*(Es wurde einmalig im Rahmen von Blutabnahmen der IgY-Anti-BSA-Titer im Serum vor der Immunisierung, nach der Immunisierung und nach der Boosterung mit BSA ermittelt.  $n = 20$  pro Gruppe. a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede.  $p < 0,05$ , Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance, One Way Analysis of Variance)*

IgY-Anti-BSA im Serum: ELISA-Einheit-Werte (Exponent $\log_{10}$ -Verdünnung)						
	KV			GV		
	Medianwert	MW	$\pm$ SEM	Medianwert	MW	$\pm$ SEM
<b>vor Immunisierung (a)</b>	1,53	1,54	0,09	1,60	1,58	0,14
<b>nach Erstimmunisierung (b)</b>	2,71	2,79	0,08	2,68	2,75	0,09
<b>nach Boosterung (b)</b>	2,82	2,88	0,09	2,94	2,95	0,07

Somit ergaben sich zwischen den drei Gruppen in den jeweiligen Lebenswochen keine signifikanten Unterschiede, jedoch zeigte sich im zeitlichen Verlauf des Untersuchungszeitraumes ein signifikanter Antikörperanstieg gegen BSA. In dieser Zeit stieg auch der Gesamt-IgY-Gehalt im Serum an (siehe Tabelle 6).

**Tabelle 6:**

##### **Gegenüberstellung: Titer IgY-Anti-BSA im Serum und Gesamt-IgY-Gehalt**

*(Aus den ELISA-Einheit-Werten wurde mittels  $\log_{10}$ -Berechnung der Anti-BSA-Antikörper-Titer ermittelt und dem Gesamt-IgY-Gehalt im Serum gegenübergestellt)*

Gegenüberstellung: Titer IgY-Anti-BSA im Serum und Gesamt-IgY im Serum				
	Titer 1: x IgY-Anti-BSA		MW Gesamt-IgY im Serum in mg/ml	
	KV	GV	KV	GV
<b>vor Immunisierung</b>	<50	<50	7,7	8,1
<b>Erstimmunisierung</b>	513	479	8,6	9,5
<b>Boosterung</b>	661	871	9,1	10,8

## 4.6 Bonitierung

### 4.6.1 Beurteilung des Gefieders

Im Verlauf der Legeperiode zeigten die nach dem Beurteilungsschema in Tabelle 3 bonitierten Gefiedernoten bei beiden Haltungssystemen eine kontinuierliche Verschlechterung. Während die Großvolieren-Gruppe am Ende noch die Note „2“ aufwies, schnitt die Kleinvolierengruppe mit der Endnote „3“ deutlich schlechter ab.

**Tabelle 7:**

**Durchschnittsnoten für den Gefiederzustand im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit vom Haltungssystem** (Es wurden die Einzelnoten der beurteilten Hennen zu einem Durchschnittswert zusammengefasst.  $n = 60$  je Haltungssystem und Zeiteinheit, \* = Signifikante Unterschiede zwischen KV und GV,  $p < 0,05$ , One Way Analysis of Variance, Mann-Whitney Rank Sum Test)

	<b>Kleinvolieren</b> ±SEM	<b>Großvolieren</b> ±SEM
33.LW	<b>1,23</b> ± 0,05	<b>1,10</b> ± 0,03
37.LW	<b>1,20</b> ± 0,06	<b>1,05</b> ± 0,03
41.LW *	<b>1,52</b> ± 0,08	<b>1,20</b> ± 0,05
45.LW *	<b>1,85</b> ± 0,09	<b>1,33</b> ± 0,06
49.LW *	<b>1,53</b> ± 0,12	<b>1,08</b> ± 0,08
53.LW *	<b>1,97</b> ± 0,04	<b>1,20</b> ± 0,05
57.LW	<b>1,95</b> ± 0,11	<b>1,63</b> ± 0,04
63.LW *	<b>2,68</b> ± 0,10	<b>1,78</b> ± 0,08
69.LW *	<b>2,82</b> ± 0,10	<b>1,87</b> ± 0,07

Bei der Schlussbeurteilung wurde die Bonitierung nach Körperregionen unterteilt durchgeführt und auftretende Veränderungen notiert. Hier trat der einzig signifikante Unterschied zwischen beiden Haltungssystemen im Gefiederzustand des Kopf- und Halsbereiches auf, wobei die Tiere der Kleinvoliere die schlechtere Befiederung aufwiesen. In den übrigen Körperregionen war die Anzahl der Tiere mit schlechtem Gefiederzustand vergleichbar (Tabelle 8). Gefiederverschmutzung wurde in keiner Gruppe festgestellt.

**Tabelle 8:**

**Prozentuales Auftreten von Gefiederschäden bei der Schluss-Bonitierung in Abhängigkeit vom Haltungssystem** (Es wurden die auftretenden Veränderungen der einzelnen Regionen in ein %-Verhältnis zur Anzahl der beurteilten Hennen gesetzt.  $n = 60$  je Haltungssystem; a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede.  $p < 0,05$ , Mann-Whitney Rank Sum Test)

	<b>Kleinvoliere %</b>	<b>Großvoliere %</b>
<b>Kopf/Hals/Kamm</b>	11,7 (a)	1,7 (b)
<b>Rücken</b>	25,0	21,7
<b>Flügel</b>	41,7	21,7
<b>Schwanz</b>	33,3	38,3
<b>Brust/Bauch</b>	28,3	35,0

#### **4.6.2 Erfassung von Verletzungen**

Im Verlauf der Legeperiode wiesen nur wenige Hennen beider Haltungssysteme vereinzelt kleine und nicht tiefe Verletzungen der Hautoberfläche auf.

#### **4.6.3 Krallenlänge**

In Zusammenhang mit der Bonitierung bei der Ausstellung wurde bei allen beurteilten Tieren ( $n = 36$  pro Gruppe) zusätzlich die Länge der mittleren Kralle an beiden Ständern gemessen, um den Krallenabrieb in den verschiedenen Stallsystemen zu beurteilen. Hierbei wurden folgende Medianwerte ermittelt:

Kleinvoliere:            linke Kralle: 3,0 cm (MW: 2,98 cm  $\pm$  0,09)  
                                 rechte Kralle: 3,0 cm (MW: 3,15 cm  $\pm$  0,49)

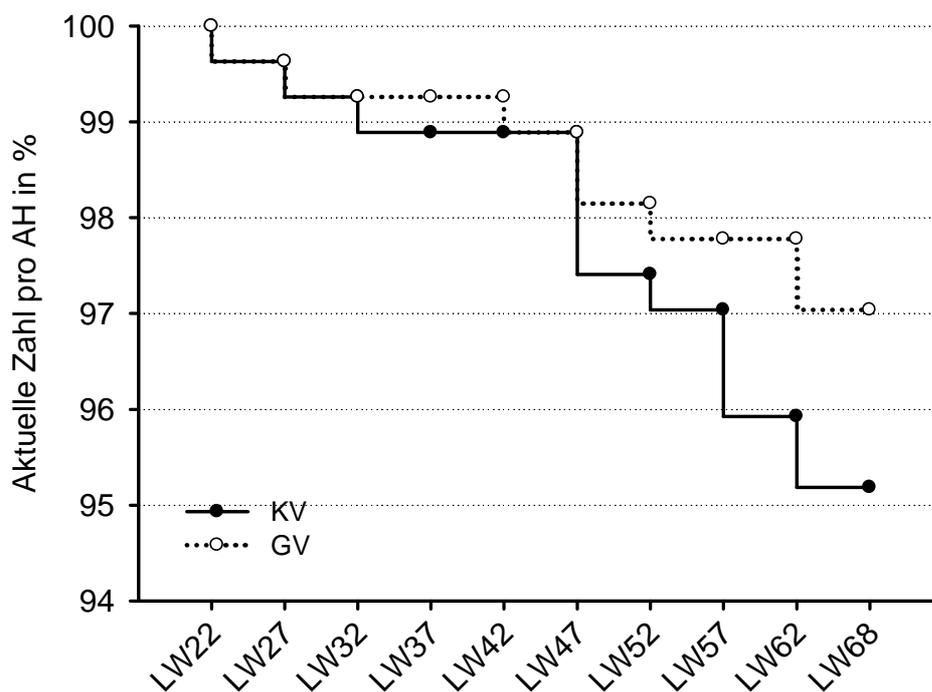
Großvoliere:            linke Kralle: 3,2 cm (MW: 3,05 cm  $\pm$  0,73)  
                                 rechte Kralle: 3,2 cm (MW: 3,08 cm  $\pm$  0,65)

Somit bestand kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen.

#### 4.7 Gesundheitsstatus und Ausfälle

In beiden Haltungssystemen waren über die gesamte Legeperiode kontinuierlich Ausfälle zu verzeichnen. So hatte die Gruppe aus der Großvolierenhaltung einen Gesamtverlust von 2,9% zu verzeichnen, am Ende lebten hier noch 262 von anfänglich 270 Tieren. In der Gruppe aus der Kleinvolierenhaltung betrug die Verlustrate über die gesamte Zeit 4,8%, so dass bei der Ausstellung noch 257 von ursprünglich 270 Hennen am Leben waren.

Als Ursachen für die Verluste sind in der Großvoliere Erhängen im Gitter zwischen den Volieren bei 2 Tieren, Euthanasie auf Grund von Frakturen bei 3 Tieren, Kreislaufversagen bei 3 Tieren zu nennen. In der Kleinvoliere waren für die Verluste Euthanasie von 2 Hennen wegen Kannibalismus, Euthanasie von 4 Hennen wegen Frakturen, Kreislaufversagen bei 7 Tieren verantwortlich.



**Abbildung 26:**  
**Anteil der noch lebenden Anfangshennen im zeitlichen Verlauf und in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde die Anzahl der aktuell lebenden Hennen monatlich in ein %-Verhältnis zu den jeweils eingestellten Anfangshennen gesetzt)

## 4.8. Post mortem-Untersuchungen

### 4.8.1 Pathologische Veränderungen

Bei der Sektion wurde in beiden Gruppen bei knapp der Hälfte der Tiere eine Brustbeinverkrümmung festgestellt, eine mittelgradige Fettleber zeigte sich ähnlich häufig. Seltener wurden Brustblasen und Wunden gefunden. Bei den Wunden handelte es sich immer um kleinere oberflächliche Hautverletzungen an Flügeln oder im Kloakenbereich, die nicht größer als 3x3 cm<sup>2</sup> waren. Inaktive Ovarien oder Eileiterentzündung kamen bei keinem Tier vor (Tabelle 9). Es ergaben sich zwischen beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede.

**Tabelle 9:**

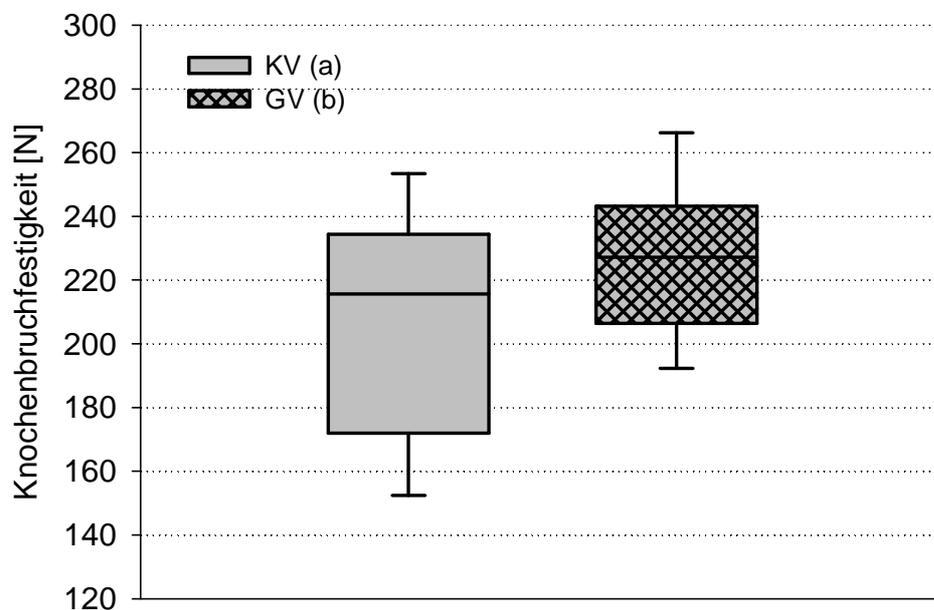
**Anteil makroskopischer pathologischer Veränderungen in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde die Anzahl der pathologischen Veränderungen in ein %-Verhältnis zu den jeweils 36 untersuchten Hennen pro Gruppe gesetzt. Mann-Whitney Rank Sum Test)

	<b>Kleinvolieren</b>	<b>Großvolieren</b>
<b>Brustbeinverkrümmung</b>	41,7%	47,2%
<b>Fettleber (mittelgradig)</b>	38,9%	69,4%
<b>Salpingitis</b>	0%	0%
<b>Inaktives Ovar</b>	0%	0%
<b>Brustblasen</b>	13,9%	8,3%
<b>Wunde</b>	11,1%	5,6%

#### 4.8.2 Knochenbruchfestigkeit

Die Knochen der Kleinvolieren-Gruppe benötigten im Median eine Kraft von 215,6 N (MW:  $206,5 \pm 6,12$ ) und unterschieden sich damit signifikant von der Großvolieren-Gruppe, bei der ein medianer Kraftaufwand von 227,1 N (MW:  $227,9 \pm 7,31$ ) erforderlich war.

Der Vergleich der Bruchfestigkeit zwischen dem linken und dem rechten Femurknochen in jeder Gruppe zeigte keine Unterschiede.



**Abbildung 27:**

**Maximale Kraft, die zum Brechen der Oberschenkelknochen post mortem aufgewendet werden musste, in Abhängigkeit vom Haltungssystem.**

*(Es wurde bei jeweils 36 Hennen je Haltungssystem die Bruchfestigkeit des rechten und linken Femurknochens gemessen und daraus ein Gruppendurchschnitt errechnet. a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede,  $p < 0,05$ ; Student t-Test)*

## 4.9 Schadgasmessungen

In keinem der beiden Haltungssysteme konnte im Verlauf der Legeperiode Ammoniak oder Schwefelwasserstoff nachgewiesen werden.

## 4.10 Staubgehaltsmessung der Stallluft

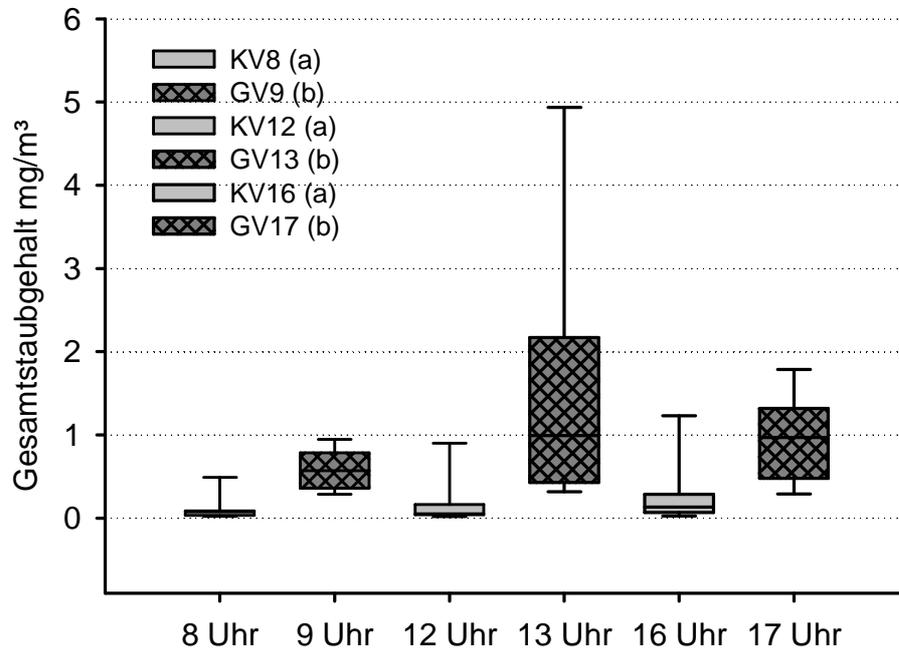
### 4.10.1 Einstündige Staubgehaltsmessung

Bei der einstündigen Gesamtstaubgehalts-Messung, die in jeder Stallung an drei Uhrzeiten vorgenommen wurde, zeigte sich jeweils innerhalb beider Haltungssysteme kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Uhrzeiten. Jedoch hoben sich die in der Großvoliere erhaltenen Medianwerte signifikant von denen der Kleinvoliere ab (Tabelle 10).

#### Tabelle 10:

**Durchschnittlicher einstündiger Staubgehalt in Abhängigkeit von der Uhrzeit und dem Haltungssystem.** (Es wurde an 10 Tagen der Legeperiode eine Stunde lang zu 3 verschiedenen Uhrzeiten je Haltungssystem der Gesamtstaubgehalt gemessen. a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede,  $p < 0,05$ ; Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks)

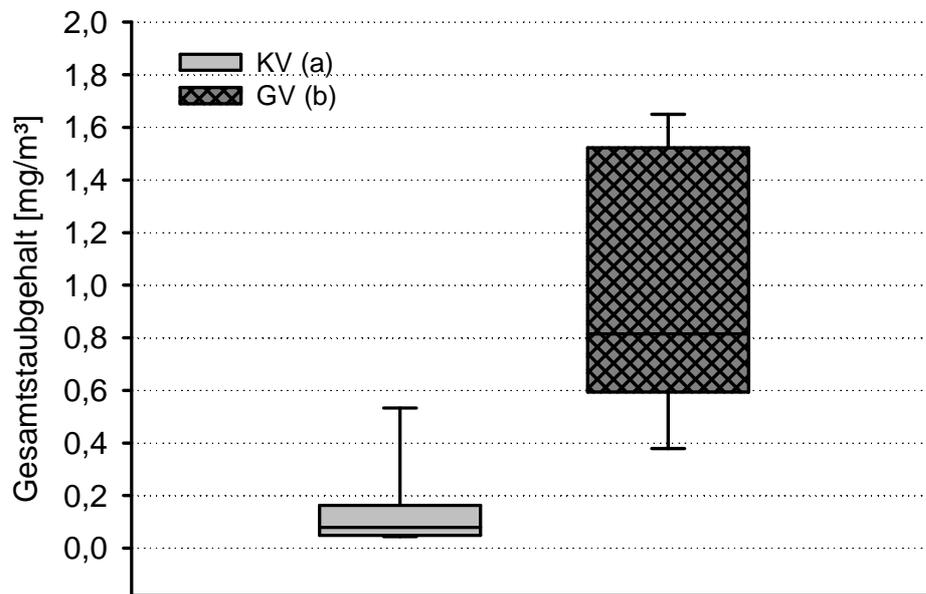
<b>Kleinvoliere</b>	Medianwert (mg/m <sup>3</sup> )	<b>Großvoliere</b>	Medianwert (mg/m <sup>3</sup> )
8 Uhr	<b>0,075 (a)</b>	9 Uhr	<b>0,571 (b)</b>
12 Uhr	<b>0,053 (a)</b>	13 Uhr	<b>0,994 (b)</b>
16 Uhr	<b>0,135 (a)</b>	17 Uhr	<b>0,972 (b)</b>



**Abbildung 28:**  
**Durchschnittlicher einstündiger Staubgehalt in Abhängigkeit von der Uhrzeit und dem Haltungssystem.** (Es wurde an 10 Tagen der Legeperiode eine Stunde lang zu 3 verschiedenen Uhrzeiten je Haltungssystem der Gesamtstaubgehalt gemessen. a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede,  $p < 0,05$ ; Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks)

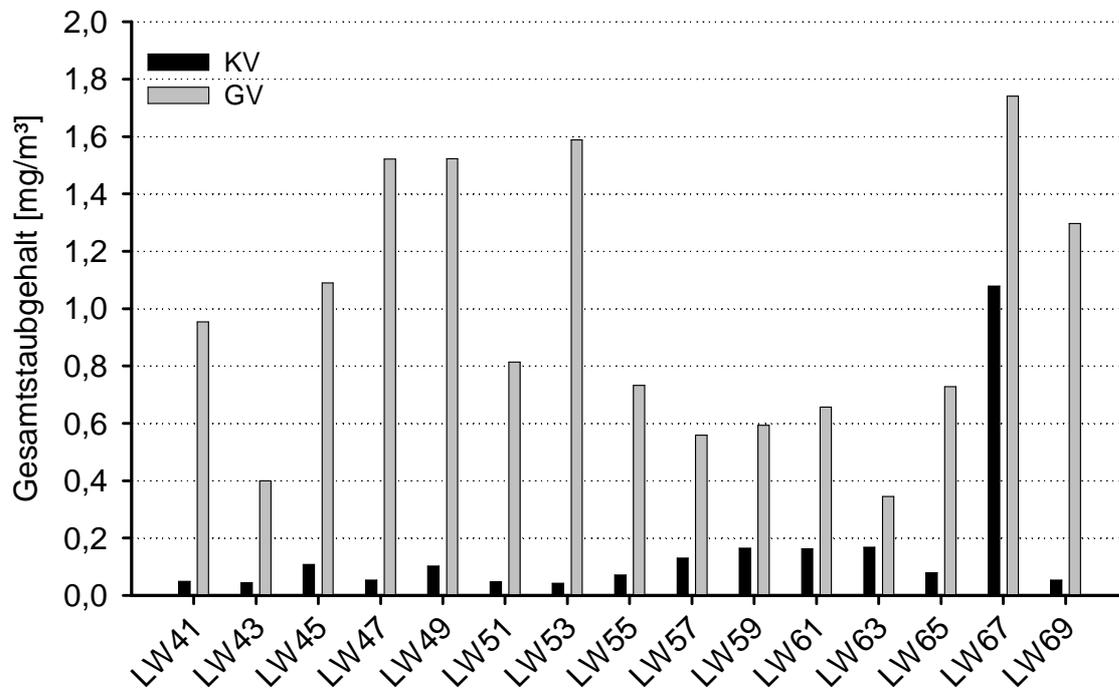
#### 4.10.2 Einminütige Staubgehaltsmessung

In der Kleinvoliere lag der Medianwert der einminütig gemessenen Staubbelastung (Partikel  $<2,5 \mu\text{m}$ ) bei  $0,078 \text{ mg/m}^3$ , in der Großvoliere war diese mit einem Medianwert von  $0,814 \text{ mg/m}^3$  um ein vielfaches höher. Somit bestand ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Haltungssystemen.



**Abbildung 29:**  
**Durchschnittlicher Gesamtstaubgehalt ( $<2,5 \mu\text{m}$ ), der in einer Minute gemessen wurde in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde ab der 41. LW in zweiwöchigen Abständen der Staubgehalt an vier Positionen je Stallung gemessen und aus diesem ein Durchschnittswert errechnet;  $n = 15$  je Haltungssystem. a, b: Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede,  $p < 0,05$ ; Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf zeigten die ab der 41. Lebenswoche gemessenen Staubgehalte in beiden Haltungssystemen Schwankungen. In der Kleinvoliere bewegten sich die ermittelten Werte jedoch mit Ausnahme der 67. Lebenswoche kontinuierlich unter 0,2 mg/m<sup>3</sup>. Der Staubgehalt in der Großvoliere variierte lüftungsbedingt stark.



**Abbildung 30:**  
**Durchschnittlicher Gesamtstaubgehalt (<2,5 µm), der in einer Minute gemessen wurde im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit vom Haltungssystem.** (Es wurde ab der 41. LW in zweiwöchigen Abständen der Staubgehalt an vier Positionen je Stallung gemessen und aus diesem ein Durchschnittswert errechnet; n = 15 pro Gruppe.)

## 5. Diskussion

Im Rahmen dieser Studie wurden in drei identische Großvolierenabteile jeweils 90 Hennen und in sechs identische Kleinvolierenabteile jeweils 45 Hennen eingestallt. Bei den Ergebnissen dieser Studie muss berücksichtigt werden, dass die Hennen in Großvolierenhaltung in vergleichsweise kleinen Gruppen von 90 Tieren eingestallt wurden. Begriffsdefinitionen für die einzelnen Haltungssysteme sind schwierig, da sie von unterschiedlichen Autoren unterschiedlich verwendet wurden, meist richtet sich jedoch der Begriff „ausgestalteter Käfig“ nach den Vorgaben der EU-Richtlinie (1999/74/EG), der Begriff „Kleinvoliere“ wurde übergangsweise verwendet und die „Kleingruppenhaltung“ beinhaltet die Vorgaben der TierSchNutzV.

Im Laufe einer Legeperiode wurden die Parameter Leistung, Produktmerkmale, physiologische Blutwerte und Parameter zum Immunstatus, Gefiederzustand, Ausfälle und Knochenbruchfestigkeit sowie Luftverunreinigungen in beiden Haltungssystemen untersucht.

### 5.1 Legeleistung

Um die erbrachte Legeleistung der Hennen mit anderen Studien vergleichen zu können, wurden keine absolute sondern prozentuale Angaben verwendet, da die Länge der Legeperiode nicht immer identisch war. LANGE (1996), ABRAHAMSSON et al. (1996), TAUSON et al. (1999) und LEYENDECKER et al. (2001a) stellten jeweils eine schlechtere Legeleistung in Boden- oder Volierenhaltung als in Käfighaltung fest. Die in der vorliegenden Studie in der Kleinvolierenhaltung erzielte Legeleistung von 89,5% lag sogar minimal unter der Legeleistung von 91,7% der Hennen aus der Volierenhaltung. VITS (2005) erhielt in ihren Untersuchungen für das ausgestaltete Käfigsystem mit 88,0% eine bessere Leistung als für die Kleingruppenhaltung (10 bis 20 Hennen je Einheit) mit 86,6%. Ebenso zeigten bei LÜKE (2003) die Tiere aus der Kleingruppenhaltung mit 78 Hennen pro ausgestaltetem Käfig (entspricht 13,3 Tiere/m<sup>2</sup>) mit 285 Eiern je Anfangshenne ein höheres Ergebnis als die 330 Tiere aus der Bodenhaltung (entspricht 6,5 Tiere/m<sup>2</sup>) mit 252 Eiern. Die gleiche Tendenz erbrachte auch das „Laywel“-Projekt, denn mit 74,4 % schnitt die Leistung in mehr-etagiger Bodenhaltung wesentlich schlechter ab,

als in mittelgroßen ausgestalteten Käfigen mit 81,7% (BESSEI, 2006). Bei WALL (2002) lag die Legeleistung für ausgestaltete Käfige bei 86,0%. In der vorliegenden Untersuchung wurden diese Ergebnisse von beiden Gruppen übertroffen und lagen trotz verschiedener Haltung nahe an der von LOHMANN (2006) angegebenen Spitzenleistung von 91% bis 93%. Eine denkbare Erklärung für das geringfügig schlechtere Ergebnis der Kleinvoliere könnte die Tatsache sein, dass in diesem Haltungssystem „Eierfressen“ festgestellt wurde. Zwar wurden aufgefundene Schalen mit erhoben, doch blieb unklar wie viele Eier über die gesamte Legeperiode komplett mit Schale von den Hennen gefressen wurden.

## **5.2 Eigewicht**

Das durchschnittliche Eigewicht von 60,95 g in der Großvoliere und 60,63 g in der Kleinvoliere lag innerhalb der von GRASHORN (2004) ermittelten Angaben und nahm ebenso im Verlauf der Legeperiode zu. Weiterhin stimmen diese Ergebnisse auch mit denen des „Laywel“-Projekts überein. Dort ergaben sich mit 62,95 g für die Bodenhaltung und 62,84 g für die Haltung in ausgestalteten Käfigen nur geringe Unterschiede im Eigewicht (BESSEI, 2006). FITZ (2007) erhielt mit 62,8 g bis 64,4 g höhere Eigewichte in Volierenhaltung mit verschiedenen Einstreumaterialien als in der vorliegenden Untersuchung. Ebenso ergab sich in verschiedenen Formen der Auslaufhaltung mit über 65 g ein höheres Eigewicht (BAZER, 2005). LE BRIS (2005) erhielt Unterschiede zwischen verschiedenen Hennenlinien, was erklären könnte weshalb in der vorliegenden Studie das Eigewicht etwas geringer ausfiel als in anderen Untersuchungen. Denn das ermittelte Eigewicht beider Gruppen entsprach dem für diese Hennenlinie genannten (LOHMANN, 2006).

## **5.3 Anteil verlegter Eier**

Mit einem Anteil von 0,28% an verlegten Eiern in der Großvoliere und 0,33% in der Kleinvoliere lagen die beiden Systeme auf vergleichbarem Niveau und deutlich unter den von LE BRIS (2005) oder LÜKE (2004) ermittelten Werten, die mit über 3% sehr hoch waren. Somit scheinen mögliche Ursachen für verlegte Eier wie ungenügendes

Nestangebot oder mangelnde Attraktivität der Nester (APPLEBY, 1984; BAUER, 1995b, DAMME, 2003) in dieser Studie keine Rolle gespielt zu haben, so dass im vorliegenden Versuch die Attraktivität der Nestsausstattung der beiden geprüften Haltungssysteme zu einer sehr guten Annahme durch die Hennen führte. Ein weiterer Faktor könnte auch die verhältnismäßig geringe Besatzdichte in beiden Systemen gewesen sein.

#### **5.4 Knick- und Brucheier**

Der Anteil an Knick- und Brucheiern in der Volierenhaltung war mit 0,06% mit dem von LE BRIS (2005) ermittelten zu vergleichen, sie erhielt in ihrer Studie einen Anteil von 0,22%. Dies entsprach nicht dem Ergebnis der „Laywel“-Studie, die für die Volierenhaltung mit 3,16% deutlich höhere Werte an Knick- und Brucheiern erhielt als für die Haltung in ausgestalteten Käfigen, wo der Anteil bei 1,7% lag (BESSEI, 2006). In vorliegender Studie ergab sich mit einem Anteil von 1,65% in der Kleinvoliere das umgekehrte Verhältnis. Dies kann mit der Beobachtung von WALL (2002) erklärt werden, der die räumliche Konzentration der Eiablage in den Nestern für diese Beschädigungen verantwortlich machte, denn in der Kleinvoliere sammelten sich die Eier als Folge der intensiven Nutzung durch die Hennen dicht an den vier Seiten der Nester. So konnten zum Teil nicht alle Eier aus dem Käfigraum abrollen und wurden mitunter von den Hennen bepickt. Um diesem Problem zu begegnen wird in kommerziellen Legehaltungen mit automatischer Eiersammlung der Lauf des Eierförderbandes zur Haupteiablagezeit getaktet.

#### **5.5 Schmutzeier**

In diesem Versuch ergab sich keine wie bei LE BRIS (2005) festgestellte Korrelation zwischen verlegten und verschmutzten Eiern. Während in beiden Haltungssystemen kein Unterschied bezüglich verlegter Eier bestand, waren in der Kleinvoliere mit 1,06% signifikant mehr Eier verschmutzt als in der Großvoliere mit 0,06%. Dennoch lagen die Anteile verschmutzter und verlegter Eier in beiden untersuchten Haltungssystemen unter den von LÜKE (2006) ermittelten Werten. Er erhielt Anteile

von 4,4% und 3,9% für Volieren- und Kleingruppenhaltung. Somit wurden seine Befunde eines höheren Anteils an Schmutzeiern in Volierenhaltung nicht bestätigt. Der höhere Anteil in der Kleinvolierenhaltung in diesem Versuch kann damit erklärt werden, dass die Eier über den von den Hennen genutzten Käfigraum abrollen mussten. Sie konnten somit mit nicht durch den Gitterboden durchgetretenem Kot in Verbindung kommen. Diese Möglichkeit war in der Großvoliere nicht gegeben.

## **5.6 Schalenbruchfestigkeit**

LEYENDECKER (2002) ermittelte für Eier aus Volierenhaltung eine Bruchfestigkeit von durchschnittlich 37,9 N, diesem Ergebnis kamen beide Haltungssysteme mit 32,87 N (GV) und 30,66 N (KV) nicht annähernd nahe. Auch bei VITS (2005) lag die Bruchfestigkeit mit Werten um 40 N deutlich höher. Es entsprach aber den Untersuchungen von CORDTS et al. (2001), die mit zunehmendem Alter der Hennen eine abnehmende Schalenstabilität feststellten. Denn auch in diesem Versuch war die Bruchfestigkeit ab der 58. Lebenswoche mit Werten um 30 N deutlich niedriger als mit etwa 35 N zu Legebeginn, was durch altersbedingte Störungen im Kalziumstoffwechsel erklärt werden kann. Auch entsprachen die Ergebnisse den Untersuchungen von BAZER (2005), die in Auslaufhaltung eine Bruchfestigkeit von um die 32 N ermittelte, und den Ergebnissen von FITZ (2007), der Werte von 30,1 N bis 32,2 N erhielt. Da die Bruchfestigkeit der Eischale darüber hinaus weiteren Einflussfaktoren - wie unter anderem der Futterzusammensetzung - unterliegt (BAUMGART, 2005), sind vergleichende Betrachtungen mit Ergebnissen anderer Autoren nur bedingt möglich. Auch ergeben sich durch unterschiedliche Messmethoden Differenzen in den verschiedenen Ergebnissen.

Die im Bruchfestigkeitsvergleich erhaltenen hohen Werte für die modifizierte Eihalterung im Zwick/Roell- Materialprüfgerät können durch eine bessere Verteilung der auf die Eischale einwirkenden Kraft erklärt werden. Da Eier im Verlaufe der Klassifizierung und Gewichtsbestimmung eher ringförmigen als punktuell auf die Eipole einwirkenden Kräften ausgesetzt sind, könnten Bruchfestigkeitsmessungen, die nicht durch punktuelle Krafteinwirkung ermittelt wurden, eine sicherere Aussage für die Stabilität der Eischale im Rahmen des maschinellen Handlings vor der Verpackung der Eier liefern.

## **5.7 Dicke der Eischalen**

Die Dicke der Eischalen als ein weiterer Parameter für die Schalenqualität erbrachte mit 280 µm für die Kleinvoliere und 290 µm für die Großvoliere, ebenso wie die Bruchfestigkeit, keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Haltungssystemen und lag auch in diesem Punkt unter dem von LEYENDECKER et al. (2002) erhaltenen Ergebnis, das bei 325 µm in Volierenhaltung lag. Doch zeigte sich auch in der vorliegenden Studie eine Abnahme der Schalendicke von anfänglichen 400 µm zu Beginn, auf ca. 250 µm zum Ende der Legeperiode, was durch die von CORDTS et al. (2001) beobachteten Störungen im Kalziumstoffwechsel mit zunehmendem Alter erklärt werden kann. Auch ermittelte VITS (2005) mit 326 µm in der Kleingruppe und 319,9 µm im ausgestalteten Käfig ebenso eine höhere Dicke der Eischalen, wie LE BRIS (2005) mit Werten zwischen 340 µm und 400 µm bei verschiedenen Legelinien. Bei BAZER (2005) und FITZ (2007) ergaben sich mit durchschnittlichen Schalendicken von 380 µm und 410 µm deutlich höhere Werte. Da die Eischalendicke aber ebenso wie die Bruchfestigkeit unter anderem von der Futterzusammensetzung abhängt, lassen sich die Ergebnisse verschiedener Autoren nur bedingt vergleichen.

## **5.8 Hämatokrit und Hämoglobin**

Die bei den Versuchsgruppen gemessenen Hämatokritwerte entsprachen mit Werten von 26% (KV) und 25% (GV) den von FREEMAN (1971) ermittelten Werten für ovulierende Hennen, für die Konzentrationen zwischen 19% und 30,9% angegeben wurden. Sie erreichten auch nahezu das Ergebnis von 28,75% von LE BRIS (2005) und lagen über dem von BAUMGART (2005) ermittelten Bereich, mit Konzentrationen zwischen 21% und 22%. Trotz Befalls der Hennen mit der blutsaugenden Roten Vogelmilbe hielten sich die Hämatokritkonzentrationen über die Legeperiode nahezu konstant. Dennoch besitzt der Hämatokrit auf Grund großer Schwankungsbreite nur eine eingeschränkte diagnostische Bedeutung (SIEGMANN, 1992).

Der Hämoglobinwert zeigte zwischen beiden Haltungssystemen keinen wesentlichen Unterschied, für die Kleinvoliere wurde ein Medianwert von 10,80 g/dl ermittelt, für

die Großvoliere von 10,66 g/dl. Somit waren die Ergebnisse mit denen von LE BRIS (2005) und BAUMGART (2005) vergleichbar, die Werte zwischen 10,7 g/dl und 11,7 g/dl ermittelten. Die von BELL (1971) erklärte Variabilität des Hämoglobinwertes kann weder in der vorliegenden Untersuchung noch im Vergleich mit anderen Studien belegt werden.

## **5.9 Immunstatus**

Die im Serum gemessenen IgY-Werte entsprachen dem Ergebnis von neun Monaten alten Hennen, das ERHARD et al. (2000) vor einer Immunisierung ermittelt hatten, fünf Monate alte Hennen wiesen in seiner Studie einen geringeren Serumgehalt auf. Im aktuellen Versuch konnte ebenfalls festgestellt werden, dass die Tiere zu Beginn der Legeperiode niedrigere IgY-Konzentrationen zeigten als zum Ende. Jedoch konnten keine Unterschiede zwischen den Haltungssystemen festgestellt werden, wie es bei ERHARD et al. (2000) in einem Vergleich von Boden- zu Käfighaltung der Fall war. Ähnlich wie bei LE BRIS (2005) ergaben sich im zeitlichen Verlauf deutliche Unterschiede. Innerhalb der Großvoliere zeigte die Voliere C ein wesentlich geringeres Ergebnis als die beiden anderen Volieren, obwohl sie gleichen Haltungsbedingungen ausgesetzt waren. Als eine denkbare Erklärung für diesen Befund wäre anzuführen, dass die Tiere dieser Gruppe zu Beginn der Legeperiode mit BSA immunisiert wurden. Allerdings ließ sich dieser Unterschied nicht innerhalb der Kleinvolierengruppen wieder finden. Hier wiesen die beiden immunisierten Gruppen keinen niedrigeren Wert auf, als die vier nicht immunisierten Gruppen. Auf die Immunisierung mit BSA zeigten sich keine Differenzen zwischen den Haltungssystemen, was somit dem Ergebnis von ERHARD et al. (2000) entgegen steht. Jedoch stieg der Antikörpertiter ebenso wie bei LI et al. (1998) nach der Immunisierung deutlich an und erreichte ebenfalls ein Plateau, das sich auch durch eine Boosterung nicht wesentlich veränderte. Die deutliche Immunreaktion auf die BSA-Immunisierung deutete darauf hin, dass es durch die Haltungssysteme zu keiner immunsuppressiven Belastung der Tiere kam.

## **5.10 Bonitierung**

Vergleichbar dem Ergebnis von SEWERIN (2002) zeigte sich auch in dieser Untersuchung ein Unterschied im Gefiederzustand zwischen der Kleinvoliere und der Voliere, in der Form, dass die Befunde der Kleinvoliere zum Ende der Legeperiode eine ganze Note schlechter waren als die der Großvoliere. Ebenso stimmte das Ergebnis mit dem von BAUMGART (2005) überein, die eine Verschlechterung des Gefiederzustandes über den zeitlichen Verlauf der Legeperiode erhielt. In der Kleinvoliere könnten die von LÖLIGER (1992) genannten Gründe wie Abrasion der Federn an Käfiggittern und Federpicken durch Artgenossen dafür verantwortlich gewesen sein. Es konnte bei den Hennen ein Sandbadeverhalten auf dem Drahtgitterboden beobachtet werden, was eine denkbare Erklärung für den schlechteren Gefiederzustand wäre, da dies zu einer Zerstoßung der Federn führen könnte. Weiterhin mussten die Hennen zur Nahrungsaufnahme mit den Köpfen zwischen den Gitterstäben hindurch, um an die Futterrinne zu gelangen. Dies könnte die schlechtere Kopfbefiederung erklären. Ein kausaler Zusammenhang zwischen Mangelernährung und Ektoparasitenbefall und Gefiederzustand kann für die vorliegende Studie nicht angenommen werden, da beide Gruppen dasselbe Futter erhielten und gleichermaßen geringgradig mit der Roten Vogelmilbe befallen waren.

## **5.11. Krallenlänge**

FIKS-VAN NIEKERK und VAN EMOUS (2003) erhielten für die Krallenlängen weiß befiederter Hennen eine große Variationsbreite von 9 mm bis 32 mm, der ermittelte Durchschnittswert lag bei 21 mm und ähnelte dem von BUCHTA et al. (2006) mit 18 mm. In dieser Untersuchung lag die Krallenlänge sowohl der Hennen aus der Kleinvolieren- als auch der aus Großvolierenhaltung im oberen Variationsbereich (30-32 mm). Da die Länge zwischen den Haltungssystemen nicht wesentlich variierte, waren in der Kleinvoliere die Krallenabriebvorrichtung im Bereich der Futterkette und die Astroturfmatte zum Scharren und Sandbaden für die Hennen ausreichende Möglichkeit die Krallen abzunutzen.

## **5.12 Gesundheitsstatus und Ausfälle**

In der Volierenhaltung lag mit 2,9% die Verlustrate niedriger als in der Kleinvolierenhaltung mit 4,8%. Dies stimmte somit nicht mit dem von BESSEI (2006) Genannten überein, der eine höhere Mortalität in Nicht-Käfig-Systemen anführte. Auch ergaben sich in der Art der Verlustrate keine wesentlichen Differenzen zwischen den Haltungssystemen. Das in der Voliere erhaltene Ergebnis lag deutlich unter dem von BAUMGART (2005), die in Volierenhaltung durchschnittlich 8,25% ermittelte. Die Mortalitätsrate der Kleinvoliere hingegen lag deutlich über den von BUCHTA et al. (2006) ermittelten 3,2% für Kleingruppenhaltung.

Bei der pathologischen Untersuchung zeigte sich in der Großvoliere ein vermehrtes Auftreten von Fettlebern und widersprach der Feststellung von RIDDEL (1997), der dies vorrangig in Käfig- und nicht in Bodenhaltung feststellte, da den Tieren dort weniger Bewegungsraum zur Verfügung stand. In aktueller Untersuchung gab es keine eindeutige Erklärung für diesen Befund. Bezüglich der untersuchten Parameter Brustbeinverkrümmung, Brustblasen, Wunden, Salpingitis und inaktiven Ovarien ergaben sich keine Auffälligkeiten zwischen den Haltungssystemen und stimmte somit ebenfalls nicht mit den Angaben von BESSEI (2006) überein. Eine Erklärung hierfür könnte gewesen sein, dass in beiden Haltungssystemen nicht die volle mögliche Besatzdichte eingestallt wurde.

## **5.13 Knochenbruchfestigkeit**

Die Ergebnisse der Knochenbruchfestigkeitsmessung zeigten Übereinstimmung mit denen von KNOWLES (1998), der bei Tieren aus Volierenhaltung stabilere Knochen fand und dies mit der erhöhten Bewegungsmöglichkeit erklärte. Mit Werten von 215,6 N (KV) und 227,1 N (GV) lag die in diesem Versuch erhaltene Knochenbruchfestigkeit in einem vergleichbaren Bereich wie bei FITZ (2007), der für Volierenhaltung Bruchfestigkeiten zwischen 198,6 N und 251,8 N ermittelte. Jedoch zeigten Hennen in Auslaufhaltung mit Werten von 265,5 N bis 276,7 N deutlich stabilere Knochen (BAZER, 2005), was sich durch die besseren Bewegungsmöglichkeiten der Hennen erklären lässt. Auch BISHOP et al. (2000) stellten weniger stabile Knochen bei Bewegungsmangel fest, was eine mögliche

Ursache für die schlechtere Bruchfestigkeit im Kleinvolierensystem sein könnte, da den Tieren keine so ausreichende Bewegung in der dritten Dimension möglich war wie in der Großvoliere. VITS (2005) stellte ebenso fest, dass bei weniger Bewegungsraum auf Grund höherer Besatzdichte die Knochenstabilität geringer war.

#### **5.14 Staubgehalt und Schadgas**

Die um ein vielfaches höhere Staubbelastung durch lungengängige Staubpartikel in der Voliere stimmte mit dem Ergebnis von PESCHEL (2004) überein, denn er stellte besonders hohe Staubbelastung in Volierenhaltung fest, insbesondere bei Stroh als Einstreumaterial. Auch konnten die Ergebnisse von BÜSCHER (2005) bestätigt werden, der die geringste Staubbelastung in der Dunkelphase ermittelte, bedingt durch das Ruheverhalten der Tiere. Die höchsten Werte zeigten sich bei ihm nach Laufen der Futterkette bei Trockenfutter. In diesem Versuch korrelierten die Ergebnisse mit denen von BÜSCHER (2005), da die Staubbelastung morgens noch niedriger war, als nachmittags, nachdem die Futterkette schon zweimal in Betrieb war. Die Messergebnisse der Kleinvoliere lagen in einem ähnlichen Bereich wie die von SCHNEIDER et al. (2005) erhaltene Staubbelastung in Käfig- und Volierensystemen. In der Volierenhaltung ergab sich somit ein höheres gesundheitliches Risiko für das Personal an Allergien oder Asthma, verursacht durch Staub, zu erkranken. Schadgase konnten in keinem der Haltungssysteme festgestellt werden, was damit erklärt werden könnte, dass der Kot auf dem Kotband täglich entfernt wurde.

## 5. 15 Schlussfolgerung

Die in dieser Studie untersuchten Haltungssysteme erbrachten im Vergleich aller untersuchten Parameter nicht den Hinweis, dass ein System wesentlich schlechter zu beurteilen wäre, als das andere. In Bezug auf die Parameter Legeleistung und Produktmerkmale waren die Ergebnisse vergleichbar und lagen im positiven Sinne über den in der Literatur für vergleichbare Systeme angegebenen Werten für die jeweiligen Kriterien, was auf die niedrige Besatzdichte und die kleinen Gruppen der Großvoliere zurückzuführen sein kann. Der etwas höhere Anteil an Knick-, Bruch- und Schmutzeiern in der Kleinvoliere würde in einem Betrieb mit automatischem Eiertransportband wahrscheinlich geringer ausfallen, da die Eier sich zum Teil in den Käfigraum aufstauten und somit für die Hennen zugänglich waren.

Auch bei den physiologischen und immunologischen Ergebnissen gab es keine deutlichen Unterschiede. Die einzigen Punkte in denen die Kleinvoliere schlechter abschnitt als die Großvoliere waren der Gefiederzustand, die Eischalenbruchfestigkeit und die Knochenbruchfestigkeit, dafür war die Staubbelastung in der Großvoliere um ein vielfaches höher.

Insgesamt stellen in Bezug auf den Gesundheitsstatus beide Systeme keine nachteilige Haltungsförm für die nicht schnabelküperten Legehennen dar, allerdings sollte berücksichtigt werden, dass weder die Kleinvoliere noch die Großvoliere bis zur vollen möglichen Besatzdichte eingestallt waren. Möglicherweise würde eine höhere Besatzdichte den Gesundheitsstatus der Tiere anders beeinflussen. Außerdem wurden in dieser Arbeit keine Verhaltensparameter berücksichtigt, diese wurden in einer gesonderten Studie untersucht (HERGT, 2007 eingereicht)

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

### Gesundheitsstatus von Legehennen in Klein- und Großvolierenhaltung im Vergleich

In der vorliegenden Studie wurde der Gesundheitsstatus von Lohmann Silver Legehennen in KV- und GV-Haltung untersucht. Die Legehennen wurden unter identischen Managementbedingungen in drei Großvolierenabteile zu jeweils 90 Tieren (13,5 Tiere/m<sup>2</sup> nutzbare Bodenfläche) und in sechs Kleinvolierenabteile zu jeweils 45 Tieren (9 Tiere/m<sup>2</sup> nutzbare Fläche) eingestallt. Die Untersuchungen fanden im Zeitraum von Oktober 2005 bis September 2006 statt. Die Legeperiode erstreckte sich somit über 12 Monate.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Bei der **Gesamtlegeleistung** lag die GV-Gruppe mit einem Medianwert von 91,7% nicht signifikant höher als die KV-Gruppe mit 89,5%. Im zeitlichen Verlauf erreichte die GV-Gruppe in der 40. Lebenswoche mit 95,2% das Leistungsmaximum, die KV-Gruppe in der 31. Lebenswoche mit 96,2%. Der **Anteil verlegter Eier** war bei beiden Gruppen mit Medianwerten von 0,28% (GV) und 0,33% relativ gering. In der GV-Gruppe wurden mit 0,17% deutlich mehr Eier auf den Boden verlegt, als mit 0,05% auf das Laufgitter. Der Medianwert des **Eigewichtes** lag mit 60,95 g bei der GV-Gruppe und 60,63 g bei der KV-Gruppe auf gleichem Niveau. Im zeitlichen Verlauf nahm das Durchschnittsgewicht zu Anfang der Legeperiode stetig zu und blieb bis zum Ende relativ konstant. Der Medianwert des Gesamtanteils an **Knick- und Brucheiern** lag bei der KV-Gruppe mit 1,65% deutlich höher als bei der GV-Gruppe mit 0,06%. Knickeier ergaben sich in der KV-Gruppe mit einem Anteil von 0,62%, in der GV-Gruppe mit 0,06%, auch bei den Brucheiern lag die KV-Gruppe mit 1,03% vor der GV-Gruppe mit 0%. Im zeitlichen Verlauf gab es ein vermehrtes Auftreten bis zur 45. Lebenswoche. Der Medianwert des Anteils an **Windeiern** lag bei beiden Gruppen bei 0%. Mit einem Medianwert von 1,06% an **Schmutzeiern** lag die KV-Gruppe deutlich vor der GV-Gruppe mit 0,06%. Der Anteil kotverschmutzter Eier war im Median bei der KV-Gruppe mit 0,77% deutlich höher als die GV-Gruppe mit 0,05%. Bei den blutverschmutzten Eiern betrug das Verhältnis von KV zu GV 0,11% zu 0%. Bezüglich der **Eischalenbruchfestigkeit** ergab sich mit einem Medianwert von 32,9 N bei der GV-Gruppe ein signifikanter Unterschied zur KV-Gruppe mit 30,7 N. Im zeitlichen Verlauf ergaben sich gesicherte Unterschiede zwischen beiden

Gruppen und zwischen den einzelnen Lebenswochen. Die **Eischalendicke** lag mit einem Medianwert von 0,28 mm bei der KV-Gruppe auf demselben Niveau wie bei der GV-Gruppe mit 0,29 mm. Im zeitlichen Verlauf nahmen die Werte bei beiden Gruppen zum Ende der Legeperiode ab. Mit einem Medianwert des **Hämatokrits** von 26,0% lag die KV-Gruppe vor der GV-Gruppe mit 25,0%. Gegen Ende der Legeperiode blieb der Hämatokritwert bei beiden Gruppen über 25%. Die Medianwerte der Anteile der **Hämoglobinkonzentration** waren bei der KV-Gruppe mit 10,8 g/dl und der GV-Gruppe mit 10,66 g/dl ähnlich. Bei beiden Gruppen stieg der Hämoglobinwert zum Ende der Legeperiode auf Werte über 12 g/dl. In der Bestimmung von **IgY im Serum** ergab sich mit Medianwerten zwischen 8,77 mg/ml und 10,22 mg/ml kein signifikanter Unterschied innerhalb der Kleinvolieren, auch im zeitlichen Verlauf zeigte sich eine ähnliche Tendenz. Bei den Großvolieren hob sich Gruppe C mit einem Medianwert von 7,76 mg/ml deutlich von Gruppe A und B mit Werten von 9,18 mg/ml und 9,65 mg/ml ab, im zeitlichen Verlauf ergaben sich bei allen Gruppen Schwankungen. Insgesamt ergab sich zwischen KV-Gruppe und GV-Gruppe kein wesentlicher Unterschied mit Medianwerten von 9,70 mg/ml und 9,26 mg/ml. Die Bestimmung von **IgY-Anti-BSA** erbrachte keine Unterschiede zwischen den immunisierten Gruppen, zeigte aber in den Werten vor der Immunisierung und nach der Immunisierung einen signifikanten Antikörperanstieg. Der **Gefiederzustand** verschlechterte sich in beiden Gruppen kontinuierlich über die gesamte Legeperiode mit Schlussnoten von 2,82 bei der KV-Gruppe und 1,87 bei der GV-Gruppe. Nach Körperregionen bewertet, zeigte sich allein bei der schlechteren Kopfbefiederung der KV-Gruppe ein deutlicher Unterschied. Der Medianwert der **Krallenlänge** lag bei beiden Gruppen um die 3 cm. Die Mortalitätsrate belief sich bei der GV-Gruppe auf 2,9%, bei der KV-Gruppe lag sie mit 4,8% höher. Bei der **pathologischen Untersuchung** wurden in beiden Gruppen bei fast der Hälfte der Tiere Brustbeinverkrümmungen und mittelgradige Fettlebern gefunden, Brustblasen und Wunden kamen vereinzelt vor. Salpingitis und inaktive Ovarien konnten nicht diagnostiziert werden. Bei der **Knochenbruchfestigkeit** war bei der KV-Gruppe mit 215,6 N deutlich weniger Kraftaufwand zum Brechen des Femurs notwendig, als bei der GV-Gruppe mit 227,1 N. **Schadgas** wurde in keiner der beiden Gruppen festgestellt. Bei der zu drei verschiedenen Uhrzeiten durchgeführten **einstündigen Staubgehaltsmessung** zeigten sich zwischen den Uhrzeiten keine Unterschiede,

der Staubgehalt war in der GV-Gruppe um ein vielfaches höher als in der KV-Gruppe, was auch die **einminütige Staubgehaltsmessung** zeigte.

## 7. SUMMARY

### **State of health of laying hens housed in furnished cages and aviary housing systems: a comparison**

The study at hand examines the state of health of Lohmann Silver laying hens housed in furnished cage compartments and in aviary compartments.

The laying hens were housed on identical management conditions in three aviary compartments, each compartment containing 90 animals (13.5 hens/m<sup>2</sup> usable ground) (further on referred to as AC-group), and in six furnished cage compartments (FC-group), each compartment containing 45 animals (9 hens/m<sup>2</sup> usable ground). The investigations took place during the period of October 2005 until September 2006. The laying period lasts exactly 12 months

The results can be summarized as follows:

Regarding the **overall laying performance**, the AC-group showed a median of 91.7%, which was not significantly higher than the 89.5% median of the FC-group. Considering the chronological progress of both groups, the AC-group reached their highest performance in week 40 with a weekly median of 95.2% whereas the FC group already showed their highest performance in week 31 with 96.2%. Both groups showed relatively small proportions of **misaid eggs**: 0.28% for the AC group and 0.33% for the FC-group. We can state for the AC group, that notably more eggs have been misaid on the soil (0.17%) than on the grid (0.05%). The median egg weight in both groups was approximately the same. The median egg weight of the AC-group was 60.95g, whereas the egg weight of the AC group was slightly lower with 60.63g. Considering the chronological course of the egg weight development, we can state that the average weight rose continually from the beginning in both groups and stayed relatively constant in the end. The median proportion of **broken and cracked eggs** was considerably higher in the FC-group with 1.65% compared to the AC-group with only 0.06%. The cracked egg rate in the FC-group was 0.62%, whereas the AC-group showed a rate of 0.06% of cracked eggs. Concerning the portion of broken eggs, the FC-group showed a rate of 1.03%, compared to 0% in the AC-group. In the course of the project, an augmented increase in broken and cracked eggs was noted up to week 45. None of the groups produced wind eggs. The FC-group also showed a significantly higher portion of dirty eggs (1.06%) than the AC group (0.06%). The

portion of dung covered eggs in the FC-group was 0.77%, whereas the AC-group only showed a percentage of 0.05%. The ratio of bloodstained eggs was 0.11% for the FC group, whereas the AC-group did not produce bloodstained eggs at all. An overall analysis of the **eggshell breaking strength** showed that significant differences between the two groups can be stated. The AC-group showed an eggshell breaking strength of 32.87 N, the FC-group scored slightly lower with 30.66 N. But considering the chronological course, we can state differences between both groups and the individual life weeks. The **median value of eggshell thickness** of the FC-group was 0.28 mm, the AC-group showed a median of 0.29 mm. In the course of the laying period, a decrease in thickness towards the end of the period was observed. The **hematocrit value** of the FC-group was 26.0%, whereas the AC-group showed a lower value of 25.0% in average. Towards the end of the laying period, the hematocrit value in both groups stayed above 25%. Concerning the **hemoglobin value**, the FC-group showed a similar result with 10.8 g/dl, compared to 10.66 g/dl in the AC-group. Within the course of the laying period, the hemoglobin value rose in both groups up to over 12 g/dl towards the end of the period. Identifying the **immunologic parameter of IgY** within the serum, no significant differences within the furnished cage compartments could be identified. The results ranged from 8.77 mg/ml to 10.22 mg/ml. All furnished cage compartments showed a similar distribution of values. Within the aviary compartments, however, group C (7.76 mg/ml) showed a significantly deviating value from group A (9.18 mg/ml) and group B (9.65 mg/ml). The chronological comparison showed fluctuations within all aviary compartment groups. However, the median of the FC and the AC group compared to each other did not differ significantly: the FC-group showed a median of 9.7 mg/ml and the AC-group showed 9.26 mg/ml. Only the chronological course exhibits significant fluctuations in both groups and in each compartment. The identification of **IgY-Anti-BSA** did not furnish significant differences between the immunised AC- and FC-groups, but showed, however, a clear rise in the portion of antibodies of the values before and after the immunisation.

The **plumage condition** continually worsened in both housing groups during the complete laying period with final scores of 2.82 within the FC-group and 1.87 within the AC-group. The present study also differentiates between the anatomic regions regarding the plumage condition. This approach delivered clear differences between the two groups. Especially the remarkably worse condition of the FC group's head

feathers points out the difference between the two groups. The average **claw length** in both groups was approximately 3 cm. The **mortality rate** of the AC-group was 2.9%, the FC-group showed a higher mortality rate of 4.8%. An analysis of the **pathological results** showed that almost half of the animals of each group had sternal deformities or developed moderate fatty livers. Breast blisters and lesions only occurred in individual cases, salpingitis and inactive ovaries have not been observed. Analysing **the bone fracture resistance measurements** yielded, that for breaking the femur decidedly less force was necessary within the FC-group, which showed a median of 215.6 N, than within the AC-group, where an average force of 227.1 N was measured. **Corrosive gas** was not observed in any of the groups. **One-hour measurements of dust concentration**, conducted at three different times of day, did not show significant differences regarding the different points in time, but the dust concentration within the furnished cage compartments was at all times significantly higher than in the aviary compartments. Additionally executed one-minute measurements confirmed these results.

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

**ABRAHAMSSON, P., TAUSON, R., APPLEBY, M.C. (1996):** Behaviour, health and integument of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages. Br. Poult. Sci. 37, 521-540

**APPLEBY, M.C. (1984):** Factors affecting floor laying by domestic hens: a review. World`s Poultr. Sci. J., 40, 24-249

**BAUER, T. (1995b):** Ergebnisse von Untersuchungen zum Nestverhalten von Legehennen in alternativen Haltungssystemen. Dissertation. Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin

**BAUMGART, B. (2005):** Tiergesundheit, Verhalten und Leistung unter besonderer Berücksichtigung der Besatzdichte bei Legehennen in Volierenhaltung. Dissertation; Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der Tierärztlichen Fakultät München

**BAZER, D. (2005):** Einfluss einer Auslaufstrukturierung auf das Verhalten, den Gesundheitszustand und die Leistung von Legehennen in Freilandhaltung. Dissertation; Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der Tierärztlichen Fakultät München

**BELL, D.J. (1971):** Metabolism of the erythrocyte. In: BELL, D.J., B.M. FREEMAN (Hrsg): Physiology and biochemistry of the domestic fowl, 2, London, New York: Academic Press 1971b, 863-871

**BESSEI, W. (2006):** Legehennenhaltungssysteme der Zukunft – wo liegen ihre Stärken und Schwächen. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung, 10, 237-243

**BGBI 1 (2002):** Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 Teil 1 Nr. 16, ausgegeben zu Bonn am 12.03.2002: „Erste Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung“

**BGBI 1 (2006):** Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil 1 Nr. 37, ausgegeben zu Bonn am 03.08.06: „Zweite Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung“

**BISHOP, S.C., FLEMING, R.H., McCORMACK, H.A., FLOCK, D.K., WHITEHEAD, C.C (2000):** Inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens. Br. Poult. Sci., 41, 33-40

**BÖTTCHER, W. (2006):** Deutschland: Die Hennenhaltungsverordnung im Überblick. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung, 10, 242

**BUCHTA, U., KRETSCHMER, G., REDEL, H., KÜHNEL, P. (2006):** Haltungssysteme im Vergleich: Ausgeglichene Hennen in der Kleingruppenhaltung. DGS-Magazin , 40, 20-25

**BÜSCHER, W. (2005):** Feinstäube in der Geflügelhaltung. Optimal: Belastung bereits im Stall reduzieren. DGS-Magazin, 26, 10-13

**CORDTS, C., SCHMUTZ, M., PREISINGER, R. (2001):** Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung der Schalenstabilität von Eiern. Lohmann Information 3, 15-18

**DAMME, K. (2003):** Eierzeugung in alternativen Haltungssystemen: Wie sich verschiedene Legehybriden dafür eignen. DGS-Magazin, 27, 12-18

**ERHARD, M.H., ÖZPINAR, H., BILAL, T., ABBAS, Y., KUTAY, C., ESECELI, H., STANGASSINGER, M. (2000a):** The humoral immune response and the productivity of laying hens kept on the ground or in cages. ATLA 28, 699-705

**ERHARD, M.H., SCHMIDT, P., ZINSMEISTER, A., HOFMANN, A., MÜNSTER, U., KASPERS, B., WIESMÜLLER, K.-H., BESSLER, W.G., STANGASSINGER, M. (2000b):** Adjuvant effects of various lipopeptides and interferon- $\gamma$  on the humoral immune response of chickens, Poult. Sci. 79, 1264-1270

**FIKS-VAN NIEKERK, T., VAN EMOUS, R. (2003):** Die optimale Krallenlänge gibt es nicht, DGS-Magazin, 9, 22-24

**FITZ, B. (2007):** Vergleichende Untersuchungen zu Gesundheit, Leistung und Verhalten von Legehennen mit unterschiedlichen Einstreumaterialien in Volierenhaltung. Dissertation; Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der Tierärztlichen Fakultät München

**FREEMAN, B.M. (1971):** The corpuscles and the physical characteristics of blood. In: BELL, D.J.; FREEMAN, B.M. (Hrsg.): Physiology and biochemistry of the domestic fowl (2), London, New York. Academic Press: 841-850

**GRASHORN, M.A. (2004):** Faustzahlen zur Eiqualität. In: DAMME, K., MÖBIUS, C. (Hrsg.)(2004): Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2004. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 187-197

**HERGT, F. (2007 eingereicht):** Vergleichende Untersuchung zum Verhalten von Legehennen in Klein- und Großvolierenhaltung. Dissertation; Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der Tierärztlichen Fakultät München

**HÖRNING, B. (2004):** Tiergerechtheit der so genannten „Kleinvolieren“. Studie im Auftrag von 4Pforten e.V., Hamburg und PROVIEH e.V., Teichtor

**KAMPHUES (2003):** Ökobilanz der Legehennenhaltung. Ein Ruthe 2000-Projekt der Tierärztlichen Hochschule Hannover. In: JACOBS, A-K., WINDHORST, H.-W: (Hrsg.): Dokumentation zu den Auswirkungen der ersten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung auf die deutsche Legehennenhaltung und Eierproduktion. Weiße Reihe, Band 22, ISPA, Vechta

**KNOWLES, T.G., WILKINS, L.J. (1998):** The problem of broken bones during the handling of laying hens. Br. Poult. Sci., 77, 1798-1802

**LANGE, K. (1996):** Alternative Haltungssysteme: Hennen in Volieren leistungsschwächer. DGS-Magazin, 40, 34-40

**LE BRIS, M. (2005):** Vergleichende Untersuchungen zum Verhalten sowie zur Gesundheit und Leistung von Legehennen unterschiedlicher Linien (LSL, LB, LT) in Volierenhaltung. Dissertation; Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der Tierärztlichen Fakultät München

**LESLIE, G.A., CLEM, L.W. (1969):** Phylogeny of immunoglobulin structure and function. 3. Immunglobulins of the chicken. J. Exp. Med., 130, 1337-1352

**LEYENDECKER, M., HAMANN, H., HARTUNG, J., KAMPHUES, J., RING, C., GLÜNDER, G., AHLERS, C., SANDER, I., NEUMANN; U., DISTL, O. (2001):** Analyse von Genotyp-Umwelt-Interaktionen zwischen Legehennenhybriden und Haltungssystemen in der Legeleistung, Eiqualität und Knochenfestigkeit. 1. Mitteilung: Legeleistungsmerkmale. Züchtungskunde 73, 290-307

**LEYENDECKER, M., HAMANN, H., HARTUNG, J., GLÜNDER, G., NOGOSSEK, N., NEUMANN, U., SÜRIE, C., KAMPHUES, J., DISTL, O. (2002):** Untersuchungen zur Schalenfestigkeit und Knochenstabilität von Legehennen in drei verschiedenen Haltungssystemen. Züchtungskunde, 74, 144-155

**LI, X., NAKANO, T., SUNWOO, H.H., PAEK, B.H., CHAE, H.S., SIM, J.S. (1998):** Effects of egg and yolk weights on yolk antibody (IgY) production in laying chickens, 1998 Poult. Sci. 77, 266-270

**LOHMANN TIERZUCHT GMBH (2006):** Legehennen Management Programm. Broschüren der Lohmann Tierzucht, Cuxhaven

**LÖSCH, U., CIHAK, J., ERHARD, M.H., KASPERS, B. (2000):** 10. Blut und Abwehr. IN: ENGELHARDT, W. v., BREVES, G. (Hrsg.): Physiologie der Haustiere, 204-216

**LÖLIGER, H.C. (1992):** Gefiederschäden. In: G.HEIDER u. G. MONREAL (Hrsg.): Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, Band 2, 729-742

**LÜKE, M., SIMON, I., POTERACKI, P. (2003):** Weitere Versuche sind nötig. DGS-Magazin, 9, 2003

**LÜKE, M., SIMON, I., POTERACKI, P. (2004):** Haltungssysteme wurden erneut verglichen. DGS-Magazin, 32, 11-17

**LÜKE, M., SIMON, I., POTERACKI, P. (2005):** Vergleich von Haltungssystemen für Legehennen: weitere Versuche sind nötig. DGS-Magazin, 9, 17-21

**LÜKE, M., SIMON, I., STEGMANN, J. (2006):** Haltungssysteme für Legehennen im Vergleich: Leistungen noch einmal verbessert. DGS-Magazin, 1, 22-27

**MÜLLER, W., SCHLENKER, G. (2003):** Kompendium der Tierhygiene, Berlin, Lehmanns Media, 72-73

**PESCHEL, J. (2004):** Hochdruck-Vernebelungssystem in Volierenställen. DGS-Magazin, 36, 19-20

**RIDDEL, C. (1997):** Developmental, metabolic, and other noninfectious disorders. Diseases of Poultry. 10. Edition, Iowa State University Press, 935-936

**SCHNEIDER, F., EICHELSER, R., NESER, S., HAIDN, B., GRONAUER, A., SCHIERL, R., EGGER, U. (2005):** Es liegt was in der Luft. DGS-Magazin, 26, 14-17

**SEWERIN, K. (2002):** Beurteilung der Tiergerechtheit des angereicherten Käfigtyps „Aviplus“ unter besonderer Berücksichtigung ethologischer und gesundheitlicher Aspekte bei Lohmann Silver Legehennen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 2002, S.65

**SIEGMANN, O. (1992):** Propädeutik. In: HEIDER, G., MONREAL, G. (Hrsg.): Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. Band 1, Gustav Fischer Verlag, Jena

**TAUSON, R., WAHLSTRÖM, A., ABRAHAMSSON P. (1999):** Effect of two floor housing systems and cages on health, production, and fear response in layers. J. Appl. Poult. Res. 8, 152-159

**TAUSON, R. (1999):** The state of development and experiences of new furnished cages for laying hens. Arch. Geflügelk., 63, 189-193

**VITS, A. (2005):** Evaluierung von Kleingruppenhaltung und ausgestalteten Käfigen für Legehennen hinsichtlich wirtschaftlicher und gesundheitlicher Parameter mit besonderer Berücksichtigung von Legeleistung, Eiqualität und Knochenfestigkeit. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.

**WALL, H., TAUSON, R. (2002):** Egg quality in furnished cages for laying hens – Effects of crack reduction measures and hybrid. Poult. Sci. 81, 340-348

**ZMP (ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE GmbH) (2006):** Immer weniger Legehennen in Käfighaltung in Deutschland. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung, 10, 243

## DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. M. Erhard möchte ich für die Überlassung des interessanten Themas, die Endkorrektur dieser Arbeit und die sehr freundliche Unterstützung und herzliche Beratung während der Anfertigung dieser Arbeit danken.

Herrn Dr. S. Platz danke ich für die sehr gute Betreuung dieser Arbeit und seiner zu jeder Zeit gewährten freundlichen Unterstützung. Weiterhin möchte ich mich für die schnelle Korrekturlesung und die stets gute Laune bedanken.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Dr. F. Ahrens und Frau Dr. E. Heyn für ihre freundliche Hilfsbereitschaft.

Ferner möchte ich allen Mitarbeitern des Institutes für Tierschutz , Verhaltenskunde und Tierhygiene der LMU München danken, ganz besonders jedoch den Medizinisch-Technischen-Assistenten für ihre Hilfe im Labor sowie den hilfsbereiten Doktoranden und Praktikanten.

Ein besonderer Dank gilt den Tierpflegern Frau A. Unger und Frau B. Krammer für die tatkräftige Unterstützung und die guten Ratschläge.

Weiterhin möchte ich Herrn F. Schmitt, Tierphysiologie, LMU, für die Anfertigung der modifizierten Eihalterung danken.

Ein besonderer Dank gilt der Firma Salmat, Berge, für die zur Verfügung gestellte Kleinvolierenanlage.

Der TUM danke ich für die Bereitstellung des Legehennenfutters über die gesamte Legeperiode.

Abschließend gilt mein herzlichster Dank meiner Familie und meinen Freunden, die mich persönlich unterstützt und jederzeit aufgemuntert haben, insbesondere danke ich meiner Freundin und Mit-Doktorandin Franziska für ihre seelisch-moralische Unterstützung, ohne sie wäre der Spaß manchmal zu kurz gekommen.

## LEBENS LAUF

Name:	Birgit Weigl
Geburtsdatum:	18.10.1978
Geburtsort:	Amberg in der Oberpfalz
Familienstand:	ledig
1985 bis 1989	Grundschule Ehenfeld
1989 bis 1998	Erasmus-Gymnasium Amberg
26.06.1998	Allgemeine Hochschulreife
11/1999	Beginn einer Ausbildung zur Tierarzhelferin in der Pferde- und Kleintierklinik Dr. Scheuerer in Schierling
10/2000	Beginn des Studiums der Tiermedizin an der LMU München
13.02.2006	Abschluss des dritten Abschnittes der tierärztlichen Prüfung
27.03.2006	Approbation als Tierärztin
10/2005 bis 04/2007:	Dissertation am Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene