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

**Optimierung der Kleingruppenhaltung von
Legehennen:
Tiergesundheit und Leistung von Lohmann
Selected Leghorn (LSL) und Lohmann Brown
Classic (LB) Legehennen**

von Sandra Mayr
aus Fürstenfeldbruck

München 2015

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

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael Erhard

Mitbetreuung durch: Dr. Shana Bergmann
Dr. Elke Rauch

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael Erhard

Korreferent/en: Univ.-Prof. Dr. Bernd Kaspers

Tag der Promotion: 18. Juli 2015

Meiner Familie und meinem Freund
in Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1	Rechtliche Rahmenbedingungen für die Legehennenhaltung.....	3
2.1.1	Geschichte	3
2.1.2	Aktuelle Regelungen zur Legehennenhaltung in Deutschland ..	6
2.2	Der Wandel des Eiermarktes in Deutschland - von der Käfighaltung zur Bodenhaltung	7
2.3	Die Tiergesundheit von Legehennen - mögliche Krankheiten und deren Auswirkungen auf Legeleistung und Eiqualität im Überblick..	10
2.3.1	Bakteriell bedingte Infektionskrankheiten	10
2.3.2	Der Befall mit Ekto- und Endoparasiten	12
2.3.2.1	Qualitätseinbußen durch die Rote Vogelmilbe	12
2.3.2.2	Die Kokzidiose	14
2.3.3	Das Fettlebersyndrom.....	15
2.4	Einflussfaktoren auf Legeleistung und Eiqualität anderer Genese...	16
2.5	Pathologische Veränderungen am Bewegungsapparat	23
2.5.1	Osteoporose als Ursache.....	23
2.5.2	Knochenbruchfestigkeiten.....	24
2.5.3	Brustbeindeformationen	26
2.5.4	Pathologische Veränderungen an den Extremitäten	28
2.6	Beurteilung der Tiergesundheit einer Legehenne anhand ihres Exterieurs	30
2.7	Physiologische Blutparameter	32
2.8	Immunglobuline (IgY) in Serum und Eidotter.....	33
2.9	Milzgewicht	34
3	Tiere, Material und Methoden	35
3.1	Tiere	35
3.2	Stallsysteme	36
3.3	Beleuchtung.....	51
3.4	Futter	52
3.5	Tiergesundheit und Leistungsparameter	54

3.5.1	Tägliche Maßnahmen	54
3.5.2	Eierwiegen	54
3.5.3	Blutentnahme	55
3.5.4	Bonitur	56
3.5.5	Eiqualitätsuntersuchungen	61
3.5.6	Bestimmung von Blutparametern	63
3.5.6.1	Hämatokritbestimmung	63
3.5.6.2	Hämoglobinbestimmung	63
3.5.6.3	Calcium- und Phosphorbestimmung	64
3.5.6.4	IgY-Bestimmung	64
3.5.7	Medizinische Behandlungen während der Legeperiode	66
3.5.8	Schlachtung der Tiere	68
3.5.9	Knochenmaße und Knochenbruchfestigkeit	70
3.5.10	Statistische Auswertung	74
4	Ergebnisse	76
4.1	Leistungsparameter	76
4.1.1	Legeleistung	76
4.1.2	Eiklassifizierung	78
4.2	Eiqualitätsparameter	92
4.2.1	Eigewichte (zweiwöchige Untersuchungsintervalle; Anlage C-E)	92
4.2.2	Eigewichte (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)	95
4.2.3	Eigewichte (Tagesgelege, Anlage C-E)	97
4.2.4	Eigröße (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)	98
4.2.5	Eibreite (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)	100
4.2.6	Eischalenbruchfestigkeit (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)	102
4.2.7	Eischalenbruchfestigkeit (Tagesgelege, Anlage C-E)	105
4.2.8	Eischalendicke (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)	106
4.2.9	Eischalendicke (Tagesgelege, Anlage C-E)	108
4.2.10	IgY-Konzentration im Eidotter	110
4.2.11	Eiklarhöhe	112
4.2.12	Haugh Units (HU)	113

4.2.13	Fleischflecken (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E).....	115
4.2.14	Blutflecken (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)	116
4.2.15	Fleischflecken (Tagesgelege, Anlage C-E).....	117
4.2.16	Blutflecken (Tagesgelege, Anlage C-E).....	118
4.3	Hämatologie	120
4.3.1	Hämatokrit.....	120
4.3.2	Hämoglobin	122
4.3.3	IgY- Konzentration im Serum	123
4.3.4	Calciumkonzentration.....	125
4.3.5	Phosphorkonzentration	127
4.4	Bonitur	130
4.4.1	Gesamteindruck.....	130
4.4.2	Bewertung Kamm.....	130
4.4.3	Kopfbefiederung.....	132
4.4.4	Körperbefiederung	132
4.4.5	Brustbeinstatus	139
4.4.6	Verletzungsscore	144
4.4.7	Veränderungen an den Füßen.....	149
4.4.7.1	Fußballen	149
4.4.7.2	Zehenballen	155
4.4.7.3	Krallen.....	161
4.4.8	Körpergewicht	163
4.5	Mortalität.....	165
4.6	Postmortale Untersuchungen	172
4.6.1	Brustbeinveränderungen.....	172
4.6.2	Parameter zu Humerus	174
4.6.2.1	Knochenbruchfestigkeit.....	174
4.6.2.2	Knochenmaße.....	176
4.6.3	Parameter zu Tibia.....	180
4.6.3.1	Knochenbruchfestigkeit.....	180
4.6.3.2	Knochenmaße.....	181
4.6.4	Gewicht Milz.....	186
4.6.5	Gewicht Leber	187

4.6.6	Leberverfettungsgrad	189
4.6.7	Körpergewicht vor Schlachtung	190
5	Diskussion.....	192
5.1	Legeleistung	192
5.2	Schmutz-, Knick-, Bruch- und Windeier sowie der Anteil verlegter Eier	195
5.3	Eiqualitätsparameter.....	200
5.4	Hämatologie	206
5.5	Bonitur	210
5.6	Mortalität.....	218
5.7	Pathologie.....	219
5.8	Schlussfolgerungen	224
6	Zusammenfassung	227
7	Summary	232
8	Eidesstattliche Versicherung/Declaration on oath.....	237
9	Literaturverzeichnis.....	238
10	Anhang	256
11	Danksagung	257

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
APEC	Avian Pathogenic Escherichia Coli
B	Breite
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
bzw.	beziehungsweise
C	Celsius
Ca	Calcium
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratcentimeter
d	Tag
dl	Deziliter
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EG	Europäische Gemeinschaft
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay
EU	Europäische Union
et al.	et alteri
g	Gramm
H	Höhe
Ig	Immunglobulin
kg	Kilogramm
HHVo	Hennehaltungsverordnung
l	Liter
L	Länge
LAM	Legehennenalleinmehl
LB	Lohmann Brown
LSL	Lohmann Selected Leghorn
LW	Lebenswoche
m	Meter
MAX	Maximum
m ²	Quadratmeter

mg	Milligramm
MIN	Minimum
mmol	Millimol
µl	Mikroliter
Mio	Millionen
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol/l	Millimol pro Liter
Mrd	Milliarden
MW	Mittelwert
n	Anzahl
N	Newton
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
P	Phosphor
PBS	Phosphate buffered saline
SD	Standardabweichung
SEM	Standardfehler
Tab	Tabelle
TierSchutzNutzV	Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung
TMB	Tetramethylbenzidin
UZR	Untersuchungszeitraum

1 Einleitung

Über die Haltung von Legehennen wurde in den letzten Jahren nicht nur in der Gemeinschaft der Europäischen Union, sondern auch in Deutschland debattiert, mit dem Ergebnis, dass Deutschland EU- weit das erste Land war, welches schon zu Beginn des Jahres 2010 die Haltung von Legehennen in konventionellen Käfigen verbat. Hinter dem Begriff ‚konventioneller Käfig‘ verbarg sich die Legehennenhaltung auf engem Raum ohne Möglichkeit ein artspezifisches Verhalten auszuüben, zum alleinigen Zwecke der Eierproduktion. Abgelöst wurden derartige Anlagen von ausgestalteten Käfigen, welche über ein Nest, eine Staubbadematte, eine Krallenabriebvorrichtung und Sitzstangen verfügen sollten. In Deutschland wurde als Sonderform die Kleingruppenhaltung mit einer Mindestfläche von 2,5 m² pro Käfigabteil eingeführt (§13, TierSchNutzTV, 2014), wodurch hier mehr Tiere pro Käfigabteil eingestallt werden konnten als in ausgestalteten Käfigen. Auch in anderen Ländern wie Österreich, Luxemburg oder Schweden fand eine rasche Umstellung statt, wobei deren Änderungen ebenso weitaus umfassender waren, als die Vorschriften der EU-Kommission vorsahen. In der Europäischen Union gilt die konventionelle Käfighaltung nun seit 01.01.12 als verboten, wobei es in Italien und Griechenland auch heute noch Anlagen mit konventionellen Käfigen gibt. Beide Länder wurden nun vom europäischen Gerichtshof verurteilt, ohne dass jedoch bisher ein Strafmaß festgelegt worden wäre (Windhorst, 2014; Wing, 2014). Aber auch die Kleingruppenhaltung steht in Deutschland zur Diskussion. Die im Jahre 2006 verankerte Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung mit den Ergänzungen zur Kleingruppenhaltung wurde nämlich ohne vorherige Anhörung der Tierschutzkommission verabschiedet und war somit verfassungswidrig (Bundesverfassungsgericht, 2010). Bis 31.03.2012 sollte demnach eine Entscheidung gefällt werden, inwieweit die Kleingruppenhaltung weiter genutzt werden darf oder ob die Käfighaltung gänzlich abgeschafft wird. Da sich Bund und Länder diesbezüglich nicht einigen konnten, ist es nun Aufgabe der Länder eine Lösung zu finden (BMELV, 2012).

Aktuell werden in Deutschland laut BMELV (2013a) nur noch 13,0 % der Legehennen in Kleingruppen gehalten, etwas weniger in Freilandhaltung oder in der ökologischen Erzeugung, wohingegen die meisten Legehennen in der Bodenhaltung zu finden sind. Dies spiegelt sich auch in der aktuellen Nachfrage der Verbraucher wider. Die Nachfrage nach Eiern aus der Bodenhaltung ist am größten, gefolgt von der Freilandhaltung und der ökologischen Erzeugung. Weitaus weniger Eier werden aus der Kleingruppenhaltung konsumiert.

Um letztgenanntes Haltungssystem noch weiter zu überprüfen, wurden in einem Projekt Legehennen zweier verschiedener Legelinien in Kleingruppenanlagen unterschiedlicher Hersteller gehalten und Parameter zu Legeleistung, Mortalität, Gefiederqualität, Hämatologie, Eiqualität, Immunologie und Pathologie erhoben. Zusätzlich wurde parallel eine weitere Arbeit mit dem Schwerpunkt Tierverhalten verfasst (Louton, 2014). Ziel der hier vorliegenden Arbeit war die Optimierung und Weiterentwicklung der Kleingruppenhaltung.

Dieses Projekt war Teil einer deutschlandweiten Untersuchung, bei welcher an fünf unterschiedlichen Versuchsstationen über drei Legedurchgänge hinweg Daten zu Tiergesundheit und Tierverhalten erhoben wurden. Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Tiergesundheit eines Legedurchgangs von zwei Versuchsstationen dargestellt.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (Weiterentwicklung der Kleingruppenhaltung für Legehennen, Geschäftszeichen: 313-06.01-28-1-36.005-07).

2 Literaturübersicht

2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen für die Legehennenhaltung

2.1.1 Geschichte

Schon in den 70er Jahren wurde ein Großteil der Legehennen in Käfigen gehalten, was bereits zu diesem Zeitpunkt von vielen Tierschützern, unter anderem auch dem bekannten Tierarzt und Verhaltensforscher Bernhard Grzimek heftig kritisiert wurde (Stern, 1980). Die Bundesregierung musste darauf reagieren und über das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten wurde der Agrarwissenschaftlerin Dr. Rose-Marie Wegner im Jahre 1974 der Auftrag gegeben, diese neuartigen Haltungssysteme hinsichtlich des Gesichtspunktes Tierschutz zu prüfen (Hinter dem Komma, Der Spiegel, 1976). In deren Auswertungen standen trotz der nachteilig empfundenen niedrigen Bewegungsfreiheit die Vorteile, wie zum Beispiel der Schutz vor äußeren klimatischen Einflüssen und der Schutz vor natürlichen Feinden deutlich im Vordergrund (Sojka, 2001). Bereits bei diesem Forschungsprojekt bestanden jedoch bei mehreren beteiligten Ethologen erhebliche Zweifel bezüglich der Möglichkeit der Legehennen in der Käfighaltung ihre natürlichen Verhaltensweisen auszuüben (Sojka, 2001).

In einer kurz darauffolgenden Studie, in denen die drei Haltungssysteme Auslauf-, Boden- und Käfighaltung verglichen wurden, musste Frau Dr. Wegner eingestehen, dass sowohl Komfortverhalten, bestehend aus Federputzen, Federschütteln, Flügel- und Beinstrecken sowie Sandbaden (Bessei, 2012), als auch Ruheverhalten der Legehennen in der Käfighaltung massiv verringert waren und die Rate an Auseinandersetzungen zwischen den Hennen deutlich erhöht (Sojka, 2001).

Nach diversen Gerichtsurteilen, die die Käfighaltung kritisierten, wurde 1986 zunächst das Tierschutzgesetz von 1972 so verändert, dass es nicht mehr davon abhängig war zu beurteilen, welche Bedürfnisse ein Tier hat, sondern inwiefern das Tier unter den gegebenen Bedingungen leidet. Der Nachweis, dass ein Tier leidet, war wesentlich schwieriger und somit die

Möglichkeit gegen die Käfighaltung gerichtlich anzukämpfen umso schwerer (Sojka, 2001). Schließlich wurde in der ‚Verordnung zum Schutz von Legehennen bei Käfighaltung‘ (Hennenhaltungsverordnung, HHVo, 1987) festgelegt, dass eine Henne 450 cm² nutzbare Käfigbodenfläche benötigte (§2, Absatz 1, Nr. 2) und die Anzahl der möglichen Käfigetagen nicht limitiert wurde, solange eine lückenlose Überwachung der Hennen gewährleistet war (§2, Absatz 3).

Im Jahre 1999 wurde die HHVo jedoch vom Bundesverfassungsgericht für ungültig erklärt, da diese gegen den §2 des Tierschutzgesetzes verstoße (Bundesverfassungsgericht, 1999). Die Größe der Käfige würde kein gleichzeitiges Ruhen der Tiere und nur eine eingeschränkte Futter- und Tränkwasseraufnahme erlauben, was laut Tierschutzgesetz verboten sei. Das rein wirtschaftliche Interesse an der Legehennenhaltung stelle laut §1 Tierschutzgesetz keinen vernünftigen Grund dar, um Tieren Schmerzen, Leiden oder Schäden zuzufügen.

In demselben Jahr erließ der Rat der Europäischen Union die Richtlinie 1999/74/EG ‚Zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen‘. Dessen Ziel war es, die Tiere insbesondere ihren physiologischen und ethologischen Bedürfnissen entsprechend unterzubringen, zu ernähren und zu pflegen (Absatz 3, Satz 1, Richtlinie 1999/74/EG des Rates zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen, 1999). In dieser wurde empfohlen, dass jeder Legehenne in einem konventionellen Käfig nun eine Fläche von 550 cm² zur Verfügung stehen sollte, ab 2003 keine Anlagen mit derartigen Käfigen mehr gebaut und bereits bestehende Anlagen ab Januar 2012 nicht mehr genutzt werden dürften.

Zum Zwecke der Umsetzung dieser EG-Richtlinie in nationales Recht und um die vorhandene Gesetzeslücke zu schließen, ergänzte Deutschland 2002 die bestehende Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutztV) vom 25.10.2001 mit Bestimmungen für das Halten von Legehennen (Abschnitt 3, § 12-15). In dieser ersten Verordnung zur Änderung der TierSchNutztV vom 28.02.2002 wurde beschlossen, dass Legehennen noch bis 31.12.2011 in Käfigen mit einer nutzbaren Fläche von 750 cm² pro Tier gehalten werden durften, bis Ende 2006 in Käfigen

mit einer Fläche von 550 cm² und nur noch bis Ende 2002 in Käfigen mit einer Fläche von 450 cm² (Erste Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2002). Dies bedeutete konkret, dass Deutschland zum Ziel hatte, konventionelle Käfighaltungen komplett abzuschaffen und die Eierproduktion auf alternative Systeme, wie die Boden- und Volierenhaltung umzustellen. Als 2005 jedoch die Schweinehaltung an europäisches Recht angepasst werden musste, machte der Bundesrat seine Zustimmung davon abhängig, ob ausgestaltete Käfige für Legehennen wieder zugelassen wurden (Bundesverfassungsgericht, 2010). Dies wurde schließlich mit der Zweiten Verordnung zur Änderung der TierSchNutzTV vom 01.08.2006 erfolgreich verabschiedet. Die bestehenden Regelungen wurden hierbei mit den Anforderungen an die Bodenhaltung sowie den Anforderungen an die sogenannte Kleingruppenhaltung ergänzt, welche eine Form von ausgestalteten Käfigen bezeichnete. Letztere durften nun bis zum Jahre 2020 von Geflügelhaltern genutzt werden. Ebenso verlängerte man die Übergangsfrist für konventionelle Käfige mit nur 550 cm² nutzbarer Fläche bis Dezember 2008 (Zweite Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2006).

Das Zustandekommen der Regelungen für die Kleingruppenhaltung im Jahre 2006 wurde jedoch im Oktober 2010 in einem Normenkontrollantrag der Landesregierung Rheinland-Pfalz beanstandet, welche kritisierte, dass noch bevor die Tierschutzkommission angehört wurde, das Kabinett dem Maßgabebeschluss des Bundesrates zugestimmt hatte (Bundesverfassungsgericht, 2010). Besagte Vorgehensweise verstieß gegen die Anhörungserfordernis der Tierschutzkommission (§16b, Abs.1, Satz 2, Tierschutzgesetz-Neufassung von 2006, 1972) und verletzte somit auch den §20a des Grundgesetzes, in dem sich der Staat zum Schutz der Tiere verpflichtete.

Bis 31.03.2012 sollte demnach eine Entscheidung gefällt werden, in wieweit die Kleingruppenhaltung weiter genutzt werden darf oder ob die Käfighaltung gänzlich abgeschafft wird. Da sich Bund und Länder diesbezüglich nicht einigen konnten, sei es nun Aufgabe der Länder eine Lösung zu finden und bis dahin die allgemeinen Regelungen des

Tierschutzgesetzes sowie der TierSchNutzV auf die Kleingruppenhaltung anzuwenden (BMELV, 2012).

2.1.2 Aktuelle Regelungen zur Legehennenhaltung in Deutschland

Wer Legehennen zu Erwerbszwecken halten will, muss sich laut Deutschem Recht nach der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung ‚Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung‘, 2014) richten. Hier werden sowohl allgemeine Anforderungen an die Nutztierhaltung genannt, als auch für viele Tierarten spezifische.

Allgemein muss laut erstem Abschnitt der TierSchNutzV (2014) in jeder Haltungseinrichtung jegliche gesundheitliche Gefährdung der Tiere vermieden werden. Alle Tiere sollten ausreichend mit Futter und Wasser versorgt werden und Auseinandersetzungen zwischen den Tieren auf ein natürliches Maß beschränkt werden. Die Ställe müssen so ausgeleuchtet sein, dass die Tiere täglich von den jeweiligen Betreuern sowohl begutachtet als auch gegebenenfalls ohne Probleme herausgeholt werden können. Äußere Witterungseinflüsse sollten das Wohl der Tiere nicht beeinflussen, wobei jedoch eine ausreichende Luftzirkulation, das heißt sowohl Einstrom von Frischluft als auch das Entweichen von Schadgasen möglich sein muss. Für die Versorgung der Tiere ist eine angemessene Anzahl an erfahrenen Personen notwendig, die sich täglich ein Bild von dem Gesundheitszustand der Tiere machen, wobei verstorbene sowie gesundheitlich angeschlagene Tiere hierbei herausgenommen werden sollten. Etwaige Geräte, die für die rechtmäßige Haltung der jeweiligen Nutztiere erforderlich sind müssen täglich auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden. Den Tieren muss ihrer Art entsprechend eine ausreichende Lichtintensität und – dauer zur Verfügung gestellt werden und deren Exkremeente sollten so oft wie möglich beseitigt werden. Die Dokumentation der täglichen Kontrollgänge muss laut TierSchNutzV (2014) drei Jahre archiviert werden.

Im dritten Abschnitt der TierSchNutzTV (2014) werden die speziellen Anforderungen erläutert, welche an die Legehennenhaltung gestellt werden.

Allgemein müssen die Haltungseinrichtungen so beschaffen sein, dass jedes Stallabteil eine Mindestfläche von 2,5 m² umfasst, auf welcher die Legehennen ‚artgemäß fressen, trinken, ruhen, staubbaden sowie ein Nest aufsuchen können‘ (§13, TierSchNutzTV). Die Ställe müssen mit einem Boden versehen sein, der den Tieren einen ‚festen Stand‘ ermöglicht, mit für alle zugänglichen Futter- und Tränkevorrichtungen, einem Nest, einem Einstreubereich für ‚Picken, Scharren und Staubbaden‘, mit Sitzstangen, auf denen alle Tiere gleichzeitig ruhen können und einer Vorrichtung zum Krallenabrieb. Ebenso dürfen die Legehennen an keiner Stelle des Stallabteils Strom ausgesetzt sein.

In §13a werden die jeweiligen Anforderungen an die Bodenhaltung, in §13b die an die Kleingruppenhaltung aufgeführt, wobei die Regelungen für die Kleingruppenhaltung ab dem 01.04.2012 durch ein Urteil des Bundesverfassungsgerichtes zunächst für nichtig erklärt wurden. Wegen fehlender Einigung von Bund und Ländern, liegt es nun, wie oben bereits erwähnt, an den Ländern eine Lösung zu finden und bis dahin die allgemeinen Regelungen des Tierschutzgesetzes sowie der TierSchNutzTV (2014) auf die Kleingruppenhaltung anzuwenden (BMELV, 2012).

Die gesetzlichen Neuregelungen für eine artgerechtere Haltung der Legehennen haben in Deutschland einen Wandel in der prozentualen Verteilung der unterschiedlichen Haltungsformen nach sich gezogen.

2.2 Der Wandel des Eiermarktes in Deutschland - von der Käfighaltung zur Bodenhaltung

Im Jahre 1995 gab es laut dem Statistischen Bundesamt noch 1400 Betriebe in Deutschland, die über mindestens 3.000 Hennenplätze verfügten (Röhrig und Brand, 2005). Auf diesen rund 41 Mio. Stallplätzen

wurden knapp 34 Mio. Legehennen gehalten, was einer Kapazitätsauslastung von 83,0 % entsprach. Den größten Anteil machte hierbei die Käfighaltung mit 94,0 % aus, Boden- und Freilandhaltung spielten zu dieser Zeit mit 4,5 % bzw. 1,5 % noch eine Nebenrolle. In den folgenden Jahren nahmen die Betriebszahlen zwar immer weiter ab, die Anzahl der gehaltenen Legehennen jedoch blieb relativ konstant. Im Jahre 2004 lebten in 1200 Betrieben immer noch 32 Mio. Tiere, knapp 53,0 % dieser in Betrieben mit mehr als 100.000 Hennenhaltungsplätzen (Destatis, 2006). Der prozentuale Anteil an Legehennen in Käfighaltung war um knapp 20,0 % gefallen, machte jedoch noch dreiviertel der gesamten Hennenhaltungsplätze aus. Die Bodenhaltung hingegen verfügte über 11,7 % der Legehennenhaltungsplätze, die Freilandhaltung über 10,9 %. Die bereits zu diesem Zeitpunkt bestehende Tendenz von der Käfighaltung weg, mehr zu den alternativen Haltungssystemen hin, war vor allem eine Konsequenz aus der Änderung der TierSchNutzV (2014), aber auch aus der geänderten Nachfrage des Verbrauchers. Im Jahre 2008 gab es noch 62,1 % der Haltungsplätze in der Käfighaltung, wobei die Kapazitätsauslastung hier nur 75,0 % betrug. Auf die Boden- und Freilandhaltung fielen da schon 21,7 % bzw. 16,2 % (Destatis, 2009). Zu einem deutlichen Abfall der Legehennenzahl in der Käfighaltung kam es schließlich ab Januar 2009, da ab diesem Zeitpunkt die Nutzung von konventionellen Käfigen verboten war bzw. unter Vorlage eines Umstrukturierungsplanes die Legehennen mit einer einjährigen Übergangsfrist noch in konventionellen Käfigen gehalten werden durften (Destatis, 2012). Die Hennenhaltungsplätze in der Käfighaltung machten in Folge dessen nur noch 37,7 % aus und ihr Anteil sank kontinuierlich bis zu dem heutigen Wert von 13,2 % ab. Die Bodenhaltung hat heute mit 64,0 % der Haltungsplätze den größten Stellenwert, der Anteil der Freilandhaltung stieg ebenso auf 14,6 %. Außerdem wird seit 2007 die ökologische Erzeugung einzeln aufgeführt und macht heutzutage einen Anteil von 8,2 % aus (Destatis, 2013).

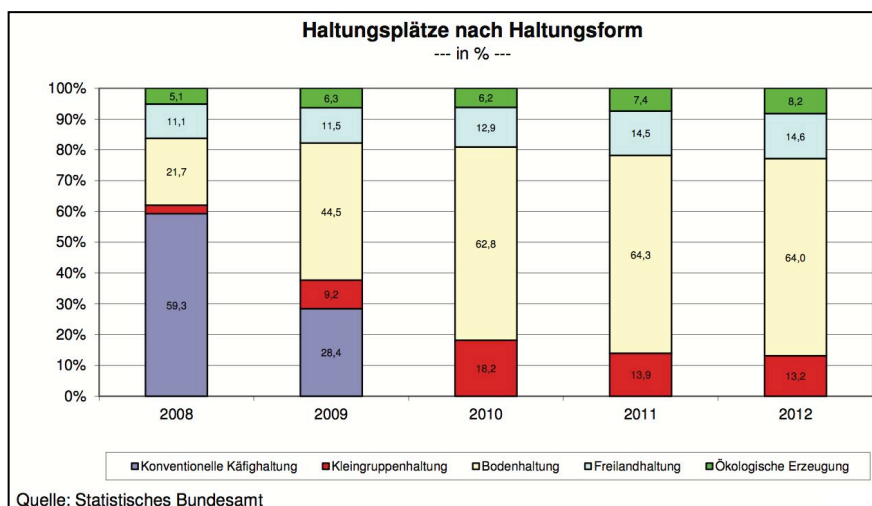


Abbildung 1: Haltungsplätze nach Haltungsform (BMELV, 2013a)

Die Umstellung auf alternative Haltungssysteme und das Absinken der Legehennenzahl hatte auch einen Rückgang der inländischen Eierproduktion zur Folge (Destatis, 2012). Während im Jahre 2000 noch 10,2 Mrd. Eier produziert wurden (in Betrieben mit mindestens 3.000 Hennenhaltungsplätzen), brachte man es im Jahr 2010 gerade mal auf 8,0 Mrd. Eier, was einem Selbstversorgungsgrad von 58,3 % entsprach. Im Gegensatz zu mehr als 75,0 % im Jahr 2000. Im Jahre 2011 schien sich der Eiermarkt jedoch weitestgehend erholt zu haben. Hier konnten schon wieder 9,6 Mrd. Eier produziert werden, im Jahre 2012 waren es bereits 10,6 Mrd. Eier (Destatis, 2013).

Versorgungsbilanz Eier					
--- Mio. Stück ---					
	2008	2009	2010	2011	2012
Gesamteierzeugung ¹⁾	12.736	11.275	10.683	12.618	13.419
Verluste	118	103	98	116	122
Verwendbare Erzeugung	12.617	11.171	10.586	12.503	13.296
Einfuhr Schaleier	6.150	7.646	8.428	6.799	6.600
Einfuhr Eiprodukte (Schaleiwert)	1.753	1.979	2.055	2.068	2.050
Ausfuhr Schaleier	1.931	2.007	2.011	2.291	2.505
Ausfuhr Eiprodukte (Schaleiwert)	679	691	657	723	710
Inlandsverwendung	17.909	18.098	18.401	18.356	18.731
davon Bruteier	818	882	889	982	992
Nahrungsverbrauch	17.091	17.216	17.512	17.374	17.739
Stück pro Kopf	208	210	214	212	217
kg pro Kopf	12,7	13,0	13,3	13,1	13,3
Selbstversorgungsgrad (%)	71,6	61,9	57,4	68,2	71,7
¹⁾ einschließlich Kleinerzeugung					
Quelle: BLE und MEG					

Abbildung 2: Versorgungsbilanz Eier (BMELV, 2013a)

Die Legeleistung an sich stieg im Laufe der letzten Jahre kontinuierlich an. Legte eine Henne 1995 im Schnitt 255,3 Eier, so waren dies im Jahre 2011 bereits 297,5 Eier. Dies lässt sich unter anderem auf die züchterischen Erfolge bei den heutigen Legehennenlinien und auf ein verbessertes Fütterungsmanagement zurückführen (Lüke et al., 2007).

2.3 Die Tiergesundheit von Legehennen - mögliche Krankheiten und deren Auswirkungen auf Legeleistung und Eiqualität im Überblick

Die Legetätigkeit einer Henne ist insbesondere von ihrem Gesundheitszustand abhängig. Eine Vielzahl unterschiedlicher Erkrankungen kann die Legeleistung eines Bestandes beeinflussen.

2.3.1 Bakteriell bedingte Infektionskrankheiten

Durch die Umstellung von konventioneller Käfig- oder Kleingruppenhaltung auf Boden-, Volieren- oder Freilandhaltung hat die Inzidenz von bakteriellen Infektionen in der Legehennenhaltung zugenommen (Kaufmann-Bart und Hoop, 2009). Ursache dafür scheint vor allem der Kontakt mit Einstreu, Erde oder anderen Vektoren zu sein (Lay et al., 2011).

Hier sei zunächst die Rotlauferkrankung genannt, eine bakterielle Infektionskrankheit, die momentan häufiger auch bei Hühnern in Europa auftritt (Mazaheri et al., 2005 und 2006; Eriksson et al., 2010) und verursacht wird durch das grampositive Bakterium *Erysipelothrix rhusiopathiae* (Jordan, 1996). Meist steht ein Ausbruch dieser Erkrankung in Zusammenhang mit Schweinen, die ein natürliches Reservoir darstellen (Heinritzi, 2006). Der Erreger kann aber auch von Schafen oder Schadnagern mit dem Kot ausgeschieden werden (Jordan, 1996; Hinz und Glünder, 2005; Jaeger, 2009). Ebenso konnten Chirico et al. (2003) nachweisen, dass bei Ausbrüchen von Rotlauf und gleichzeitigem Befall mit der Roten Vogelmilbe *Dermanyssus gallinae* der Erreger auch in und auf den Ektoparasiten vorzufinden war. Die Rote Vogelmilbe ist also

ebenso als potentieller Vektor anzusehen. Mit dem Kot infizierter Tiere kann *Erysipelothrix rhusiopathiae* über Jahre im Erdreich überleben (Jordan, 1996) und über Haut- und Schleimhautwunden können sich andere Organismen infizieren (Jordan, 1996; Hinz und Glünder, 2005). Je älter der jeweilige Legehennenbestand ist, desto höher ist hier die Mortalitätsrate (Mazaheri et al., 2005), wobei hier vor allem eine durch *Erysipelothrix rhusiopathiae* hervorgerufene Septikämie im Vordergrund steht (Jordan, 1996; Hinz und Glünder, 2005).

Eine weitere vor allem mit wirtschaftlichen Einbußen einhergehende Erkrankung stellt die Colibazillose dar, verursacht durch das Avian Pathogenic E. Coli (APEC) Bakterium (Dho-Moulin und Fairbrother, 1999). Dieses gehört zur Familie der *Enterobacteriaceae* (Hoop und Glünder, 2005) und ist beim Geflügel Bestandteil der Normalflora des Darmtraktes (Wray et al., 1996; Hoop und Glünder, 2005; Conraths et al., 2005). Oftmals sind sie auch auf den Schleimhäuten des oberen Respirationstraktes vorzufinden (Wray et al., 1996; Conraths et al., 2005). Anhand ihrer O-, K- und H- Antigene werden sie in verschiedene Serotypen unterteilt, zu APEC zählen vor allem die Serovare O1, O2, O78 (Dho-Moulin und Fairbrother, 1999; Hoop und Glünder, 2005). Diese verursachen zumeist entweder systemische Infektionen oder nicht darmassoziierte infektiöse Erkrankungen (Conraths et al., 2005), begünstigt durch virale oder bakterielle Vorerkrankungen, prädisponierende Umweltbedingungen, wie erhöhte Ammoniak- und Staubbelastung, oder aber begünstigt durch eine vorangegangene Impfung gegen andere Pathogene (Cook et al., 1986; Nakamura et al., 1992 und 1994; Dho-Moulin und Fairbrother, 1999; Conraths et al., 2005). Der Erreger kann sowohl vertikal als auch horizontal übertragen werden. Oftmals hat die vertikale Übertragung eine erhöhte Embryosterblichkeit oder aber, nach dem Schlupf des Tieres, eine Dottersackinfektion und eine daraus resultierende Omphalitis zur Folge. Diese Tiere versterben meist bis zur dritten Lebenswoche (Dho-Moulin und Fairbrother, 1999). Die horizontale Übertragung führt bei älteren Küken meist zu respiratorischen Störungen, woraufhin sich Polyserositiden entwickeln

können und die Tiere schließlich an einer Septikämie verenden können (Dho-Moulin und Fairbrother, 1999; Hoop und Glünder, 2005; Conraths et al., 2005). Adulte Tiere können je nach prädisponierenden Faktoren akut an einer Coliseptikämie versterben (Dho-Moulin und Fairbrother, 1999). Bei Legehennen kann der Erreger entweder über die Luftsäcke die Eileiter infizieren, was ein Einstellen der Legetätigkeit zur Folge hat oder aber der Erreger dringt über den Eileiter in die Bauchhöhle ein und verursacht daraufhin auch hier eine generalisierte Septikämie (Dho-Moulin und Fairbrother, 1999; Ozaki und Murase, 2009). Prophylaktisch ist vor allem ein gutes Hygienemanagement zu nennen (Wray et al., 1996; Hoop und Glünder, 2005).

2.3.2 Der Befall mit Ekto- und Endoparasiten

2.3.2.1 Qualitätseinbußen durch die Rote Vogelmilbe

Nicht nur Infektionskrankheiten können die Legeleistung und Eiqualität einer Legehenne beeinflussen, sondern auch der Befall mit Ektoparasiten. Der wohl wirtschaftlich bedeutendste Ektoparasit in der kommerziellen Hühnerhaltung ist die rote Vogelmilbe *Dermanyssus gallinae* (Jaeger, 2009; Sparagano et al., 2009). Laut Sparagano et al. (2007) verursacht diese in ganz Europa bis zu 130 Mio. Euro Schäden pro Jahr, zum einen wegen möglicher Einstufung der produzierten Eier als B-Ware, zum anderen wegen der hohen Kosten für diverse Bekämpfungsmaßnahmen. *D. gallinae* ist ubiquitär verbreitet (Moro et al., 2009) und tritt in allen Haltungssystemen auf (Jaeger, 2009), wobei der Milbenbefall vor allem im Sommer und oftmals bei der Haltung auf Einstreu höher zu sein scheint (Eckert et al., 2005a). Die Milbe stellt nur einen temporären Parasiten dar, vor allem nachts saugen die Nymphen und adulten Weibchen für ein bis eineinhalb Stunden Blut (Chauve, 1998; Eckert et al., 2005a; Jaeger, 2009). Tagsüber verstecken sie sich unter dem Eierband, dem Futtertrog, auf der Unterseite der Sitzstangen, in der Einstreu oder in den Nestern (Chauve, 1998; Jaeger, 2009). Zwölf bis maximal 24 Stunden nach einer Blutmahlzeit kommt es zur Eiablage (Chauve, 1998; Tucci et al., 2008). Unter optimalen Bedingungen, bei Temperaturen um die 30⁰ Celsius (Tucci et al., 2008), schlüpft zunächst eine Larve, die sich zur Proto- dann

Deutonymphe und schließlich zur adulten Milbe weiterentwickelt (Chauve, 1998), was laut Eckert et al. (2005a) 7 bis 12 Tage dauert. Ein Weibchen legt bis zu 30 Eier in ihrem Leben (Chauve, 1998; Eckert et al., 2005a) und unter intensiven Haltungsbedingungen kann es zu einer schnellen exzessiven Milbenvermehrung kommen (Jaeger, 2009; Eckert et al., 2005a). Auch ohne Nahrung können die Milben bis zu neun Monate überleben (Eckert et al., 2005a; Moro et al., 2011). Bei starkem Milbenbefall sind die Legehennen deutlich schreckhafter, sie zeigen Unruhe durch Juckreiz, ihre Gefiederqualität nimmt ab und ihre Legeleistung sinkt. Gelegentlich sterben die Tiere an hohem Blutverlust und daraus resultierender Anämie (Chauve, 1998; Eckert et al., 2005a, Jaeger, 2009; Lay et al., 2011). Problematisch ist ebenso die Minderung der Eiqualität. Laut Trees (1996) nimmt das Eigewicht ab, laut Sparagano et al. (2007) die Eischalendicke. Die Eier sind oftmals blutverschmiert und mit punktförmigen Flecken übersät (Chauve, 1998; Jaeger, 2009), zudem werden oftmals mehr Eier verlegt, weil die Nester massiv von Milben befallen sind (Jaeger, 2009).

Von Bedeutung ist die rote Vogelmilbe auch wegen ihrer potentiellen Fähigkeit virale und bakterielle Pathogene zu übertragen (Eckert et al., 2005a; Jaeger, 2009). Chirico et al. (2003) gelang es *Erysipelothrix rhusiopathiae* in und auf dem Integument der Milbe nachzuweisen. In einem in vitro Experiment gelang es Moro et al. (2007) zum Beispiel *Dermanyssus gallinae* sowohl über eine Blutmahlzeit als auch über alleinigen Kontakt mit dem Integument mit Salmonellen zu infizieren. Ebenso isolierten Moro et al. (2009) diverse andere bakterielle Erreger wie *Staphylokokken*, *Enterobacteriaceae* oder *Pasteurella multocida* aus der Milbe. Oftmals wird *Dermanyssus gallinae* auch mit der Übertragung von Geflügelpocken oder dem Newcastle-Disease-Virus in Verbindung gebracht (Moro et al., 2005).

Da die Milben gegen die meisten Akarizide Resistenzen entwickelt haben, ist die Behandlung nicht einfach. Eine Möglichkeit wäre das Aufstellen von Milbenfallen (Eckert et al., 2005a) oder in ausgestalteten Käfigen die Ausstattung der Sandbäder mit trockener Kieselerde oder Kaolin. In einem

Versuch gelang es Martin und Mullens (2012) durch dieses Prinzip die Milben einzudämmen, da diese durch Kontakt mit trockener Kieselerde dehydrierten und schließlich starben. Um einer möglichen wiederholten Milbenplage zu entgehen, sollte das Intervall zwischen Ein- und Ausstallung möglichst lang sein, der Stall mit Wasser gereinigt werden und schließlich nach zusätzlicher Desinfektion eine Akarizidbehandlung stattfinden, wobei alternativ das Einsprühen der Käfige und Stallutensilien mit Silikat sinnvoll ist, welches ebenfalls eine austrocknende Wirkung hat (Chauve, 1998).

2.3.2.2 *Die Kokzidiose*

Die Kokzidiose stellt eine durch Einzeller verursachte Endoparasitose dar. Diese kommt mit unterschiedlichen Prävalenzen in allen Haltungssystemen vor (Conraths et al., 2005) und ist in der Käfighaltung eher selten anzutreffen (Lunden et al., 2000). Hühner jeden Alters können sich über sporulierte Oozysten infizieren (Eckert et al., 2005b), von Bedeutung ist diese vor allem bei Küken und Junghennen (Trees, 1996). Erkrankungen in Form von Enteritiden treten zum einen meist in Beständen mit hoher Tierdichte auf (Trees, 1996), zum anderen, wenn die Möglichkeit der Anreicherung von Oozysten im Boden besteht, zumeist in Boden- und Freilandhaltung. Weit häufiger kommt es jedoch zu subklinischen Infektionen, die zu einer verminderten Legeleistung oder einer schlechteren Futtermittelverwertung führen (Trees, 1996; Eckert et al., 2005b) oder aber andere Darminfektionen begünstigen können (Salisch und Siegmann, 2005). Mögliche Faktoren, die eine Infektion mit Kokzidien beeinflussen, sind unter anderem die Legelinie, die Fütterung oder andere Erkrankungen, wie die des Respirationstraktes (Conraths et al., 2005). Um die Kokzidiose bekämpfen zu können sind vor allem Hygienemaßnahmen von Bedeutung, wobei es sich äußerst schwierig darstellt eine kokzidienfreie Umgebung herzustellen (Trees, 1996; Eckert et al., 2005b). Oozysten sind sehr widerstandsfähig und können passiv an belebten und unbelebten Faktoren haftend leicht verschleppt werden (Eckert et al., 2005b). Da Legehennen über keine maternale Immunität gegenüber Kokzidien verfügen (Trees, 1996), ist es möglich sie bis zur Legereife über

das Futter mit Kokzidiostatika zu versorgen (Salisch und Siegmann, 2005; Eckert et al., 2005b). Auch hier kann es jedoch bei der Umstallung von Aufzucht- in Legebetriebe und während des Legegipfels zu klinischen Erkrankungen kommen (Rommel, 2000; Eckert et al., 2005b).

2.3.3 Das Fettlebersyndrom

Diese Erkrankung tritt meist bei intensiv gehaltenen Legehennen auf, die eine hohe Legeleistung zeigen in Kombination mit der Fütterung eines kohlenhydratreichen Legehennenalleinmehls, meist bestehend aus Weizen, Mais und Soja und wenig körperlicher Bewegung (Tegeler, 1992; Lüders und Siegmann, 2005; Weizenbürger, 2005). In Folge dessen wird in der Leber vermehrt Fett synthetisiert, es kommt zu einem starken Abfall der Legeleistung und einer erhöhten Mortalitätsrate (Hörning, 2005). Pathologisch gesehen kann es ebenso zu einer Verfettung von Niere und Herz kommen. Als weitere Ursachen hierfür sieht Jaeger (2011) unter anderem einen Mangel an Selen und Linolsäure, die hohen Östrogen- in Verbindung mit niedrigen Thyroxinspiegeln sowie die Züchtung von Legehennenlinien mit einem sehr hohen Legeleistungsniveau. Grundsätzlich stelle die Fettleber bzw. Legephasenleber ein physiologisches Geschehen dar, da für jedes Ei eine große Menge an Fett bzw. Cholesterin (200 mg/ Ei) bereitgestellt werden müsse (Jaeger, 2011).

Weizenbürger (2005) verglich in einer Untersuchung unter anderem die Leberverfettungsgrade von Legehennen, die in zwei verschiedenen ausgestalteten Käfigsystemen oder einer Kleingruppe gehalten wurden. In einer Legeperiode zunächst die der Legelinien Lohmann Brown (LB) und Lohmann Selected Leghorn (LSL) aus Käfigaufzucht, dann in einem zweiten Legedurchgang die einer Legelinie (LSL) aus Bodenaufzucht. Im ersten Legedurchgang zeigte sich, dass sowohl die Körpermasse, als auch der Legemonat signifikant das Auftreten von Leberverfettungen beeinflussten. Je älter und schwerer die Legehennen waren, desto öfter traten Fettlebern auf. Im zweiten Legedurchgang stellte sich heraus, dass das jeweilige Haltungssystem ebenso signifikanten Einfluss auf das Vorkommen von Leberverfettungen hatte. Den niedrigsten Anteil an

Leberverfettungen zeigten hier die Legehennen in der Kleingruppe, wobei zu dem einen der ausgestalteten Käfigsysteme ein signifikanter Unterschied bestand, zu dem anderen jedoch nicht. Daraus folgte sie, dass die Bewegungsmöglichkeiten in der Kleingruppe noch nicht ausreichten, um eine vermehrte Synthese von Fett in der Leber zu vermeiden. Weitaus weniger Leberverfettungen würde es in Haltungen geben, in denen sich die Hennen mehr bewegen könnten wie z.B. in Freiland-, Boden- oder Volierenhaltung (Weitzenbürger, 2005).

2.4 Einflussfaktoren auf Legeleistung und Eiqualität anderer Genese

Nicht nur krankheitsbedingt kann die Produktivität einer Legehenne und deren Eiqualität beeinflusst werden, sondern auch durch wichtige andere Faktoren.

Im Allgemeinen würden laut Grashorn (2008) die Eigewichte mit Zunahme des Alters steigen, wobei die der Weißleger immer etwas niedriger wären als die der Braunleger. Grundsätzlich lägen die Eigewichte meist zwischen 40 und 90 g, auch in Abhängigkeit von Legebeginn, Körpergröße und Futterzusammensetzung (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004). Die Eigröße an sich sei beeinflussbar durch die genetische Abstammung der Legehennen, die Körpergröße, wobei mittelschwere ältere Legehennen die größten Eier legen würden, die Futterzusammensetzung und das jeweilige Aufzuchtprogramm (Grashorn, 2008). Je später zudem die Legehennen ihre Legetätigkeit aufnahmen, desto größere Eier würden sie während der gesamten Legeperiode legen. Die Schalendicke der Eier nähme mit zunehmendem Alter der Legehenne ab und sei verbunden mit einer Abnahme der Schalenstabilität und einer niedrigeren Eischalenbruchfestigkeit. Zu Beginn der Legeperiode würden Eier mit einer Bruchfestigkeit von 40 bis 50 N, gegen Ende von 25 bis 35 N gelegt werden, hervorgerufen durch eine mit zunehmendem Alter verminderten Aufnahme von Calcium aus dem Futter in Kombination mit dem vermehrten Verbrauch von körpereigenem Calcium aus den

Medullarknochen. Laut der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004) liegt die Eiklarhöhe meist bei über 4 mm, vor allem in Abhängigkeit vom Gesundheitsstatus der jeweiligen Legehenne und der Dauer der Lagerung der Eier. Die Haugh Units sind laut dieser meist über 70, fallen jedoch analog zur Eiklarhöhe mit Fortschreiten der Legeperiode. Das Auftreten von sogenannten Blutflecken, die sich auf dem Eidotter befinden und während des Eisprungs durch Beschädigung von Blutgefäßen entstehen sowie von Fleischflecken, die bereits wieder teils abgebautes Blut widerspiegeln und sich im Eiklar befinden, würde im Verlauf der Legephase zunehmen und häufiger bei Braunlegern vorkommen als bei Weißlegern (Grashorn, 2008; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004).

Die Produktivität einer Legehenne und deren Eiqualität kann ebenso durch Haltungs- und Managementbedingungen beeinflusst werden. Abrahamsson und Tauson (1995) stellten in einem Vergleich von Batteriekäfigen gegenüber Volieren mit drei verschiedenen Legelinien (LB, LSL, Hybrid) fest, dass in Volieren die Anteile an Schmutzeiern wesentlich größer waren. In einer Folgeuntersuchung konnten diese dann nachweisen, dass der Anteil der Schmutzeier in Volieren abhängig war von der Anzahl der verlegten Eier (Abrahamsson und Tauson, 1998). Clerici et al. (2006) verglichen die Eiqualität von LB - Hennen aus Käfig-, Freiland-, Boden- und ökologischer Haltung und erkannten signifikante Unterschiede in Bezug auf das Eigewicht, die Eioberfläche und die Schalendicke. In einem ähnlichen Experiment untersuchten Hidalgo et al. (2008) Eier aus den gleichen Haltungssystemen wie Clerici et al. (2006). Die Eier aus ökologischer Haltung hatten hier die geringste Frische und schlechteste Eiweißqualität. Eier aus Käfighaltung hatten die höchste Frische und Bruchfestigkeit. Die bedeutendsten Unterschiede sahen Hidalgo et al. (2008) in der Proteinzusammensetzung, der Bruchfestigkeit und der Schalendicke. Bei der experimentellen Haltung von ISA-Brown Legehennen in zwei unterschiedlichen Versionen von ausgestalteten Käfigen im Vergleich zu konventionellen Käfigen, stellten Guesdon et al. (2006) fest, dass der Anteil an Bruch- und Knickeiern in den

ausgestalteten Käfigen höher war, das Eigewicht aber nicht vom Käfigdesign beeinflusst wurde.

Van den Brand et al. (2004) verglichen Eier von drei verschiedenen Legelinien aus Käfig- und Freilandhaltung und erkannten bei diversen Eiquantitätsparametern wie Eigewicht, Eiklarhöhe oder Eiklar-pH einen Zusammenhang zwischen Legelinienalter und Haltungssystem. Die Eigewichte stiegen in beiden Haltungssystemen mit dem Alter, wobei diese bei Freilandhühnern wegen eines späteren Legestarts zunächst niedriger, am Ende der Legeperiode jedoch höher waren als die von Käfighennen. Bei Käfighennen fiel ebenso die Eiquantität mit dem Alter, bei Freilandhühnern blieb sie konstant oder stieg sogar, wobei die Eier von Freilandhühnern bedingt durch äußere Umwelteinflüsse eine größere Variabilität zeigten.

Pistekova et al. (2006) verglichen Eier von ISA-Brown Hennen aus konventionellen Käfigen mit Eiern von Legehennen aus der Haltung mit tiefer Einstreu. Dabei stellte sich heraus, dass die Eigewichte von Hühnern, die auf Einstreu gehalten wurden höher waren, ebenso wie die Eiklarhöhe, wohingegen das Schalegewicht niedriger war. Die durchschnittliche Schalenbruchfestigkeit unterschied sich in beiden Anlagen unwesentlich. Bei einem ähnlichen Versuch wurden Eiquantitätsparameter verschiedener Braunlegelinien derselben obigen genannten Haltungssysteme von Ledvinka et al. (2012) untersucht. Diese versuchten mögliche Einflüsse von Haltungssystem, Herkunft und Alter der Hennen auf Parameter der Eiquantität herauszufinden. Für das Eigewicht gab es signifikante Wechselwirkungen zwischen Haltungssystem und Herkunft sowie zwischen Herkunft und Alter, wobei die Eigewichte der verschiedenen Haltungssysteme mit derselben Legelinie nicht unterschiedlich waren und mit dem Alter stiegen. In der Haltung mit Einstreu gab es rundere Eier, die Eiklarqualität war hier zudem schlechter. Die Bruchfestigkeit der Schale war in der Käfighaltung besser, obwohl die Schalendicke in der Haltung mit Einstreu höher war. Die Schalenfarbe war abhängig von der Haltung mit Wechselwirkung

zwischen Alter der Hühner und Haltungssystem oder Herkunft und Haltungssystem.

Vits et al. (2005a) verglichen zwei verschiedene Versionen von ausgestalteten Käfigen mit einer Kleingruppenhaltung, wobei hier zusätzlich zwei verschiedene Legelinien (LSL und LB) Verwendung fanden. Hier zeigte sich, dass die Legelinie LB im ersten Durchgang eine höhere Legeleistung, sowie ein höheres durchschnittliches Eigewicht, jedoch aber auch einen höheren Knickeieranteil hatte. Bei der Legelinie LSL war jedoch der Schmutzeieranteil signifikant höher als bei der Legelinie LB. Die Eier der Legelinie LB wiederum zeigten einen höheren Anteil an Fleischflecken. Die durchschnittliche Schalendicke der Legelinie LB war etwas höher als die der Legelinie LSL, die Eischalenbruchfestigkeit war bei beiden Legelinien ungefähr gleich, wobei wiederum die durchschnittlichen Haugh Units bei der Legelinie LSL höher waren.

Bei dem Vergleich von unterschiedlich gestalteten Kleingruppenhaltungen erkannte Fischer (2009) ebenso Unterschiede zwischen den Legelinien LSL und LB. Hier traten ähnlich wie bei Vits et al. (2005a) vermehrt Blut- und Fleischflecken bei der Legelinie LB auf, die Schalendicke der Legelinie LB war im Vergleich zu der der Legelinie LSL höher, wobei wiederum die Eiklarhöhen und Haugh Units bei der Legelinie LB signifikant niedriger waren.

Ähnlich verhielt es sich bei einer Untersuchung der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004). Hier verglich man die Haltung von Braun- und Weißlegern in unterschiedlichen alternativen Haltungssystemen. In der Volierenhaltung gab es bei den durchschnittlichen Eigewichten sowie der Eischalenbruchfestigkeit kaum Unterschiede, auffällig waren hingegen die höhere Eiklarhöhe bzw. höheren Haugh Units bei den Weißlegern, sowie das vermehrte Auftreten von Blutflecken bei den Braunlegern.

Bei einer Untersuchung im Jahre 2001 in der Leyendecker et al. Käfig-, Volieren- und Bodenhaltungen verglichen, hatten Weißleger insgesamt höhere Haugh- Units, höhere Schalendicken und weniger Blut- und

Fleischflecken als Braunleger. Ebenso konnten diese feststellen, dass die Eier von Hühnern aus der Voliere höhere Haugh- Units aufwiesen, die Schalendicke der Eier von Hühnern aus Bodenhaltung höher war und die Anteile an Eiern mit Fleischflecken bei Braunlegern in der Bodenhaltung deutlich geringer waren. In einem weiteren Projekt im Jahre 2002 untersuchten Leyendecker et al. die Haltung von Weißlegern in einer konventionellen und einer ausgestalteten Käfiganlage sowie in einer Voliere. Hier zeigte sich, dass die Eischalenbruchfestigkeit und – dicke in den ausgestalteten Käfigen am niedrigsten war, wobei die Eischalenbruchfestigkeiten in allen drei Haltungen zum Ende der Legeperiode deutlich abnahmen (konventioneller Käfig: 33,7 N, ausgestalteter Käfig: 31,1 N, Voliere: 31,4 N).

Mit den Auswirkungen von unterschiedlichen Gruppengrößen in ausgestalteten Käfigen auf Legerate und Eiqualität beschäftigten sich sowohl Huneau-Salaun et al. (2011) als auch Wall (2011), erstgenannter arbeitete in seinem Versuch jedoch mit schnabelkupiarten ISA-Brown Hühnern, wobei Wall (2011) seinen Versuch mit nicht schnabelkupiarten sowohl Weißlegern als auch Braunlegern durchführte. Huneau-Salaun (2011) erkannte keine Unterschiede in der Legerate, dem Durchschnittseigewicht, der Futteraufnahme oder der Futterverwertung zwischen Gruppen von 20, 40 oder 60 Tieren und schloss daraus, dass auch eine größere Gruppe von Hühnern in einem ausgestalteten Käfig keinen negativen Einfluss auf Produktivität oder Eiqualität hat. Wall (2011) hingegen arbeitete mit kleineren Gruppen von 8, 10, 20 oder 40 Tieren. Die äußere Eiqualität nahm hier zwar mit der Gruppengröße wegen der größeren Anzahl der verlegten Eier ab, die Legeleistung und Mortalität waren jedoch auch bei größeren Gruppen akzeptabel, solange sich nach Ansicht des Autors kein Kannibalismus entwickelte. Guo et al. (2012) befanden, dass Gruppen von 21 Hühnern in ausgestalteten Käfigen im Gegensatz zu 48 Hühnern pro Käfig besser für das Wohlbefinden der Tiere waren ohne das Verhalten merklich zu beeinflussen.

Nicht nur Haltungssystem oder Gruppengröße beeinflussen das Erreichen der Geschlechtsreife, die Legeleistung oder die Eiqualität, sondern auch

gewisse Managementfaktoren wie Licht, Lärm, Belüftung oder Futterzusammensetzung. Schon Meyer et al. (1988) stellten in ihrer Haltung von japanischen Wachteln fest, dass vor allem die subjektive Wahrnehmung von Hell- und Dunkelphasen und ihre jeweiligen Längen für die sexuelle Entwicklung von Vögeln von Bedeutung sind. Eine lange Phase an schwachem Licht (2/3 des Tages) kombiniert mit einer kürzeren Phase mit keinem Licht (1/3 des Tages), führte zu einem schnelleren Erreichen der Geschlechtsreife, als eine kurze Phase mit starkem Licht in Kombination mit einer längeren Phase schwachem Licht. Er et al. (2007) untersuchten die Auswirkungen von monochromatischem Licht (weiß, rot, blau, grün) auf die Eiqualität von Hy-Line-Brown-Hühnern. Bei der Haltung der Legehennen in weißem Licht stellte sich das Eigewicht am größten dar, die Eischalenqualität wurde jedoch am positivsten von grünem Licht beeinflusst. Blaues Licht ließ die Eier kleiner und mit der Zeit runder werden, durch rotes Licht verringerte sich die Eibreite und die Eiform schien deutlich ovaler zu werden. In einem anderen Experiment, durchgeführt von O'Connor et al. (2011), allerdings nicht unter vergleichbaren kommerziellen Bedingungen, wurde festgestellt, dass Hühner in einer Haltung mit wenig Licht eine geringere Legeleistung zeigten. Zusätzlich wurde hier noch die Lärmkomponente untersucht, wobei ein hoher Lärmpegel die Produktivität einer Legehenne ebenso minderte und beide Komponenten eine additive Wirkung zeigten, das heißt die niedrigste Legeleistung bei wenig Licht und hohem Lärmpegel gegeben war.

Shini et al. (2009) untersuchten die Gabe von Corticosteron über das Trinkwasser, ein Steroidhormon, das unter Stresseinwirkung in der Nebennierenrinde gebildet wird. Aufwachsende mittelschwere Braunleger, die dieses wiederholt verabreicht bekamen, erreichten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ihre Geschlechtsreife später und zeigten zusätzlich bereits ab der 25. Lebenswoche wieder eine Abnahme ihrer Legeleistung. Ebenso verloren diese nach der ersten Gabe von Corticosteron kontinuierlich an Gewicht.

Eine Beziehung zwischen Gefiederqualität und Legeleistung konnten Yamak und Sarica (2012) feststellen. Je höher hier der Gefiederscore war, das heißt je besser die Gefiederqualität, desto höher die Legeleistung und umso niedriger hingegen das Eigewicht.

Nasr et al. (2012) verglichen Produktivität und Eiqualität von Hühnern mit und ohne Brustbeinfrakturen, wobei Hennen ohne Fraktur sowohl in Legeleistung als auch im Eiqualitätsscore am besten abschnitten. Auf die Ursachen von Brustbeinfrakturen wird im folgenden Kapitel näher eingegangen.

Ebenso spielt auch die Luftzirkulation innerhalb des Haltungssystems eine wichtige Rolle. Ruzal et al. (2011) konnten nachweisen, dass hohe Umgebungstemperaturen (hier Haltung der Legehennen bei 35° C) die Legeleistung und Eiqualität negativ beeinflussten, was jedoch durch eine ausreichende Lüftungsrate umgangen oder sogar wieder behoben werden konnte.

Von großer Bedeutung ist zudem das Fütterungsmanagement. Laut dem Merkblatt 343 ‚Legehennenhaltung‘ der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (Lüke et al., 2007) ist für eine konstante Höhe des Eigewichtes über die gesamte Legeperiode hinweg die Fütterung der Legehennen auf eine hohe Körpermasse zu Beginn der Legeperiode notwendig. Gegen Ende der Legeperiode wird jedoch die Eischalenstabilität durch zu hohe Eigewichte nachteilig beeinflusst (Lüke et al., 2007).

Valkonen et al. (2010) führten aufgrund der Vermutung, dass bei Hühnern in ausgestalteten Käfigen mehr Calcium in die Knochen eingebaut wird und es deswegen dort mehr Knickeier gibt eine Untersuchung durch, in der die Knochenbruchfestigkeit und Eiqualität von Hühnern aus konventionellen und ausgestalteten Käfigen verglichen wurde. Den jeweiligen Gruppen von LSL Hühnern wurden zusätzlich unterschiedliche Mengen an Calcium verfüttert, um eventuelle Änderungen auf die Knochen- und Eiqualität feststellen zu können. Eine höhere Kalksteinsupplementierung erhöhte hier zwar die Legerate, die Eiqualität

wurde jedoch nicht signifikant beeinflusst, weswegen Valkonen et al. (2010) daraus schlossen, dass die hohe Anzahl der Knickeier in ausgestalteten Käfigen nicht auf eine hohe Knochenmineralisation und einem daraus resultierenden generalisierten Calcium-Mangel zurückzuführen war.

2.5 Pathologische Veränderungen am Bewegungsapparat

2.5.1 Osteoporose als Ursache

Die Ursache möglicher Veränderungen am Bewegungsapparat, die sich negativ auf die Tiergesundheit der Legehennen auswirken können, stellt im Grunde genommen eine physiologische dar. Zu Beginn der Geschlechtsreife, in dem Fall Legereife, kommt es zur Zirkulation von Östrogenen und einer Umstellung der Knochenanordnung von strukturellem zu medullärem Knochen (Whitehead und Fleming, 2000; Whitehead, 2004; Leyendecker et al., 2005; Sandilands et al., 2009), wobei der Anteil an strukturellem Knochen zwischen der 16. und 31. Lebenswoche nahezu halbiert wird (Sandilands et al., 2009). Aus dem medullären Knochen kann das Huhn zu Legebeginn Calcium freisetzen, welches sie für die Eischalenbildung benötigt und nicht vollständig aus der Nahrung, über den Verdauungstrakt, beziehen kann (Webster, 2004; Sandilands et al., 2009). Durch einen Mangel an Calcium, Phosphor oder Vitamin D kann dieser Zustand noch verschlechtert werden (Webster, 2004), weshalb die Ernährung diesem entgegen wirken sollte und somit zumindest das Ausmaß einer Osteoporose minimiert werden kann (Whitehead, 2004; Leyendecker et al., 2005). Nimmt eine Legehenne zu Beginn der Legeperiode zu wenig Futter und dadurch zu wenig Calcium auf, so sinkt ihre Legeleistung sowie ihre Knochenfestigkeit (Webster, 2004). Nach der Legeperiode können sich die Auswirkungen der Osteoporose wieder umkehren und es kann sich erneut struktureller Knochen bilden (Whitehead, 2004). Der Verlust von strukturellem Knochen kann bei der Haltung in Käfigen durch den Mangel an Bewegungsmöglichkeiten noch beschleunigt werden (Whitehead und

Fleming, 2000; Leyendecker et al., 2005). Legehennen in alternativen Haltungssystemen hingegen haben durch die erhöhte Bewegungsfreiheit die Möglichkeit ihren Bewegungsapparat besser zu trainieren, weswegen ihre Knochenfestigkeit zunimmt und das Ausmaß einer Osteoporose deutlich gesenkt werden kann (Whitehead und Fleming, 2000; Whitehead, 2004).

2.5.2 Knochenbruchfestigkeiten

Die mögliche Folge einer Osteoporose ist die erhöhte Inzidenz für Knochenfrakturen aufgrund einer erniedrigten Knochenbruchfestigkeit (Whitehead und Fleming, 2000; Whitehead, 2004). Bereits 1990 mussten Gregory et al. (1990) in einer Untersuchung von Hühnern auf dem Schlachthof feststellen, dass ein besorgniserregender Anteil von noch lebenden Hühnern am Ende ihrer Legeperiode gebrochene Knochen hatten. Im Vergleich zu alternativen Haltungssystemen war hierbei die Inzidenz einer Fraktur in der Käfighaltung höher, was hier jedoch unter Umständen auch an den Fangmethoden in Kombination mit den beengten Verhältnissen in der industriellen Legehennenhaltung lag. Unzählige Wissenschaftler nach ihnen untersuchten daraufhin ebenso die Knocheneigenschaften von Legehennen unterschiedlicher Haltungssysteme.

Die positiven Effekte einer Sitzstange, eines Nestes oder eines Staubbades auf die Knocheneigenschaften erkannten Abrahamsson et al. (1996) bei der Untersuchung von Hühnern aus unterschiedlich gestalteten Käfigen. Bei der Haltung von Weißlegern in konventionellen und ausgestalteten Käfigen sowie in einer Voliere unter denselben Managementbedingungen konnten Leyendecker et al. (2002 und 2005) feststellen, dass eingeschränkte Bewegungsmöglichkeiten zu dem Problem der geringen Knochenbruchfestigkeit führten und deshalb eine höhere Knochenstärke in der Voliere und in ausgestalteten Käfigen vorzufinden war (Voliere: *Humerus* 235,5 N/ *Tibia* 191,3 N; ausgestalteter Käfig: *Humerus* 133,2 N/ *Tibia* 120,4 N; konventioneller Käfig: *Humerus* 96,1 N/ *Tibia* 120,2 N). Das Haltungssystem zeigte hier einen hoch

signifikanten Einfluss auf die erfassten Parameter wie Knochenlänge, Knochengewicht und Bruchfestigkeit. Fleming et al. (2006) erlangten in einem Vergleich zwischen Käfig- und Volierenhühnern, jedoch mit einer anderen Legelinie, ähnliche Ergebnisse. Mit der zusätzlichen Untersuchung der Knochenfestigkeiten in der Kleingruppe sahen Scholz et al. (2009) in diesem System, zumindest bei einer Legelinie, eine deutliche Besserung im Vergleich zu ausgestalteten Käfigen. Am höchsten waren die Knochenfestigkeiten auch hier in der Volierenhaltung.

Laut Sandilands et al. (2009) steigt die Knochenfestigkeit mit der Zunahme der Bewegungsmöglichkeiten und ist in ausgestalteten Käfigen und in der extensiven Haltung deutlich erhöht, wobei die Inzidenz für Frakturen aufgrund des größeren Traumapotentials aber auch hier nicht sinkt (Whitehead und Fleming, 2000). Tauson und Abrahamsson verglichen 1994 die Knochenbruchfestigkeit von Legehennen aus konventionellen Käfigen, die in unterschiedlichen Gruppengrößen und mit oder ohne Sitzstangen gehalten wurden. Dabei ergab sich, dass sich niedrigere Tierdichten und das Vorhandensein einer Sitzstange positiv auf die Knochenbruchfestigkeit auswirkten (Tauson und Abrahamsson, 1994). Auch Tauson (1998) begründete dies damit, dass eine geringere Tierdichte den Hühnern mehr motorische Aktivität ermöglichte und somit gegebenenfalls auch deren Knochenbruchfestigkeit steigen konnte. Bei dem Versuch von Scholz et al. (2009) konnten diese nur bei der Legelinie Lohmann Brown eine Abhängigkeit der Knochenfestigkeit in Bezug auf die Gruppengröße feststellen. Bei einer geringeren Gruppengröße zeigten diese eine erhöhte Knochenbruchfestigkeit. Die Knochenfestigkeiten der Legelinie LSL waren unabhängig von der Gruppengröße.

Nicht nur von der Gruppengröße ist die Knochenfestigkeit abhängig, sondern auch hier spielt die Ernährung eine wichtige Rolle. Guinotte und Nys (1991) untersuchten den potentiellen Einfluss von verschiedenen Calciumquellen und von unterschiedlichen Partikelgrößen auf die Tibiabruchofestigkeit (Unterschenkel) und stellten dabei fest, dass teilchenförmiges Calcium, egal welchen Ursprungs, die Knochenfestigkeit deutlich verbessern konnte. In einem ähnlichen Versuch verfütterten

Fleming et al. (2006) Kalkstein und auch hier erkannte man positive Auswirkungen dieser Calciumquelle auf die Knochenstabilität.

Die starke genetische Komponente in Bezug auf die Knochenfestigkeit und die Frakturinzidenz konnten Bishop et al. (2000) nachweisen. Aus fünf Generationen der Legelinie White Leghorn selektierten sie jeweils die Hühner mit der größeren Knochenbruchfestigkeit, bezeichneten diese als *high index line*, und verglichen diese mit der sogenannten *low index line*. Die Inzidenz für Frakturen war bei der *high index line* massiv gesunken, woraus sie schlossen, dass das Problem einer Osteoporose mithilfe genetischer Selektion umgangen werden könnte. Bei der *high index line* bildete sich mehr struktureller Knochen während der Aufzucht und weniger von diesem wurde in der Legephase resorbiert (Whitehead, 2004).

Probst (2013) verglich die Knochenbruchfestigkeiten derselben Charge an Legehennen (LSL und LB) wie in unten aufgeführter Dissertation jedoch in einem ausgestalteten Käfigsystem und mit einer geringeren Anzahl an Tieren (40) und stellte hierbei fest, dass sowohl *Humerus*- als auch *Tibiab*bruchfestigkeiten bei der Legelinie LB höher waren, als die der Legelinie LSL (*Humerus* LSL 148,0 N/ LB 185,9 N; *Tibia* LSL 127,9 N/ LB 132,6 N). In dem Jahr zuvor führte Lee (2012) einen ähnlichen Versuch mit einer anderen Charge an Legehennen, jedoch denselben Legelinien durch und erkannte hier wiederum, dass zwar die durchschnittlichen *Humerus*bruchfestigkeiten der Legelinie LB größer waren als die der Legelinie LSL (LSL 117,17 N/ LB 127,85 N), die *Tibiab*bruchfestigkeiten hingegen bei der Legelinie LSL größer waren als bei der Legelinie LB (LSL 101,12 N/ LB 90,50 N).

2.5.3 Brustbeindeformationen

In Zusammenhang mit der Knochenbruchfestigkeit stehen ebenso Brustbeinfrakturen oder daraus resultierende Brustbeindeformationen.

Bei einem Vergleich von vier unterschiedlichen Haltungssystemen in Großbritannien fand Sherwin et al. (2010) bei 55,7 % der untersuchten Hühner eine Fraktur, 47,0 % davon waren Brustbeinfrakturen. In einer

Untersuchung von Wilkins et al. (2004) waren sogar 90,0 % der auftretenden Brüche die des Brustbeins.

Schon in den 90er Jahren stellte man einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Brustbeindeformationen und dem Vorhandensein von Sitzstangen und deren Form in der jeweiligen Haltung her (Tauson und Abrahamsson, 1994 und 1996). Moinard et al. (2004) und Wilkins et al. (2011) sahen als mögliche Ursache für das gehäufte Auftreten von Brustbeindeformationen vertikal zu weit auseinander stehenden Sitzstangen.

Scholz et al. (2009) untersuchten, ob die Sitzstangenanordnung Einfluss auf das Auftreten von Brustbeindeformationen haben könnte. Vor allem runde Sitzstangen in unterschiedlichen Höhen wirkten sich hier negativ auf die Brustbeine aus. Mit den Auswirkungen der Sitzstangenform befassten sich Pickel et al. (2011) aufgrund der Vermutung, dass während der Nutzung der Sitzstange ein erhöhter mechanischer Druck auf die Brustbeine wirkte und es somit zu einer Verformung jener führen könnte. Dabei stellte sich heraus, dass die maximale Kraft auf das Brustbein bei quadratischen Sitzstangen am niedrigsten war, wohingegen sich auch hier runde Sitzstangenformen negativ auf den Brustbeinstatus auswirkten. Bei einer Untersuchung von Fleming et al. (2004) fand man beim Vergleich von Hühnern aus konventionellen Käfigen mit gleichaltrigen Hühnern derselben Legelinie aus Freilandhaltung keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Häufigkeit von Brustbeindeformationen. Auch Wilkins et al. (2011) stellten in einer ihrer Untersuchungen fest, dass in jedem Haltungssystem hohe Zahlen an Brustbeinschäden auftraten, in ausgestalteten Käfigen jedoch geringfügig weniger als in Boden-, Freiland- oder ökologischer Haltung. Mit dem Ergebnis, dass in ausgestalteten Käfigen häufiger Brustbeindeformationen auftraten als in der Kleingruppe schlossen Weitzenburger et al. (2006) einen ihrer Versuche ab, wobei im Allgemeinen die Legehennen mit einer höheren Knochenbruchfestigkeit auch weniger deformierte Brustbeine hatten. Insgesamt zeigten hier die Tiere der Legelinie LB vermehrt Brustbeindeformationen, der Anteil an Legehennen mit mittel- bis hochgradigen Veränderungen am Brustbein

war jedoch bei der Legelinie LSL höher. Bei Elson und Croxall (2006) stellten sich hingegen bei einem europaweitem Vergleich aller Haltungssysteme konventionelle und ausgestaltete Käfige bezüglich der Brustbeingesundheit als günstiger dar.

Einen Zusammenhang zwischen Alter und Brustbeindeformationen stellten schon Abrahamsson et al. (1998) her. Je älter die Tiere waren, das heißt je weiter die Legeperiode voranschritt, desto häufiger traten Brustbeindeformationen auf. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen ebenso Fleming et al. (2004), Weitzenburger et al. (2006), Kaeppli et al. (2011) sowie Donaldson et al. (2012).

Auch hier gibt es wie bei der Knochenbruchfestigkeit eine starke genetische Komponente. Bei der Selektion von Hühnern für ihre erhöhte Knochenbruchfestigkeit konnten Fleming et al. (2004) eine gleichzeitige Minderung des Auftretens von Brustbeindeformationen nachweisen.

Den möglichen Einfluss von Vitamin D auf den Brustbeinstatus versuchten Kaeppli et al. (2011) zu evaluieren, wobei die zusätzliche Gabe von Vitamin D bezüglich der Brustbeingesundheit keine Unterschiede hervorbrachte.

2.5.4 Pathologische Veränderungen an den Extremitäten

Eine weitere Veränderung des Bewegungsapparates, die sich negativ auf das Wohlbefinden einer Legehenne auswirken kann sind entzündliche bis nekrotische Veränderungen an den Füßen. Diese ulzerativen Pododermatitiden treten laut Lay et al. (2011) vor allem in Haltungen mit feuchter Einstreu, welches mit einem relativ hohen Anteil an Harnsäure angereichert ist, auf, wodurch es bei kleinen Fußballenepithelläsionen schließlich zu sekundären bakteriellen Infektionen kommen kann. Bei Untersuchungen von Tauson und Abrahamsson 1994 und 1996 war das Auftreten und die Schwere entzündlicher Fußballenveränderungen jeweils vom Design der Sitzstange, der Legelinie und dem Haltungssystem abhängig. Vor allem zeigten sich diese in Volieren, wohingegen sie in konventionellen Käfigen kaum vorzufinden waren. Auch bei der

vergleichenden europäischen Studie von Elson und Croxall (2006) zeigen die bisherigen Ergebnisse ebenso eine geringere Inzidenz für ulzerative Pododermatitiden in konventionellen und ausgestalteten Käfigen.

Nicht nur entzündliche Veränderungen können gehäuft bei Legehennen auftreten, sondern auch Hyperkeratosen an Fußballen oder Zehengliedern. Diese treten insbesondere bei der Legehennenhaltung in konventionellen Käfigen auf (Tauson und Abrahamsson, 1994 und 1996; Tauson et al., 1999).

Das Auftreten von Fußballenepithelläsionen, die Vorstufe einer entzündlichen Veränderung sowie von Hyperkeratosen, untersuchten Weitzenburger et al. (2005) in ausgestalteten Käfigen und Kleingruppenhaltungssystemen. Bei 86,1 % aller untersuchten Hennen fand man krankhafte Veränderungen des Fußballens, wobei bei mehr als der Hälfte der Tiere nur eine geringgradige Veränderung vorzufinden war. Die Häufigkeit der unterschiedlichen Abnormalitäten war hier unter anderem abhängig von Haltungssystem und Legelinie. Epithelläsionen traten vermehrt bei LSL - Hühnern auf, Hyperkeratosen hingegen häufiger bei Hühnern der Legelinie LB. Insgesamt gab es vermehrt pathologische Fußballenveränderungen in dem Kleingruppensystem.

Pickel et al. (2011) untersuchten nicht nur die Spitzenkräfte, die auf die Brustbeine wirkten, sondern auch die, die auf die Fußballen einwirkten. Hierbei stellte sich heraus, dass die Kräfte auf die Fußballen um das Fünffache geringer waren als die, die auf die Brustbeine wirkten. Auch hier war die Spitzenkraft abhängig von Legelinie und Sitzstangenform. Die Kräfte auf die Fußballen der Legelinie LB waren niedriger als die, die auf die Fußballen der Legelinie LSL wirkten, ebenso waren diese bei ovalen Sitzstangen niedriger als bei quadratischen und runden.

2.6 Beurteilung der Tiergesundheit einer Legehenne anhand ihres Exterieurs

Der Gefiederzustand eines Vogels hat laut Tauson et al. (2005) bedeutenden Einfluss auf die Interpretation seiner Gesundheit und seines Wohlbefindens und ist wichtig für die Beurteilung von Haltungssystemen, Futterzusammensetzungen und Legelinien. Laut diesen gibt es unterschiedliche Bewertungsmöglichkeiten, wobei entweder der Hennenkörper im Ganzen oder einzelne Regionen des Hennenkörpers beurteilt werden können. Dabei muss sowohl die Reproduzierbarkeit des Bewertungssystems als auch die Genauigkeit, den Hennenkörper zu beurteilen, berücksichtigt werden.

Der Zustand des Gefieders kann zum einen abhängig sein von dem Zeitpunkt der Legeperiode und der Legelinie, zum anderen von dem jeweiligen Haltungssystem. Allgemein kann man sagen, dass je weiter die Legeperiode voranschreitet, desto schlechter wird die Gefiederqualität (Weitzenbürger, 2005; Weigl, 2007; Telle, 2011).

Bezüglich des Einflusses des Haltungssystems gibt es diverse Untersuchungen. Abrahamsson et al. (1998) hielten Hennen der Legelinie LB und LSL in Volieren und stellten bei der erstgenannten Legelinie einen deutlich schlechteren Gefiederzustand fest im Vergleich zur anderen Legelinie. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen LeBris (2005) und Lickteig (2006) in ihren jeweiligen Versuchen. LSL Hennen zeigten hier eine sichtlich bessere Gefiederqualität. Mohammed (2012) hingegen, kam, allerdings bei der Haltung von LSL und LB Hühnern in konventionellen Käfigen, die mit Nest und Sitzstange ausgestattet waren, zu einem gegenteiligen Resultat. Hier zeigte die Legelinie LB einen besseren Gefiederzustand.

Die Abhängigkeit von dem jeweiligen Haltungssystem konnten Abrahamsson und Tauson (1997) in einem Vergleich von LSL- Hühnern in konventionellen und ausgestatteten Käfigen nachweisen, wobei Hühner in konventionellen Käfigen eine schlechtere Gefiederqualität zeigten. Appleby et al. (2002) kamen bei einer ähnlichen Versuchsanordnung zu

demselben Ergebnis. Bei dem Vergleich von ausgestalteten Käfigen mit der Kleingruppenhaltung fand Weitzenbürger (2005) in Bezug auf den Gefiederstatus heraus, dass die Tiere in der Kleingruppe einen deutlich besseren Befiederungszustand zeigten, als die Legehennen in den ausgestalteten Käfigen, wobei die Gefiederqualität jedoch mit der Zunahme der Gruppengröße abnahm. Ähnlich wie in unten aufgeführter Dissertation teilte diese den Hennenkörper in Regionen auf und konnte dabei feststellen, dass die Körperregionen Bauch, Flügel und Schwanz vermehrt Gefiederschäden aufwiesen. Ebenso zeigte hier die Legelinie LSL deutlich weniger Gefiederschäden als die Legelinie LB. Bei der Beurteilung der einzelnen Körperregionen jedoch schnitt die Region Bauch und Schwanz bei der Legelinie LSL schlechter ab als bei der Legelinie LB. Zusätzlich stellte diese fest, dass leichtere Tiere einen schlechteren Gefiederzustand hatten als schwerere. Weigl (2007) und Telle (2011) verglichen beide in ihren Versuchen Legehennen einer Kleingruppe mit denen einer Voliere und kamen zu dem Ergebnis, dass die Hühner aus der Voliere eine bessere Gefiederqualität aufwiesen.

Mit den möglichen Auswirkungen einer geringen Befiederung beschäftigten sich Yamak und Sarica (2012). Je besser hier die Gefiederqualität war, desto besser die Legeleistung, desto geringer aber auch die Eigewichte. Ebenso konnte hier ein Zusammenhang zur Futteraufnahme hergestellt werden. Eine bessere Gefiederqualität bedeutete auch eine geringere Futteraufnahme.

Nicht nur das Gefieder kann einer Beurteilung unterzogen werden, sondern auch die jeweiligen Hautverletzungen, die den Legehennen zum einen von Artgenossen zugefügt werden, zum anderen gegebenenfalls eine Folge der räumlichen Gegebenheiten sein kann. Abrahamsson und Tauson (1995) stellten bei einem Vergleich von konventionellen Käfigen mit Volieren fest, dass die Legehennen in der Voliere mehr Pickwunden zeigten. In einer Untersuchung, die die alternative Legehennenhaltung beleuchtete, stellte die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004) fest, dass vor allem die Kämme mit Pickverletzungen versehen waren, dass in Herden mit Freilauf deutlich weniger dieser auftraten und

Weißleger mehr Pickverletzungen am Kamm aufwiesen als Braunleger, wohingegen Pickverletzungen am Rücken nur bei Braunlegern auftraten.

Ebenso hilfreich für die Beurteilung der Tiergesundheit einer Legehenne ist zum einen die Krallenlänge, zum anderen das Körpergewicht. Mit zunehmendem Alter nimmt auch deren Krallenlänge zu, wobei schwerere Legelinien (Braunleger) kürzere Krallen haben (van Emous, 2003; Weitzenbürger, 2005). In einer Studie von van Emous (2003) bzw. dem *Research Institute for Animal Husbandry*, in welcher diese Bodenhaltungen mit Volieren verglichen, zeigte die Legelinie LSL eine durchschnittliche Länge von 21 mm, die Legelinie LB eine Länge von 17 mm. Braunleger würden allgemein mehr Scharverhalten zeigen, die Krallen von Weißlegern wären resistent gegen Abrieb und würden schneller wachsen. Zusätzlich nimmt die Körpermasse über die Legeperiode hinweg zu, wobei die Braunleger meist schwerer sind als die Weißleger (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004; Weitzenbürger, 2005).

2.7 Physiologische Blutparameter

Nicht ohne Bedeutung ist ebenso die Beurteilung der Blutwerte einer Legehenne. Als Hämatokrit wird laut Gassmann und Lutz (2005) der Anteil an zellulären Bestandteilen am gesamten Blutvolumen bezeichnet, weitestgehend bestehend aus Erythrozyten. Dieser kann sowohl erhöht sein, was meist hervorgerufen wird durch Wasserentzug oder durch Erhöhung der Glukokortikoide in Stresssituationen, oder erniedrigt, hervorgerufen durch eine erhöhte Osmolarität des Plasmas, was eine Verkleinerung der Erythrocyten zur Folge hat (Neff, 2000). Laut Gassmann und Lutz (2005) haben Vögel an sich meist einen Hämatokrit von 32 % mit einer durchschnittlichen Hämoglobinkonzentration von 112,00 g/l (entspricht 6,952 mmol/l). Hämoglobin stellt hierbei den roten Blutfarbstoff dar, welcher sich in hoher Konzentration in den Erythrozyten befindet und für die Bindung von Sauerstoff verantwortlich ist (Gassmann und Lutz, 2005).

Von besonderer Bedeutung bei der Legehennen ist ebenso die Calciumkonzentration, da laut Gerstberger und Barth (2005) bis zu zwei Gramm Calcium täglich in die Eischale mit eingebaut werden. Ein längeres Calciumdefizit aufgrund einer Unterversorgung über das Futter, würde meist zu einem Einstellen der Legeleistung führen. Wichtigster Calciumspeicher stellt bei der Legehennen der medulläre Knochen dar, der sich aufgrund der Einwirkung von Östrogenen und Prolaktin aus dem kortikalen Knochen bildet. Umgebaut werden hierbei meist gut durchblutete Röhrenknochen, Rippen oder Wirbelkörper (Gerstberger und Barth, 2005). Die Konzentration an Calcium zeigt bei Vögeln meist einen Wert von 8,00 - 12,00 mg/ dl (entspricht 2,00 - 3,00 mmol/l), bei Legehennen hingegen kann dieser oft auf bis zu 30 mg/ dl (entspricht 7,50 mmol/ l) steigen (Iowa State University, 2008). Bei der erhöhten Freisetzung von Calcium aus dem Knochen durch Parathormon (PTH) wird gleichzeitig vermehrt Phosphat freigesetzt, welches jedoch im Gegensatz zum Calcium vor allem ausgeschieden wird (Erben, 2005). Die Phosphorkonzentration liegt bei Vögeln im Allgemeinen meist zwischen 4,00 - 8,00 mg/ dl (entspricht 1,29 - 2,58 mmol/ l), kann jedoch bei Legehennen stark variieren (Iowa State University, 2008).

2.8 Immunglobuline (IgY) in Serum und Eidotter

Bei Hühnern oder Vögeln im Allgemeinen gibt es drei Klassen an Immunglobulinen (IgA, IgM und IgY). Die IgY stellen eine eigene Immunglobulinklasse vor allem bei eierlegenden Wirbeltieren dar und ähneln stark der Gruppe der humanen IgGs, weshalb Hühner auch für die industrielle Antikörperproduktion genutzt werden können (Caralander, 2002; Staak et al., 2009). Die IgY werden über einen Rezeptor aus dem Blut in das Eidotter transportiert, wobei die Konzentration im Dotter im Vergleich zum Serum mit einer Verzögerung von 3 bis 7 Tagen ansteigt (Caralander, 2002; Staak et al., 2009). Die Konzentration an Immunglobulinen im Serum ist immer niedriger als die im Eidotter, beide fallen und steigen jedoch proportional zueinander (Woolley und Landon,

1995; Bollen und Hau, 1999; Caralander, 2002). Laut Bollen und Hau (1997 und 1999) und Caralander (2002) sei die Konzentration im Eidotter um das 1,23 - fache höher als die im Serum, wobei diese unabhängig sei von der Eigröße. Die IgY - Serumkonzentration würde sich meist in einem Bereich von 5 - 7 mg/ ml bewegen.

In vorangegangenen Untersuchungen konnten bereits gewisse Einflussfaktoren auf IgY - Konzentrationen im Eidotter festgestellt werden. Baumgart (2005) stellte bei ihrem Vergleich von unterschiedlichen Gruppengrößen in der Volierenhaltung fest, dass solche mit einer höheren Anzahl an Tieren niedrigere Konzentrationen an IgY in ihren Eidottern zeigten. Ein wichtiger die Antikörperkonzentration beeinflussender Faktor ist laut Erhard et. al. (2000) ebenso die Haltungsform. In deren Versuchsanordnung zeigten die Legehennen, die in Käfigen gehalten wurden, deutlich höhere Werte an IgY im Eidotter als die, die sich in der Bodenhaltung aufhielten. Zusätzlich scheint der Zeitpunkt des Legebeginns die Immunglobulinkonzentration zu beeinflussen. Sowohl bei Bazer (2005) als auch bei LeBris (2005) sanken die Konzentrationen zu Beginn der Legeleistung deutlich ab. Ebenso konnte Bazer (2005) eine Korrelation zwischen Legeleistung und Immunglobulinkonzentration feststellen. Bei einem Abfall dieser sank gleichzeitig die Legeleistung.

2.9 Milzgewicht

In Zusammenhang mit der Immunglobulinbestimmung in Serum und Eidotter steht ebenso die Untersuchung der Milzgewichte. Die Milz stellt bei Vögeln an sich eine wichtige Komponente in der immunologischen Abwehr dar, da diesen Säugetierähnliche Lymphknoten fehlen. Laut John (1994) würden unterschiedliche Milzgewichte unterschiedliche Aktivitätszustände der Milz bzw. der vogelspezifischen Abwehr reflektieren. Bei Lee (2012) betrug das mittlere Milzgewicht der Legelinie LSL 1,27 g, das der Legelinie LB 1,57 g. Die Milzgewichte von Probst (2013) unterschieden sich bei beiden Legelinien nicht voneinander, hier betrug das mittlere Gewicht 2,0 g.

3 Tiere, Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit ist Teil des Verbundprojektes ‚Weiterentwicklung der Kleingruppenhaltung für Legehennen‘ (Geschäftszeichen:313-06.01-28-1-36.005-07). Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

An insgesamt fünf beteiligten Versuchsstationen innerhalb Deutschlands wurden Legehennen der Linien Lohmann Selected Leghorn Classic und Lohmann Brown Classic in Kleingruppenhaltungssystemen verschiedener Hersteller gehalten und Tiergesundheits-, Verhaltens-, Leistungs- sowie Wirtschaftsparemeter erfasst. Die Projektdauer betrug insgesamt vier Jahre (01.01.2008- 30.04.2012) und umfasste dabei drei Legedurchgänge à zwölf Monate, wobei bei jedem dieser Durchgänge geringgradige Modifizierungen an den jeweiligen Haltungssystemen vorgenommen wurden.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Tiergesundheit und den Leistungsparametern der Legehennen des dritten Legedurchgangs in dem Zeitraum von 27.10.2010 bis 26.10.2011 an den Standorten *München* (Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung; Ludwig-Maximilians-Universität) und *Kitzingen* (Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Geflügelhaltung; Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft). Die Ergebnisse der entsprechenden, parallel durchgeführten Verhaltensbeobachtungen des dritten Legedurchgangs wurden ebenfalls im Rahmen einer Dissertation von Frau Helen Louton (2014) zusammengefasst.

Auf Wunsch der Hersteller werden den Anlagen Buchstaben (A – E) zugeordnet, wodurch eine anonymisierte Darstellung der Ergebnisse in Bezug auf die Anlagen möglich ist [analog zur Dissertation von Telle, (2011)].

3.1 Tiere

Am 27.10.2010 wurden von dem Geflügelzuchtbetrieb Gudendorf-Ankum (Kommanditgesellschaft Geflügelzuchtbetriebe Gudendorf-Ankum GmbH

Co., Ankum, Deutschland) je 595 Tiere der Legelinie Lohmann Brown Classic (LB) und der Legelinie Lohmann Selected Leghorn Classic (LSL) an den Standort *München* und je 756 Tiere beider Legelinien an den Standort *Kitzingen* geliefert. Schlupftag dieser Charge an Legehennen war der 24.06.2010. Bis zu ihrer Abgabe durch den Junghennenaufzüchter in der 18. Lebenswoche wurden die Tiere in Käfigsystemen aufgezogen und bis zum Zeitpunkt ihrer Ausstellung aus dem Aufzuchtstall einer täglichen Lichtdauer von zehn Stunden (7:00 bis 17:00 Uhr) bei 4 - 6 lux ausgesetzt. Die Schnäbel wurden jeweils nicht kupiert und bei der Einstellung waren die Junghennen nach einem bestimmten Schema geimpft worden (Tab. 1).

Tabelle 1: Impfschema der Junghennen bis zur 18. Lebenswoche (LW) vom Geflügel aufzuchtbetrieb Gudendorf-Ankum

<i>Impfung</i>	<i>Zeitpunkt</i>
Mareksche Krankheit	Schlupftag
Salmonellen	1.Tag/7. LW/15. LW
Infektiöse Bronchitis	2. LW/ 6. LW/ 13. LW
Pest (Newcastle-Disease Virus)	3. LW/ 5. LW/10. LW/ 14.LW
Gumboro (Infektiöse Bursitis)	4. LW
Infektiöse Laryngotracheitis	8. LW/ 11. LW
Aviäre Encephalomyelitis	11. LW

3.2 Stallsysteme

München

Am Standort München befanden sich die Stallungen auf dem Gelände des Oberwiesenfeld der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität.

Die Anlagen der verschiedenen Hersteller waren auf zwei Gebäude verteilt, wobei sich die Anlage der Firma Salmet (Anlage C, Salmet International GmbH, Produktionsstandort Berge, Dietzenbach, Deutschland) und die Big Dutchman Voliere (Anlage E, Big Dutchman International GmbH, Vechta, Deutschland) in dem gleichen Gebäude

befanden. Diese waren von einem mittig gelegenen, 4 m breiten Gang voneinander getrennt, über den kein Sichtkontakt zwischen den Hennen der jeweiligen Systeme bestand. Beide Anlagen verfügten zwar über dieselbe Lüftungsanlage (RA-ED-2060/210 VDE 0660-5-IP54, RIMU Lüftungstechnik, Königsbrunn, Deutschland) mit zusätzlichem 5-Stufen-Transformator (REV-7, Soler & Palau GmbH, Darmstadt, Deutschland) zur Steuerung von Wechselstromventilatoren in der Big Dutchman Voliere, allerdings fand zwischen beiden genannten Aufstallungssystemen kein Luftaustausch statt.

Zu berücksichtigen ist, dass die Anlage E nicht Teil des Verbundprojektes war und hier nur im Zuge dieser Dissertation Daten erhoben wurden.

Voliere (Anlage E)

Die Voliere (Anlage E) als Spezialanfertigung der Firma Big Dutchman (Big Dutchman International GmbH, Vechta, Deutschland) war in vier Abteile unterteilt. Zwischen den Tieren der jeweiligen Abteile bestand Sichtkontakt, da diese nur durch ein Drahtgitter voneinander getrennt waren. Die Grundfläche eines jeden Abteils betrug 56000 cm^2 ($5,6 \text{ m}^2$) und dessen Gesamthöhe 260 cm. Ein Abteil war jeweils in drei Ebenen unterteilt. Die erste Ebene stellte den Boden dar und stand mit der Einstreu aus Pellets (elles Strohstreu, L. StroetmannSaat GmbH & Co. KG, Münster, Deutschland) den Hühnern als Scharraum zur Verfügung ($200 \times 280 \text{ cm}$), wobei dieser Bereich alle sechs Wochen ausgemistet wurde. Auf der einen Seite eines jeden Abteils gab es zwei zusätzliche Ebenen mit je einer Fläche von $2,8 \text{ m}^2$ ($2,0 \times 1,38 \text{ m}$), bestehend aus Kunststoffrosten mit einer Perforierung von $3,5 \times 8,5 \text{ cm}$ (siehe Abb. 3). Auf diesen zwei Ebenen gab es jeweils zwei 200 cm lange Futtertröge (Fressplatzbreite 16 cm/ Tier), welche beide mittels einer Futterkette befüllt wurden und in einem Abstand von 30 cm zum Ebenenboden angebracht waren. Über jedem der Futtertröge befand sich eine ebenso lange runde Metallsitzstange (200 cm lang, 3,5 cm Durchmesser), jeweils in einer Höhe von 36 cm. Die dritte Ebene verfügte zudem über eine in Bezug auf die Ebenenfläche mittig gelegene runde Metallsitzstange, in

einem Abstand von 65 cm zum Ebenenboden. Laut Hersteller galten ebenso die mit Metall eingefassten Kanten der beiden oberen Ebenen als Sitzstangen mit einer Höhe von 3 cm. Auf den oberen beiden Ebenen standen den Legehennen jeweils neun Edelstahlrippeltränken mit Auffangschale zur Verfügung, wobei deren Zuleitungsrohr in der obersten Ebene auch als Sitzstange (200 cm) genutzt werden konnte. Unter den beiden oberen Ebenen befand sich jeweils ein Kotband.

Auf der anderen Seite eines jeden Abteils waren acht Doppelnester (Natura FLN, R. Inauen AG, Appenzell, Schweiz) auf zwei Ebenen verteilt (siehe Abb. 4). Diese waren mit einer gelochten Nestmatte aus Polyvinylchlorid (PVC) (Einlegematte 280 x 490 mm Comform.NAT-FLN, Gesamthöhe 18 mm, Fransenlänge 15 mm, Einzelfransen, R. Inauen AG, Appenzell, Schweiz) ausgelegt und verfügten je über eine Fläche von 1600 cm^2 (32 x 50 cm). Vor jeder der beiden Nestreihen war unmittelbar angrenzend eine 16 cm breite Metallplatte (Abdeckplatte des Eierbandes) angebracht, auf die jeweils rechteckige (3 x 2,5 cm), 200 cm lange Anflugstangen aus Holz folgten. Die obere dieser beiden Anflugstangen befand sich in einer Höhe von 151 cm, in einem Abstand von 73 cm zur gegenüberliegenden oberen Ebene, die untere Anflugstange in einer Höhe von 113 cm, in einem Abstand von 78 cm zur mittleren Ebene. Zwischen den beiden Nestebenen und den gegenüberliegenden Ebenen gab es zusätzlich eine 200 cm lange runde Anflugstange aus Metall (Durchmesser 3,5 cm), die in einer Höhe von 50 cm angebracht war.

In jedes der vier Abteile wurden 100 Tiere eingestallt, jeweils alternierend Tiere der Legelinie LB und der Legelinie LSL. Die nutzbare Fläche pro Legehenne betrug hier 1120 cm^2 (1,12 m²), womit hier gemäß nach Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2014) eingestallt wurde.

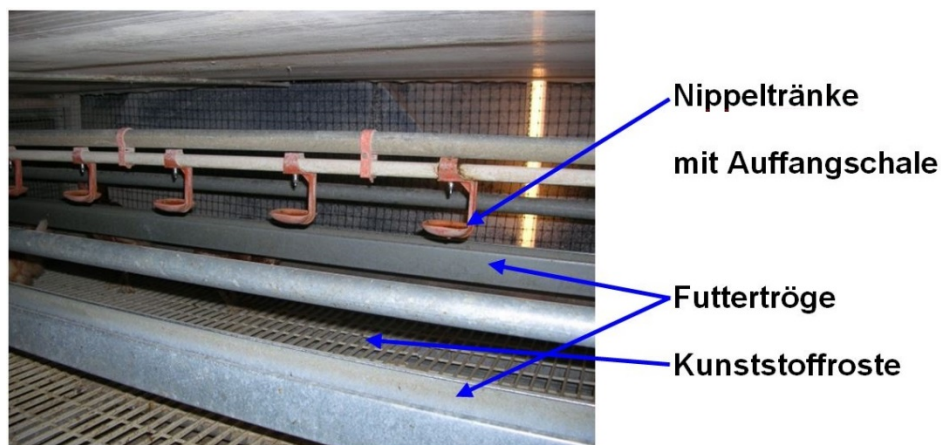


Abbildung 3: Übersicht über Ebene 2 in der Voliere (**Anlage E**, Ebene 3 fast identisch)

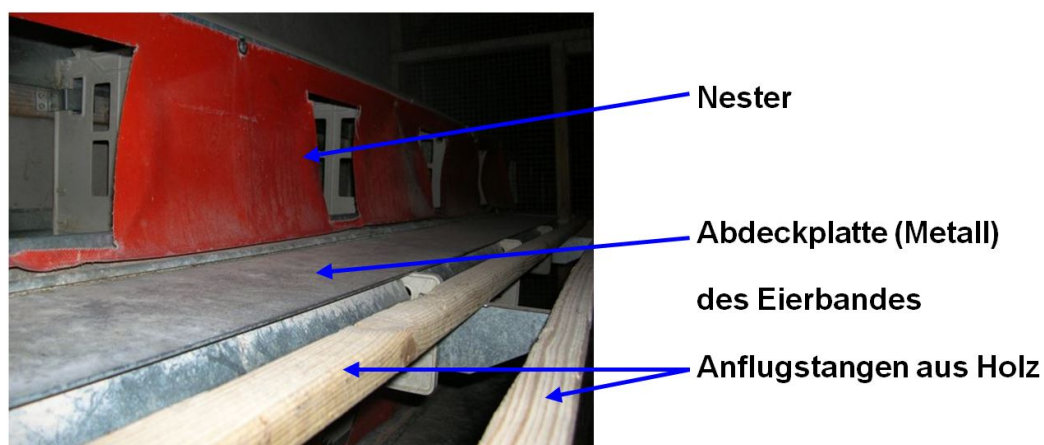


Abbildung 4: Ansicht der Nester in der Voliere (**Anlage E**) auf der Ebene 2 (Nester der Ebene 3 identisch)

Salmat (Anlage C)

Das Kleingruppenhaltungssystem der Salmat International GmbH, Produktionsstandort Berge, Dietzenbach, Deutschland (FC-S Typ 715/725) verfügte über sechs Abteile, wobei jeweils zwei Abteile hintereinander auf drei Etagen verteilt waren (siehe Abb. 6). Die Etagen an sich waren jeweils über ein Kotband voneinander getrennt, die Abteile einer Etage über geschlossene, sichtundurchlässige Metallwände. Jedes Abteil war 400 cm lang und 125 cm breit und verfügte somit über eine Fläche von 50000 cm² (5,0 m², siehe Abb. 5). An der Außenseite auf Höhe des Futtertroges war jedes Abteil 60 cm hoch, zur Mitte hin entsprach die Höhe wegen eines um sieben Grad nach außen hin abfallenden

Gitterbodens 50 cm. An beiden Längsseiten außerhalb der Abteile waren Futtertröge angebracht (Fressplatzbreite 16 cm/ Tier), die über eine Futterkette befüllt wurden. Jedes Abteil verfügte zudem über sieben hintereinander angeordnete, in der Mitte eines jeden Abteils gelegene Edelstahlrippeltränken mit einer darunter liegenden V-Rinne. An beiden Breitseiten waren die Abteile mit zwei identischen Gruppennestern (je 2958 cm²) ausgestattet, die über einen Kunststofflamellenvorhang verfügten und mit je einer ungelochten Astroturf® - Matte (Noppenhöhe 16 mm, GRASS TECH S.P.R.L./ B.V.B.A., Louvain-la-Neuve, Belgien) ausgelegt waren. Als Staubbadeangebot wurden ebenfalls zwei ungelochte Astroturf® - Matten verwendet (je 4050 cm², Noppenhöhe 15 mm, GRASS TECH S.P.R.L./ B.V.B.A., Louvain-la-Neuve, Belgien), die täglich per Zeitschaltung mit ungefähr je 35 g Futter eingestreut wurden (Winterzeit: 8:00/ 10:00/ 12:00/ 14:00 Uhr; Sommerzeit: 9:00/ 11:00/ 13:00/ 15:00 Uhr). Jedes Abteil verfügte über sieben Sitzstangen aus verzinktem Metall (siehe Abb. 7). Vier davon waren jeweils quer zur Längsseite in einem Abstand von 65 cm zueinander angeordnet und besaßen eine Länge von 125 cm, auf der Seite der Futtertröge in einer Höhe von 18,0 cm, in der Mitte des Abteils in einer Höhe von 13,0 cm angebracht. Zwei der Sitzstangen befanden sich parallel zur Längsseite in einem Abstand von 60 cm, jeweils in einer Höhe von 26,5 cm und wiesen eine Länge von 136,5 cm auf. Sowohl die Quer- als auch Längssitzstangen hatten einen rechteckigen Querschnitt mit unterschiedlicher Querschnittsfläche (2,5 x 3 cm und 3 x 4 cm). Ein mittig gelegenes Futterzuleitungsrohr, welches sich über die gesamte Länge des Abteils erstreckte, konnte über eine Länge von 298 cm ebenso von den Legehennen genutzt werden, entsprach aber aus rechtlicher Sicht nicht den Anforderungen einer offiziellen Sitzstange.

In jedes Abteil wurden 50 Hennen eingestallt, jeweils alternierend Tiere der Legelinie LB und LSL (siehe Tab. 2). Somit stand jedem Tier eine nutzbare Fläche von 882 cm² zur Verfügung.

Tabelle 2: Anordnung der Legelinien in der Anlage Salmat (**Anlage C**, seitliche Ansicht)

Lage	Legelinie	
oben	LSL	LB
mitte	LB	LSL
unten	LSL	LB

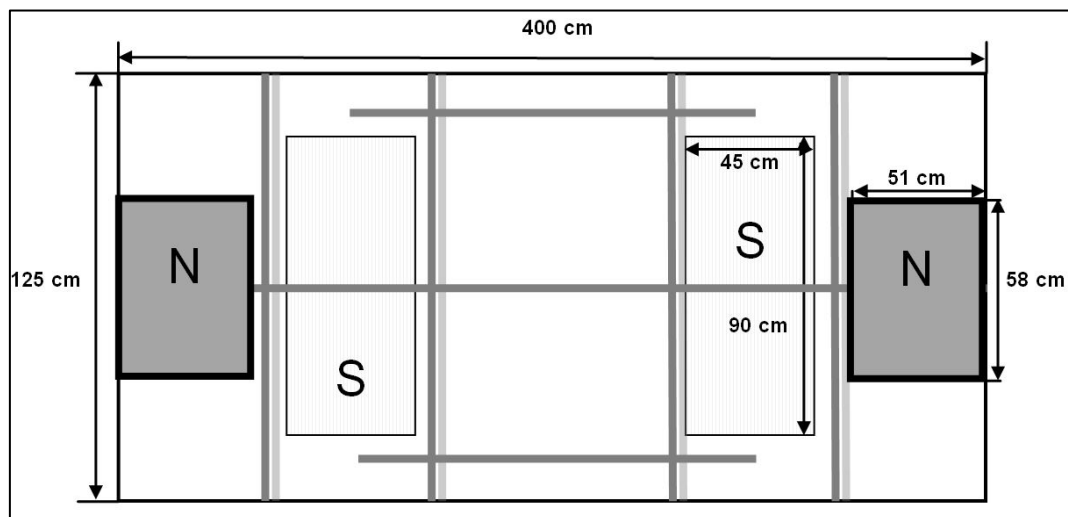


Abbildung 5: Eine Übersicht über ein Abteil in der Anlage Salmat (**Anlage C**, Kleingruppenhaltungssystem FC-S Typ 715/725, Salmat International GmbH, Produktionsstandort Berge, Dietzenbach, Deutschland, Draufsicht) mit den jeweiligen Abmessungen; 'N' entspricht dem Nest, 'S' der Staubbadematte; die Sitzstangen sind hier in grau dargestellt

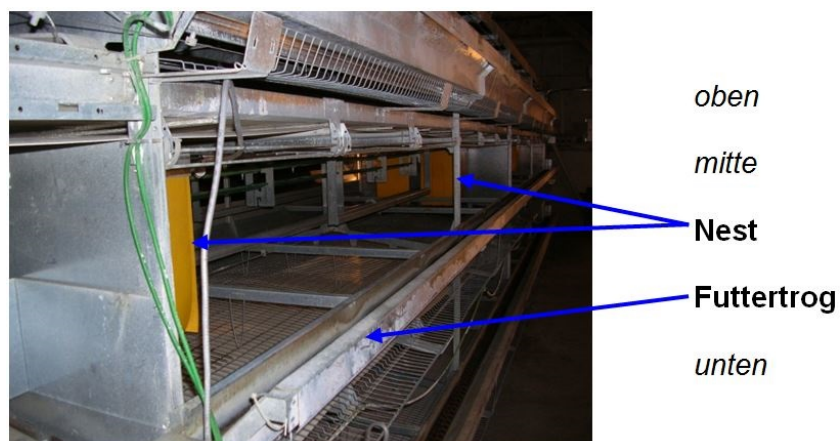


Abbildung 6: Innenansicht eines mittigen Abteils in der Anlage Salmat (**Anlage C**)

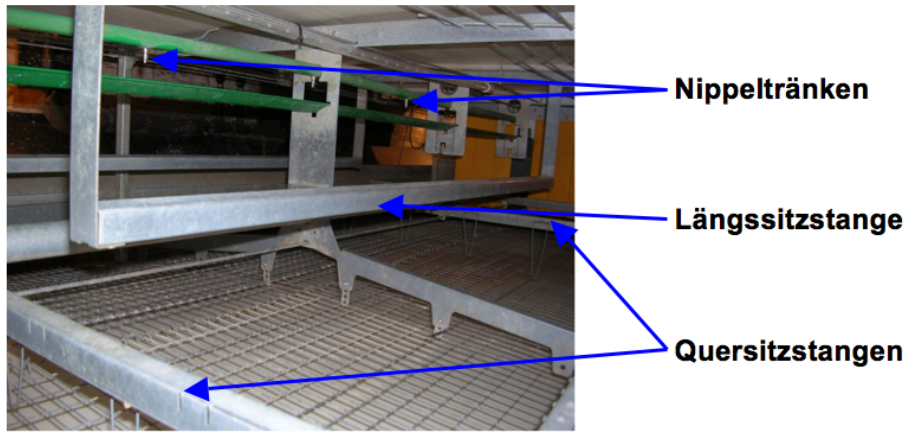


Abbildung 7: Übersicht über die angebotenen Sitzstangen in der Anlage Salmat (**Anlage C**)

Specht (Anlage D)

In einem anderen Gebäude, jedoch auf demselben Gelände befand sich das Kleingruppenhaltungssystem der Firma Tenelsen-Specht (Gruppenhaltung Typ 206-740, TESO Ten Elsen GmbH & Co. Kommanditgesellschaft, Sonsbeck, Deutschland). Diese Anlage verfügte über zwölf Abteile, die auf zwei Komplexe, getrennt durch einen 1,56 m breiten Versorgungsgang, verteilt waren. Jeder dieser Komplexe bestand aus zwei Etagen, mit jeweils drei hintereinander angeordneten Käfigabteilen (siehe Abb. 9). Die Anlage des Herstellers Specht verfügte über ein Rohrlüftungssystem mit einem einflutigen Radialventilator (Typ ERAE-180-4B, rosenberg Ventilatoren GmbH, Künzelsau-Gaisbach, Deutschland), der eine maximale Umsatzrate (Volumenstrom) von $957 \text{ m}^3/\text{h}$ hatte.

Die einzelnen Käfigabteile waren 300 cm lang und 120 cm breit ($36000 \text{ cm}^2/ 3,6 \text{ m}^2$, siehe Abb. 8), die Höhe auf der Seite der Futtertröge betrug 60 cm. Aufgrund einer Neigung des Gitterbodens war die Höhe in der Käfigmitte um 7 cm geringer, betrug hier also 53 cm. Beidseitig waren, über die gesamte Käfiglänge außerhalb der Abteile, die Futtertröge (Fressplatzbreite 13,5 cm/ Tier) angebracht, die mittels vier automatischen Futterwägen, einem pro Komplexseite, fünfmal täglich befüllt wurden. Mittig befanden sich in jedem der Abteile fünf hintereinander angeordnete

Edelstahlnippeltränken mit Auffangschale. Jedes Käfigabteil verfügte über einen ebenso in der Mitte gelegenen Kotbelüftungsschacht aus Kunststoff, der 7 cm hoch war und 238 cm lang und laut Hersteller von den Legehennen auch als Sitzstange genutzt werden konnte. Auf der einen Seite, parallel zum Kotbelüftungsschacht und in einem Abstand von 28 cm zu diesem, befand sich eine Sitzstange aus Kunststoff, die 148,5 cm lang und in einer Höhe von 8,5 cm angebracht war. Auf der anderen Seite, dieser exakt gegenüber, hing wiederum eine runde, verzinkte Metallsitzstange, 238 cm lang und in einer Höhe von 25 cm, mit einem Abstand von 34 cm zum Kotbelüftungsschacht (siehe Abb. 10). Pro Käfigkomplex gab es zwei Kotbänder, jeweils eines pro Käfigetage.

Pro Käfigabteil stand ein Gruppennest zur Verfügung, das durch Metallwände von dem übrigen Abteil abgegrenzt war. Es verfügte über eine Fläche von 3600 cm^2 ($0,36 \text{ m}^2$) und war mit einer perforierten Astroturf® - Matte (Noppenhöhe 15 mm, GRASS TECH S.P.R.L./ B.V.B.A., Louvain-la-Neuve, Belgien) ausgelegt. Im Unterschied zu den vorherigen Durchgängen wurden alle Nester auf der Außenseite, zum jeweiligen beleuchteten Versorgungsgang hin, vom Hersteller mit Kunststofflamellen abgedunkelt (siehe Abb. 11). Zusätzlich war bei je zwei der Abteile eines jeden Komplexes der Eingang des Nestes mit einem Kunststofflamellenvorhang versehen (Abteil 1 unten, 3 oben, 5 oben, 5 unten, siehe Abb. 12). Beides sollte das mögliche Auftreten von vermehrtem Kloakenkannibalismus auf ein Minimum reduzieren. Jeweils auf der Seite des Nestes war außerhalb des Abteils ein Eierband vorhanden, mit welchem die gelegten Eier vom Nest wegtransportiert werden konnten. In der anderen Hälfte des Käfigabteils befand sich die Astroturf® - Staubbadematte (Noppenhöhe 11 mm, GRASS TECH S.P.R.L./ B.V.B.A., Louvain-la-Neuve, Belgien), deren Fläche 3600 cm^2 ($0,36 \text{ m}^2$) betrug und die ebenso per Zeitschaltung zweimal täglich mit ungefähr 35 g Futter eingestreut wurde. Aufgrund eines technischen Defektes wurde hier in der Winterzeit um 23:30 und 1:30 Uhr eingestreut, in der Sommerzeit um 0:30 und 2:30 Uhr.

In jedes Käfigabteil wurden hier 40 Tiere (810 cm² nutzbare Fläche pro Tier) eingestallt, wie auch bei den anderen Anlagen Tiere der Legelinie LSL und LB im Wechsel (siehe Tab. 3).

Tabelle 3: Anordnung der Legelinien in der Anlage Specht (**Anlage D**) mit interner Kennzeichnung; die einzelnen Käfigabteile werden jeweils mit einer Zahl und ihrer jeweiligen Lage/ Etage (oben/unten) bezeichnet (z. B. Käfig 1 oben/Käfig 1 unten usw.); hier eine seitliche Ansicht der jeweiligen Komplexe

Komplex 1	Lage	Abteil 1	Abteil 2	Abteil 3
	oben	LSL	LB	LSL
	unten	LB	LSL	LB
MITTELGANG				
Komplex 2	Lage	Abteil 4	Abteil 5	Abteil 6
	oben	LB	LSL	LB
	unten	LSL	LB	LSL

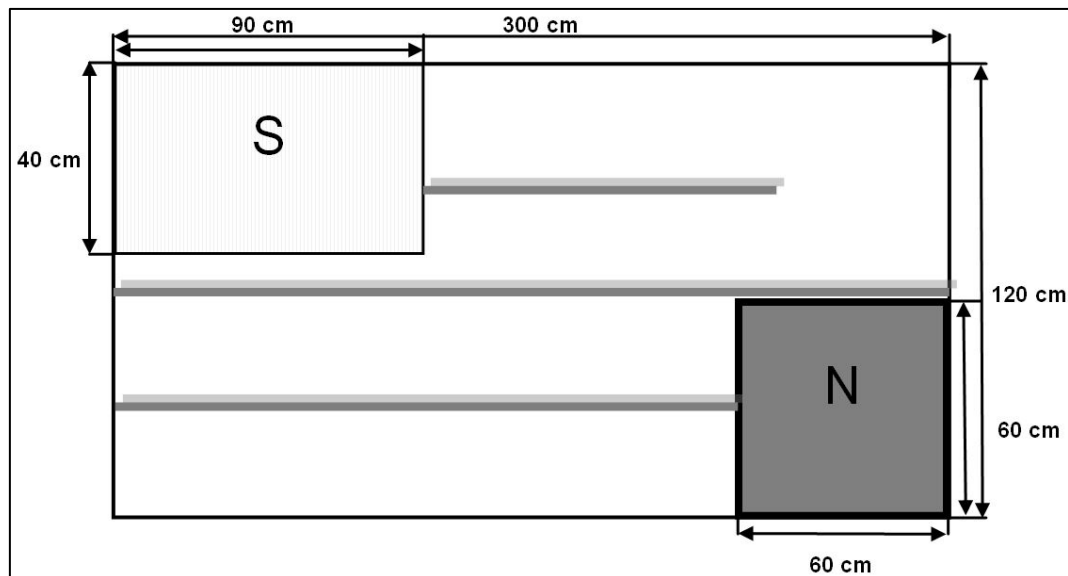


Abbildung 8: Eine Übersicht über ein Abteil der Anlage Specht (**Anlage D**, Gruppenhaltung Typ 206-740, TESO Ten Elsen GmbH & Co. Kommanditgesellschaft, Sonsbeck, Deutschland, Draufsicht) mit den jeweiligen Abmessungen; 'N' entspricht dem Nest, 'S' der Staubbadematte; die Sitzstangen sind hier in grau dargestellt



Abbildung 9: Übersicht über die Anlage Specht (**Anlage D**) mit interner Bezeichnung der Abteile

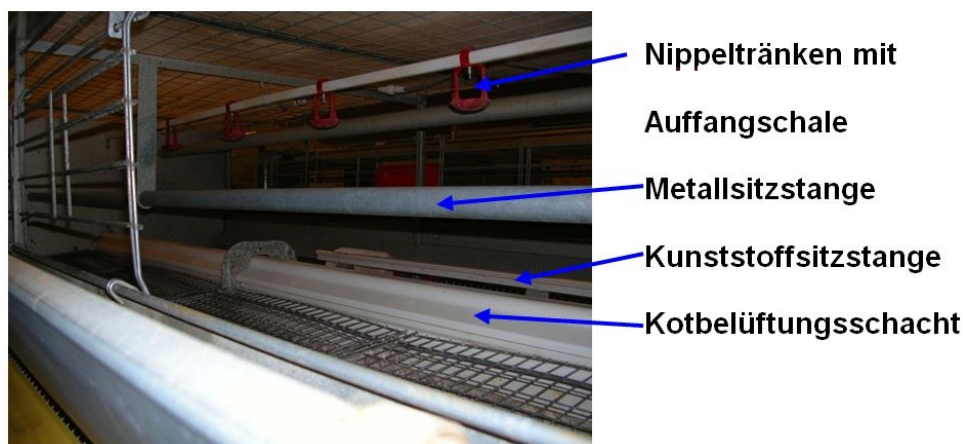


Abbildung 10: Übersicht über die Sitzstangen in einem Käfigabteil der Anlage Specht (**Anlage D**)



Abbildung 11: Ansicht eines von außen mit einem Kunststoffvorhang abgedunkelten Nestes in der Anlage Specht (**Anlage D**)



Abbildung 12: Ein Nesteingang in der Anlage Specht (**Anlage D**) mit zusätzlich angebrachtem Kunststoffvorhang

Kitzingen

Die beiden Anlagen der Firma Big Dutchman (Anlage A) und der Firma Salmet (Anlage B) befanden sich auf dem Gelände des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums für Geflügelhaltung der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Kitzingen. Beide Stallsysteme waren hier im gleichen Gebäude, sogar in demselben Raum untergebracht. Es bestand Sichtkontakt zwischen den Tieren der verschiedenen Anlagen und beide Stallsysteme teilten sich eine gemeinsame Lüftungsanlage (Klimacomputer DOL 34H2 Fa. SKOV/Produktionscomputer DOL 95-2, N. Lohmann GmbH Lüftungs- und Steuerungstechnik, Ennigerloh, Deutschland).

Big Dutchman (Anlage A)

Das Kleingruppensystem der Firma Big Dutchman (Typ KV 1500 a-D40, Big Dutchman International GmbH, Vechta, Deutschland) verfügte über 18 Abteile, wobei diese auf zwei Etagen mit jeweils neun Käfigabteilen hintereinander verteilt waren. Jedes Abteil war 241,2 cm lang, 150 cm breit (Fläche von 36180 cm²) und auf der Seite des Futtertroges gemessen 61,2 cm hoch (siehe Abb. 13). Zur Mitte hin verlor jedes Abteil wegen eines nach außen hin abfallenden Bodens 11,2 cm an Höhe. Beidseits über die gesamte Längsseite waren außerhalb des Käfigs die Futtertröge (Fressplatzbreite 12 cm/ Tier) angebracht, die ebenso über eine Futterkette hätten gefüllt werden können. Diese wurden jedoch aus Gründen der exakteren Datenerhebungen zur Wirtschaftlichkeit einmal täglich per Hand befüllt. Jedes Abteil verfügte über fünf Edelstahlrippeltränken mit Auffangschale, die sich auch hier hintereinander angeordnet in der Käfigmitte befanden. Jeweils unterhalb jeder Etage war ein Kotband angebracht.

Parallel zur Längsseite des Käfigs in einem Abstand von 30 cm zur Mitte befanden sich beidseitig zwei runde Metallsitzstangen, die 120 cm lang und in einer Höhe von 26,5 cm angebracht waren. In einem 19 cm Abstand zu diesen waren beidseitig nach außen hin zwei weitere, runde Metallsitzstangen angebracht, in der gleichen Länge, jedoch in einer

geringeren Höhe (6,7 cm). Alle vier oben genannten Sitzstangen besaßen einen Durchmesser von 4 cm. Mittig befand sich eine zusätzliche Metallsitzstange (Zuleitungsrohr), welche sich in einer Höhe von 8 cm befand, 180 cm lang war und einen Durchmesser von 5 cm aufwies.

Jedes Abteil verfügte über ein Nest (3829 cm^2), das auf der einen Breitseite mittig gelegen, mit einer perforierten Nestmatte aus Low Density Polyethylen (Gesamthöhe 14 mm, Fransenlänge 12 mm, Big Dutchman International GmbH, Vechta, Deutschland) ausgelegt war und mittels eines Gitters in zwei Bereiche unterteilt wurde. Ebenso war jedes Nest mit einem flexiblen Kunststofflamellenvorhang ausgestattet, der für maximalen Sichtschutz bei der Eiablage dienen sollte. Schon beim zweiten Legedurchgang wurde bei der Hälfte der Abteile (Abteil 34 - 42) der normale Lamellenvorhang mithilfe einer an der jeweiligen Abteildecke angebrachten, 10 cm breiten Metallstrebe von 35 cm auf 45 cm verlängert, was beim dritten Durchgang schließlich auch mit den übrigen Kunststofflamellenvorhängen der restlichen Abteile (Abteil 25 - 33) durchgeführt wurde.

Des Weiteren verfügte jedes Käfigabteil über einen Einstreubereich von 3829 cm^2 ($60,3 \times 63,5 \text{ cm}$), welcher durch die darüber liegende Sitzstange und einer dieser unten anliegenden Kunststoffplatte in zwei Bereiche geteilt wurde und somit aus zwei teilperforierten Low Density Polyethylen Staubbadematten (Gesamthöhe 14 mm, Fransenlänge 12 mm, Big Dutchman International GmbH, Vechta, Deutschland, siehe Abb. 14) bestand. Diese wurden viermal täglich mit ungefähr je 35 g Futter eingestreut (9:00/ 10:30/ 13:00/ 15:00 Uhr).

Es wurden jeweils 40 Tiere der Legelinie LSL und der Legelinie LB alternierend eingestallt (siehe Tab. 4). Jedem Tier stand hier eine nutzbare Fläche von $808,78 \text{ cm}^2$ zur Verfügung.

Tabelle 4: Anordnung der Legelinien in der Anlage des Herstellers Big Dutchman (**Anlage A**) mit interner Kennzeichnung der Abteile (seitliche Ansicht)

Etage 1	26	28	30	32	34	36	38	40	42
	LB	LSL	LB	LSL	LB	LSL	LB	LSL	LB
Etage 2	25	27	29	31	33	35	37	39	41
	LSL	LB	LSL	LB	LSL	LB	LSL	LB	LSL

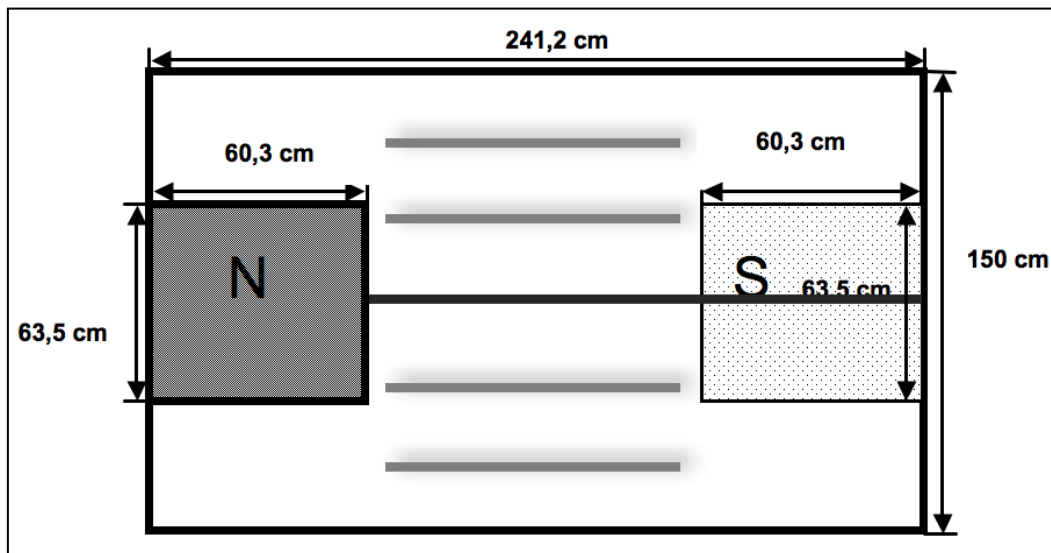


Abbildung 13: Eine Übersicht über ein Abteil der Anlage Big Dutchman (**Anlage A**, Kleingruppenhaltungssystem Typ KV 1500 a-D40, Big Dutchman International GmbH, Vechta, Deutschland Draufsicht) mit den jeweiligen Abmessungen; 'N' entspricht dem Nest, 'S' der Staubbadematte; die Sitzstangen sind hier in grau dargestellt

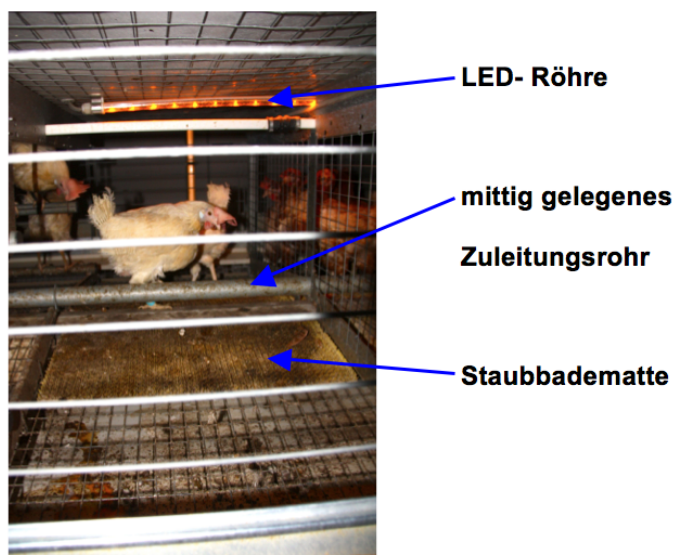


Abbildung 14: Teilansicht eines Abteils in der Anlage Big Dutchman (**Anlage A**, Fotoquelle: Helen Louton)

Salmet (Anlage B)

An diesem Standort kam eine weitere Anlage der Firma Salmet zum Einsatz (Typ 4000/ 735). Diese bestand aus zwei Etagen mit jeweils sechs Einheiten hintereinander. Jede Einheit war nochmals durch ein Gitter in der Mitte zweigeteilt, so dass hier jeweils zwei Abteile vorhanden waren und im gesamten Komplex 24 Kleingruppen Platz fanden. Einer Gruppe stand somit inklusive Nest eine Fläche von 29400 cm^2 ($2,94 \text{ m}^2$) zur Verfügung. Pro Kleingruppe gab es hier nur an einer Seite einen Futtertrog (Fressplatzbreite $12,1 \text{ cm/ Tier}$) und eine Reihe von sieben hintereinander liegenden Edelstahlrippeltränken mit einer über die gesamte Länge des Abteils gehenden V-Rinne. Jede Etage verfügte über ein separates Kotband.

Für jede Gruppe gab es längs zur Käfigausrichtung eine rechteckige verzinkte Metallsitzstange ($4 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$), die 200 cm lang war und sich in einer Höhe von $29,5 \text{ cm}$ befand (siehe Abb. 16). Zusätzlich waren in jedem Abteil vier Metallsitzstangen ($2,5 \text{ cm} \times 1\text{-}3 \text{ cm}$) quer zur Längsrichtung vorhanden, wobei zwischen erster und zweiter, sowie dritter und vierter Sitzstange jeweils ein Abstand von 65 cm bestand. Jede dieser war $73,5 \text{ cm}$ lang. Einer Gruppe standen ebenso vier nicht perforierte Staubbadematten (Astroturf® - Matte, Noppenhöhe 15 mm , GRASS TECH S.P.R.L./ B.V.B.A., Louvain-la-Neuve, Belgien) zur Verfügung (je 792 cm^2), die wie in der Anlage Big Dutchman viermal täglich manuell mit je 35 g Futter eingestreut wurden ($9:00/ 10:30/ 13:00/ 15:00 \text{ Uhr}$). Auf beiden Seiten befand sich jeweils ein Gruppennest, mit einer Fläche von je 1540 cm^2 , welches mit einem Kunststofflamellenvorhang versehen und mit einer perforierten Astroturf® - Matte (Noppenhöhe 15 mm , GRASS TECH S.P.R.L./ B.V.B.A., Louvain-la-Neuve, Belgien) ausgelegt war.

Jede Gruppe bestand hier aus 33 Legehennen, wobei die Legelinien LSL und LB jeweils im Wechsel eingestellt wurden (siehe Tab. 5). Pro Legehennen betrug die nutzbare Fläche 800 cm^2 .

Tabelle 5: Anordnung der Legelinien in der Anlage Salmat (**Anlage B**) mit interner Kennzeichnung der Abteile (jeweilige Draufsicht auf die einzelnen Etagen, mit zum Gang und zur Wand orientierten Abteilen, die gestrichelte Linie entspricht dem jeweiligen Trenngitter der Einheiten)

Etage 1	GANG	24 LB	22 LSL	20 LB	18 LSL	16 LB	14 LSL
	WAND	2 LSL	4 LB	6 LSL	8 LB	10 LSL	12 LB
Etage 2	GANG	23 LB	21 LSL	19 LB	17 LSL	15 LB	13 LSL
	WAND	1 LSL	3 LB	5 LSL	7 LB	9 LSL	11 LB

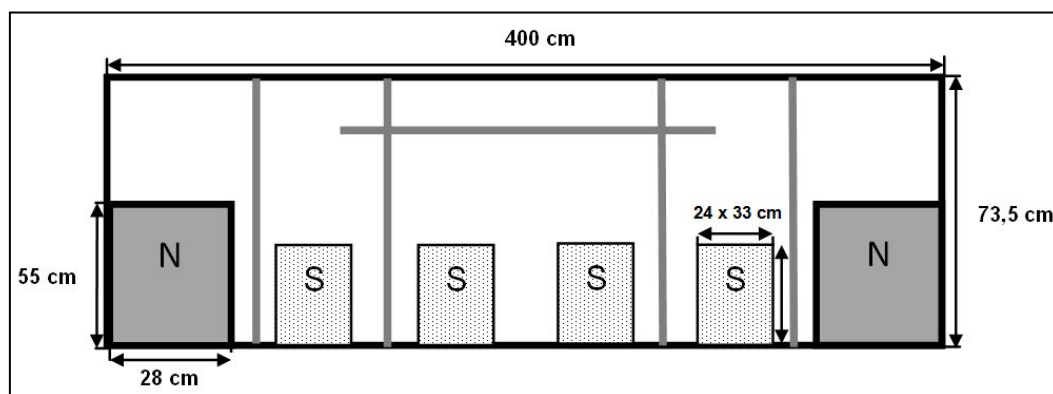


Abbildung 15: Eine Übersicht über ein Abteil der Anlage Salmat (**Anlage B**, Kleingruppenhaltungssystem, Typ 4000/ 735, Salmat International GmbH, Produktionsstandort Berge, Dietzenbach, Deutschland, Draufsicht) mit den jeweiligen Abmessungen; 'N' entspricht dem Nest, 'S' der Staubbadematte; die Sitzstangen sind hier in grau dargestellt

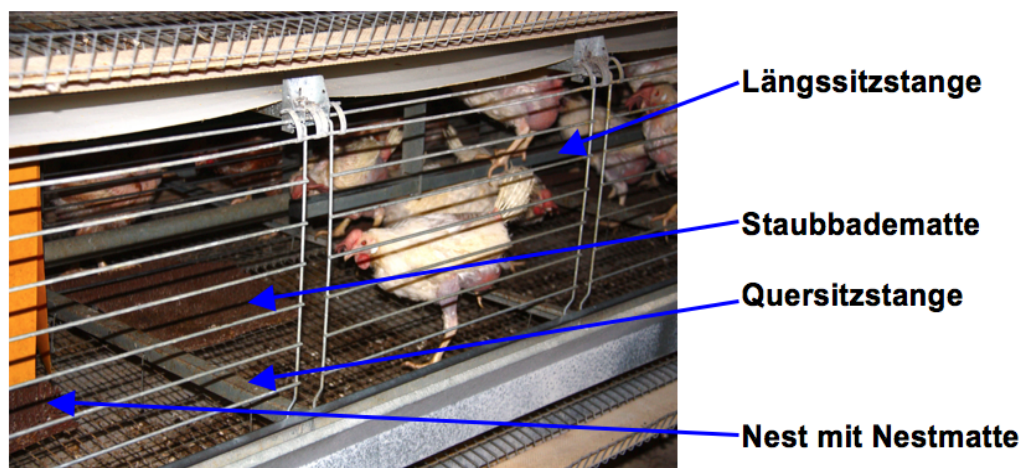


Abbildung 16: Teilansicht eines Abteils in der Anlage Salmat (**Anlage B**, Fotoquelle: Helen Louton)

3.3 Beleuchtung

Beide Standorte verfügten über einen ilox[®] Sonnenlichtsimulator (Typ SLS 1) der Warnking Elektrotechnik GmbH, Vechta, Deutschland. Die Lichtdauer wurde Anfang Oktober zunächst an die Lichtgegebenheiten während der Aufzucht angepasst, das heißt zehn Stunden Licht, von 7:00 bis 17:00 Uhr. Bis Anfang Dezember wurde diese pro Woche um eine Stunde erhöht, so dass die maximale Lichtdauer während des restlichen Legedurchgangs schließlich 14 Stunden betrug und zwar von 4:00 – 18:00 Uhr. Die jeweils ersten und letzten halben Stunden eines jeden Tages waren Dämmerungsphasen.

Bei den verwendeten Lampen handelte es sich um Stablampen des Herstellers Osram (Typ Lumilux[®] Warmwhite mit Reflektor 80P/80P, Osram GmbH, München, Deutschland), die 115 cm lang und in einer Halterung der Firma Big Dutchman (Typ ED 136 0301000SS, Big Dutchman International GmbH, Vechta, Deutschland) meist hängend angebracht waren. Besonderheit dieser Halterung war, dass diese über ein Lochblech verfügte, welches jeweils über die gesamte Lampenlänge das Licht gleichmäßig verteilen und den direkten Einfall von Licht abmildern sollte.

In der 34., 51. und 65. Lebenswoche wurden in den einzelnen Stallanlagen Luxmessungen nach dem Sechs-Seitenprinzip durchgeführt. Hierbei wurden mit dem Beleuchtungsstärkemessgerät LMT Pocket 2B der Lichtmesstechnik GmbH, Berlin, die jeweiligen Beleuchtungsstärken in Lux an fünf verschiedenen Punkten (Staubbad, Futtertrog, Legenest, Sektionsmitte, hellster Punkt) im Käfigabteil bestimmt. An diesen Punkten wurde der Photometerkopf nach oben, unten, rechts, links, vorne und hinten gehalten, die jeweiligen Luxwerte notiert und daraus ein Mittelwert gebildet um die mittleren Beleuchtungsstärken an den unterschiedlichen Punkten im Käfig beurteilen zu können.

München

An diesem Standort wurden Lampen mit 36 Watt verwendet. In der Anlage Salmes waren je zwei Lampen in den Gängen links und rechts der

Käfigabteile angebracht. Die Abteile der Voliere verfügten über jeweils eine Lampe, die waagrecht unter den Nestern angebracht war und somit die unterste Ebene beleuchtete, sowie eine Lampe die auf der gegenüberliegenden Seite senkrecht außerhalb der Abteile hing, womit die zwei anderen Ebenen beleuchtet wurden. In der Anlage Specht waren in jedem der drei Versorgungsgänge (links, mitte, rechts) drei Hängelampen angebracht.

Zusätzlich zu den Stablampen waren in der Anlage Salmel alle Abteile über den Einstreubereichen mit LED-Röhren (Typ HLS-O.SM LEDTUBE, Hato BV, Sittard, Niederlande) ausgestattet. Diese waren 180 cm lang, hatten einen Durchmesser von 155 mm und verfügten über eine Leistung von 2,4 Watt. In der Anlage Specht wurden nur vier Abteile mit LED-Röhren desselben Typs und Herstellers bestückt (Abteil 1 oben, Abteil 3 unten, Abteil 4 unten, Abteil 6 oben), diese hatten jeweils eine Länge von 90 cm.

Kitzingen

Hier wurden die gleichen Lampen verwendet wie in München, jedoch in einer Stärke von 58 Watt. Pro Versorgungsgang (links, mitte, rechts) hingen hier jeweils fünf Lampen.

Ebenso wie die Anlage Salmel in München wurden hier alle Abteile der Anlage Big Dutchman mit LED - Röhren ausgestattet. Diese hatten nur eine Länge von 55 cm, entsprachen aber in ihren übrigen Eigenschaften denen aus München. Die Anlage Salmel in Kitzingen wurde nicht mit den LED - Röhren ausgestattet.

3.4 Futter

Die Legehennen wurden mit dem Alter entsprechend angepassten Phasen des grob strukturierten Legehennenalleinmehls Korngold® der Firma BayWa AG, Bockhorn, Deutschland (Raiffeisenkraftfutterwerke Süd (RKW Süd)) gefüttert. Hier unterschied man insgesamt drei Phasen, wobei

sich die Futtersorten im Wesentlichen in ihrem Methioningehalt unterschieden (siehe Tab. 6). Um die Unbedenklichkeit des Futters zu gewährleisten wurde von jeder Phase eine Stichprobe (Dezember 2010, März 2011, Juni 2011) an die LUFA Nord-West, Institut für Futtermittel, Oldenburg zur Analyse der Futterbestandteile geschickt.

Tabelle 6: Die verschiedenen Futtersorten ihren jeweiligen Phasen zugeordnet und mit ihren jeweiligen Energiegehalten und Inhaltsstoffen (Quelle: RKW Süd, 2012)

Futtersorte	Korngold® LAM		
	41	40	38
Lebenswochen	18-47	48-63	64-69
Energiegehalt [MJ]	11,60	11,40	11,40
Rohprotein [%]	18,00	17,50	17,00
Methionin [%]	0,41	0,40	0,38
Calcium [%]	3,75	3,80	4,10
Phosphor [%]	0,55	0,50	0,50
Natrium [%]	0,15	0,15	0,15

München

Das Futter wurde hier in Form von Sackware (25 kg) geliefert. In den Anlagen Salmet (Anlage C) und der Voliere (Anlage E) wurde dreimal täglich die Futterkette betätigt (7:00/ 11:00/ 14:30 Uhr), in der Anlage Specht (Anlage D) liefen die insgesamt vier installierten Futterautomaten fünfmal täglich (7:00/ 8:30/ 10:30/ 13:30/ 15:30 Uhr). Zusätzlich bekamen die Legehennen ab der 30. Lebenswoche jeweils montags, mittwochs und freitags pro Käfigabteil und Käfigseite eine Handvoll (ca. 5 g/Tier) Ostrea® Grit Muschelschrot (25 kg Sackware, Van der Endt-Louwerse B.V., Yerseke, Niederlande) zur Deckung des erhöhten Calciumbedarfs.

Kitzingen

Hier wurde dasselbe Futter wie in München in Form von Siloware geliefert und einmal täglich von Hand in die Futtertröge gefüllt.

3.5 Tiergesundheit und Leistungsparameter

3.5.1 *Tägliche Maßnahmen*

München

Bei täglichen Kontrollgängen zwischen 11:00 und 15:00 Uhr wurden die gelegten Eier nach A- und B-Ware, sowie nach ins Nest gelegt oder verlegt sortiert. Die als B-Ware aussortierten Eier wurden zudem in Schmutz-, Bruch-, Knick- und Windeier eingeteilt. Schmutzeier stellten hierbei stark mit Kot oder Blut verunreinigte Eier dar, Knickeier wiesen einen Bruch der Kalkschale auf, ohne dass die äußere oder innere Schalenhaut defekt war, bei Brucheiern hingegen waren sowohl Kalkschale als auch die äußere und innere Schalenhaut defekt, so dass Eiklar austreten konnte und bei Windeiern wurde während der Eibildung im Eileiter keine Kalkschale gebildet, so dass bei diesen nur die Schalenhäute vorhanden waren.

Ebenso wurde sich ein Überblick über den Allgemeinzustand möglichst aller Legehennen verschafft und gegebenenfalls tote und/ oder kranke Hennen aussortiert.

Kitzingen

Hier wurde bei täglichen Kontrollgängen die Gesamtzahl der pro Käfig gelegten Eier erfasst, der Allgemeinzustand der eingestellten Legehennen beurteilt und auch hier tote und/ oder verletzte Tiere den Käfigen entnommen.

3.5.2 *Eierwiegen*

Um den Verlauf der Eigewichtsentwicklung zu dokumentieren, wurden in München jeweils zu Beginn sowie in der Mitte eines jeden Monats die Eigewichte aller an diesem Tag gesammelten Eier sowie die A- und B-Ware erfasst. Hierzu wurde eine Waage der Firma Mettler (PE6/9, Mettler-Toledo GmbH, Gießen, Deutschland) verwendet. Begonnen wurde hiermit am 15.12.2010, so dass man bis 15.10.2011 auf insgesamt 21 gewogene

Tagesgelege kam. Anschließend konnte eine Einteilung der Eier in deren Eigewichtsklassen vorgenommen werden (siehe Tab. 7).

Tabelle 7: Eine Übersicht über die vier Eigewichtsklassen und deren entsprechende Gewichtseinteilung (Verordnung (EG) Nr. 589/2008 der Kommission vom 23. Juni 2008 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1234/2007 des Rates hinsichtlich der Vermarktungsnormen für Eier, 2008)

Gewichtsklasse	Eigewicht [g]
S	1,00 - 52,90
M	53,00 - 62,90
L	63,00 - 72,90
XL	73,00 - ∞

3.5.3 Blutentnahme

In der 30., 49. und 69. Lebenswoche (*München*) bzw. in der 29., 50. und 70. Lebenswoche (*Kitzingen*) wurde von jeweils 60 Tieren pro Anlage, je 30 Tiere beider Legelinien, Blut gewonnen, um anschließend den Hämatokrit- und Hämoglobinwert zu bestimmen sowie Serum für weiterführende Untersuchungen zu gewinnen. Mögliche Blutentnahmestellen waren hierbei die *Vena jugularis dextra* sowie bei Bedarf die *Vena ulnaris* beider Flügel (siehe Abb. 17).



Abbildung 17: Blutabnahme an der *V. jugularis dextra* bei einer Henne der Legelinie LSL; mit der linken Hand Fixierung des Halses, Scheiteln der Federn und Anstauen der Vene, mit der rechten Stich in die Vene mit einer Neolus ® Einmalkanüle (Größe 20 G, Terumo Deutschland GmbH, Eschborn, Deutschland) und Auffangen des Blutes in einem dafür vorgesehenen Serumröhrchen

Dabei wurden sowohl zwei Serum-Röhrchen (Serum Gerinnungsaktivator Probenröhre, SARSTEDT AG & Co, Nümbrecht, Deutschland), nach Entfernen der darin enthaltenen koagulationsfördernden Kügelchen, mit knapp 5 ml, als auch ein EDTA-Röhrchen (Hämatologie-Kalium EDTA Probenröhre, SARSTEDT AG & Co, Nümbrecht, Deutschland) mit knapp 1 ml Blut gefüllt.

Das gerinnungsgehemmte Blut aus dem EDTA-Röhrchen wurde anschließend sofort zur Hämatokrit- und Hämoglobinbestimmung verwendet, das Blut aus den Serumröhrchen hingegen wurde zunächst zentrifugiert (Standzentrifuge Heraeus® Multifuge® 4KR, Thermo Scientific, Langenselbold, Deutschland), das gewonnene Serum abpipettiert, mithilfe einer Pufferlösung (PBS- phosphate buffered saline) auf 1:10 vorverdünnt und schließlich für die weitergehenden Untersuchungen bei -18 Grad Celsius eingelagert.

Zusätzlich zu den geplanten Blutentnahmetermenen des Verbundprojektes wurde in München bei der Einnistung von insgesamt 60 Tieren (30 LSL und 30 LB) aus der Anlage Salmest (Anlage C) Blut gewonnen (Baseline) um Vergleichswerte zu den nachfolgenden Untersuchungsterminen zu gewinnen. Dies erfolgte aus rein diagnostischen Gründen.

3.5.4 Bonitur

In den gleichen Zeiträumen, in denen auch die Blutabnahme durchgeführt wurde, wurde bei dreißig Prozent aller Legehennen, das heißt bei 354 Tieren in München und bei 480 Tieren in Kitzingen eine Exterieurbeurteilung, modifiziert nach einem Scoringssystem von LayWel (2006), durchgeführt. Nach einer Einzelwiegung (Plattformwaage STB 10K 1NIP mit Terminalauswertegerät KMN-TM, Kern & Sohn GmbH, Balingen-Frommern, Deutschland) der zu untersuchenden Legehenne wurde zunächst der Gesamteindruck dieser beurteilt. War dieser in Ordnung bekam die Henne eine ,0', war dieser schlecht, bekam sie eine ,1'. Anschließend wurde der Kamm begutachtet. War dieser ohne Veränderungen wurde eine ,0' vergeben, bei krustigen Veränderungen eine ,1', bei frischen, blutigen Veränderungen eine ,2' (siehe Abb. 18).

Daraufhin wurde der Gefiederqualität unterschiedlicher Körperregionen jeweils eine Note gegeben, wobei eine höhere Note einen besseren Zustand indizierte (siehe Tab. 8). Einzige Ausnahme war hier die Befiederung des Kopfes, die bei Vollständigkeit mit einer ‚0‘, bei Beschädigung oder Fehlen mit einer ‚1‘ bezeichnet wurde (siehe Abb. 19). Der übrige Hennenkörper wurde zur Gefiederbeurteilung in die Körperregionen Hals, Flügel, Schwanz, Brust, Abdomen und Rücken unterteilt (siehe Abb. 20). Welche Benotung, wann vergeben wurde, wird aus Tabelle 8 ersichtlich (Beispiele hierfür siehe Abb. 21).



Abbildung 18: Kamm der Note ‚1‘



Abbildung 19: Kopfbefiederung der Note ‚1‘

Tabelle 8: Befiederungsnoten nach LayWel (2006) und deren Bedeutung mit Definitionen

Note	Gefiederzustand
4	sehr gutes, vollständiges Gefieder mit keinen oder nur wenigen abgenutzten oder deformierten Federn; Schwingen ≤ 5 Federn beschädigt; Schwanz ≤ 5 Federn beschädigt
3	Haut noch komplett oder nahezu komplett mit Federn bedeckt; Kahlstelle $< 5 \text{ cm}^2$; Schwingen: ca. 6-10 Federn beschädigt; Schwanz 6-10 Federn beschädigt
2	stark beschädigte Federn u./o. federlose Stellen; Kahlstelle $\geq 5 \text{ cm}^2$ (bis 75% federlos); Schwingen: ca. 11-15 Federn beschädigt; Schwanz: 9-12 Federn stark beschädigt
1	gravierende Gefiederschäden mit keinen oder nur wenigen mit Federn bedeckten Stellen; Kahlstelle $> 5 \text{ cm}^2$ und überwiegend kahl ($> 75\%$ federlos) bis zu komplett federlos; Schwingen: ca. ≥ 16 Federn beschädigt bzw. nahezu vollkommen federlos Schwanz: > 13 Federn stark beschädigt bzw. nahezu vollkommen federlos

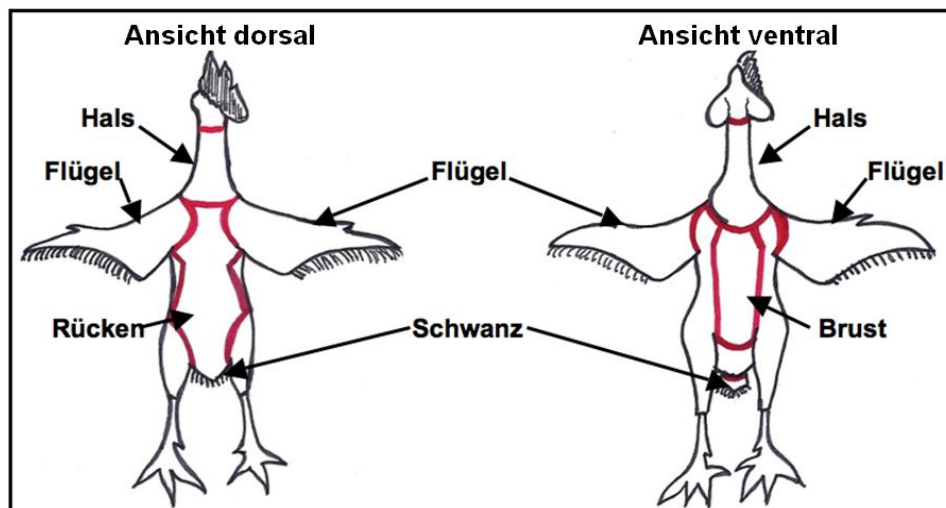


Abbildung 20: Einteilung der Körperregionen zur Gefiederbeurteilung; links Hennenkörper von dorsal, rechts von ventral [Skizze von Sandra Mayr nach LayWel (2006)]



Abbildung 21: Einige Beispiele für die unterschiedlichen Benotungsmöglichkeiten bei der Gefiederbeurteilung; hier die Region ‚Brust‘; von links oben beginnend im Uhrzeigersinn: Note ‚4‘, ‚3‘, ‚2‘, ‚1‘ (Erläuterungen siehe Tabelle 8)



Abbildung 22: Beispiele für die Bewertung der Sohlenballen, von links nach rechts: ohne Epithelläsion oder Hyperkeratose/ mit geringgradiger Hyperkeratose des Sohlenballens der Note ‚0‘/ mit hochgradiger Hyperkeratose der Note ‚1‘/ mit Epithelläsion am Fußballen der Note ‚2‘ (> 2 mm)

Nach Beurteilung des Gefieders wurde das Brustbein palpiert und ebenso benotet. Hier konnte man die Noten ,4' bis ,2' vergeben, wobei hier vor allem auf das Vorkommen möglicher s-förmiger Verkrümmungen, auf Veränderungen in der Struktur oder auf das Auftreten von dorsoventralen Stauchungen geachtet wurde. Bei der höchsten Note waren keine pathologischen Abnormalitäten erkennbar, die Note ,3' entsprach einer geringgradigen Abweichung, wohingegen die Note ,2' eine starke Abweichung in Form und Struktur bedeutete und hierbei eventuell sogar eine Knochenzubildung palpierbar war. Zudem wurde notiert, ob eine Aufbiegung der Brustbeinspitze nach dorsal vorhanden war.

Anschließend wurde der Hennenkörper auf Unterbrechungen der Haut untersucht. Zu den Körperregionen, die bereits bei der Gefiederqualität berücksichtigt wurden, wurde hier der Kamm, die Kloake und die Ständer hinzugefügt. Gab es hier keine Verletzungen wurde die Note ,0' vergeben, war diese bereits verkrustet und in Abheilung vergab man die Note ,1', bei frischen Verletzungen die Note ,2'.

Schließlich wurden die Füße auf pathologische Veränderungen untersucht. Zum einen wurden eventuell vorkommende Hyperkeratosen von Sohlen- und Zehenballen, zum anderen mögliche Epithelläsionen dieser beurteilt. Füße, die keine oder nur geringe hyperkeratotische Veränderungen aufwiesen, wurden mit einer ,0' benotet, Füße mit mittel- bis hochgradigen Hyperkeratosen mit einer ,1'. Bei den Epithelläsionen wurden die Noten ,4' bis ,1' vergeben. Eine ,4', wenn keine Läsionen vorhanden waren, eine ,3', wenn die Läsion oberflächlich und kleiner als 2 mm war, eine ,2', wenn diese größer als 2 mm und möglicherweise eine Schwellung sichtbar war und eine ,1', wenn der Fuß mit einer hochgradigen Läsion versehen und eine Schwellung von dorsal sichtbar war (siehe Abb. 22).

Zudem wurde die Krallenlänge der rechten, mittleren Zehe vermessen und alle Krallen auf Brüche untersucht (,0' ohne abgebrochene Krallen, ,1' mit abgebrochener Krallen; siehe Abb. 23)



Abbildung 23: Beispiele für unterschiedliche Längen an Krallen in den verschiedenen Anlagen (Bild rechts: farblich markiert für die Schlachtung, siehe unten)

3.5.5 Eiqualitätsuntersuchungen

München

Zusätzlich zu den bereits aufgeführten Untersuchungen wurden in der 30., 49. und 69. Lebenswoche (*München*) bzw. in der 29., 50. und 70. Lebenswoche (*Kitzingen*) pro Abteil zehn zufällig entnommene Eierproben gezogen, dementsprechend pro Untersuchungszeitpunkt jeweils 260 Proben in *München* und 420 Proben in *Kitzingen*. Diese wurden anschließend in dem Sektionsraum des Lehrstuhls für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der Ludwig-Maximilians-Universität untersucht. Untersuchungsparameter hierbei waren das Eigewicht (gemessen mit einer Waage der Firma Mettler (PE6/9, Mettler-Toledo GmbH, Gießen, Deutschland), die Eimaße (Länge und Breite) und die Eischalendicke, jeweils gemessen mit einer Schieblehre der Nord-Tools GmbH (Digitale Schieblehre, Anzeigengröße 6,75 mm, Nord-Tools GmbH, Raa-Besenbeck, Deutschland) sowie die Eischalenbruchfestigkeit, gemessen mit einer Apparatur nach RAUCH (siehe Abb.24). Hierzu wurde jeweils ein Ei zwischen zwei gegenüberliegende Metallringe gespannt, die so lange mit einer Kurbel gegeneinander geschoben werden konnten bis die Eierschale brach. An einer daran befestigten Messskala konnte die dafür aufgebrauchte Kraft in Kilopond abgelesen (siehe Abb. 24) und anschließend in Newton umgerechnet werden ($1 \text{ Newton} = 1 \text{ Kilopond} \times 9,81$).

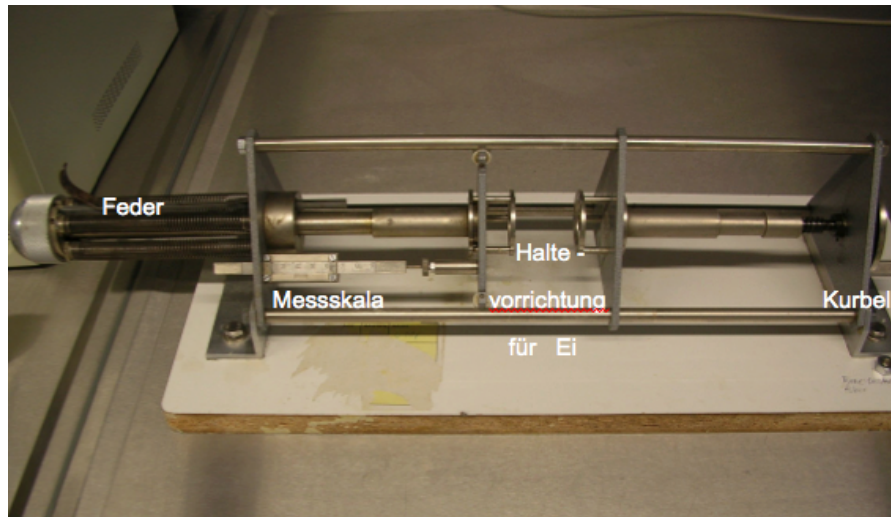


Abbildung 24: Apparatur nach RAUCH zur Messung der Eischalenbruchfestigkeit

Anschließend wurde das Eidotter vom Eiweiß separiert, kontrolliert, ob sich Fleisch- oder Blutflecken auf den Eidottern befanden, mit einer Einmalspritze (2-teilig, Luer, 1 ml, Henry Schein VET GmbH, Hamburg, Deutschland) aus jedem dieser 0,4 ml zur weiteren Verarbeitung in 3,6 ml Pufferlösung (PBS- phosphate buffered saline) verbracht und mithilfe des Laborrüttlers Vortex-Genie® 2' (Scientific Industries Inc., New York, USA) miteinander vermischt, was einer Probenverdünnung von 1:10 entsprach. Daraufhin konnte die Probe bei -18°C bis zur weiteren Untersuchung eingelagert werden.

Kitzingen

In der 29., 50. und 70. Lebenswoche der Legehennen wurden zusätzlich von den Anlagen in München je zwei Tagesgelege nach Kitzingen verbracht und auch hier diverse Eiqualityparameter genauer untersucht. Nach Käfigen unterteilt wurden zunächst die Eigewichte erfasst (Elektronische Präzisionswaage, 470-46, Kern & Sohn GmbH, Balingen-Frommern, Deutschland), anschließend die Bruchfestigkeit der Eierschalen (Bruchfestigkeitsmessgerät zur Messung der Stabilität von Schaleneiern, FUTURA- Werner Fürste, Lohne, Deutschland) und die Eiklarhöhen (Eiklarhöhenmessgerät mit elektronischem Wegaufnehmer, FUTURA). Hierbei konnten zudem etwaige Veränderungen des Eidotters

(Fleisch- und/ oder Blutflecken) festgestellt werden. Von den Eierschalen wurden zudem die jeweiligen Dicken gemessen (Digitale Mikroschraube zur Feststellung der Schalendicke, FUTURA). Über das Eigewicht und die Eiklarhöhe konnten außerdem mithilfe eines FUTURA Datensammlers die Haugh-Units bestimmt werden $[HU = 100 \times \log(h - 1,7w^{0,37} + 7,6)]$; mit h = Eiklarhöhe und w = Eigewicht].

3.5.6 Bestimmung von Blutparametern

3.5.6.1 Hämatokritbestimmung

Zur Hämatokritbestimmung wurde das mit Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) versetzte und somit gerinnungsgehemmte Legehennenvollblut verwendet. Das Blut wurde in eine Mikro-Hämatokrit-Kapillare (50 µl, Brand GmbH + Co KG, Wertheim, Deutschland) aufgesogen, ein Ende dieser mit Kitt verschlossen und die Kapillare mit dem Kittstopfen nach außen in die Zentrifuge (Sigma 1-14, Sigma Laborzentrifugen GmbH, Osterode am Harz, Deutschland und MIKRO 22R, Andreas Hettich GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland) eingelegt. Bei einer relativen Zentrifugalbeschleunigung von 6080 g (g = Erdbeschleunigung) wurde das Blut für drei Minuten zentrifugiert. Hierbei trennten sich die schwereren roten Blutkörperchen (unten) von den Plasmabestandteilen (oben) und mithilfe einer Schablone konnte nun der Hämatokrit in Prozent abgelesen werden.

3.5.6.2 Hämoglobinbestimmung

Für die Hämoglobinbestimmung benötigte man ebenso das durch EDTA gerinnungsgehemmte Blut. Dieses wurde mit einer Hämoglobinreaktionslösung (Hämoglobincyanid, Hämoglobin FS, DiaSys Diagnostic Systems GmbH, Holzheim, Deutschland) im Verhältnis von 1 : 250 vermischt und in einer Küvette in ein Spektralphotometer (Genesys 10S UV-Vis, Thermo Electron Scientific Instruments, Madison, WI, USA) verbracht, wobei eine Küvette, die nur mit Reaktionslösung befüllt wurde, als Vergleich dienen sollte. Das Hämoglobin in den jeweiligen Proben reagierte nun mit dem in der Reaktionslösung enthaltenen Kaliumhexacyanoferrat (III) zu Methämoglobin, welches anschließend mit

Kaliumcyanid in Hämiglobincyanid überführt wurde. Bei den photometrischen Messungen der Extinktionen (Wellenlänge 546 nm) wurden nun die der Proben mit der Extinktion der nur mit Reaktionslösung gefüllten Küvette verglichen, wobei diese den Nullwert bestimmte. Durch die jeweilige Multiplikation der Extinktion mit 22,8 konnte man die Hämoglobinkonzentration der jeweiligen Probe in mmol/ l ausrechnen.

3.5.6.3 *Calcium- und Phosphorbestimmung*

Im Gegensatz zu den vorherigen Analysen wurde hier Blutserum verwendet. Sowohl die Calcium- als auch die Phosphorbestimmung basierten auf einem photometrischen Farbtest, welcher vollautomatisch mit dem Analysegerät Olympus AU 400 (Olympus Diagnostica GmbH, Hamburg, Deutschland) durchgeführt wurde.

3.5.6.4 *IgY-Bestimmung*

Sowohl die eingelagerten Serum- (n = 900), als auch die Dotterproben (n = 2040) wurden anschließend auf ihren Gehalt an IgY-Antikörpern untersucht. Hierbei bediente man sich des Systems des Sandwich-ELISAs (Enzyme-linked immunosorbent Assay). Das dem zu findenden Antikörper kongruente Antigen wird an eine Platte gebunden, etwaige noch freie Bindungsstellen der Platte werden mit einer anderen Substanz blockiert und schließlich die Proben aufgetragen. Anschließend wird ein Konjugat hinzugegeben, das den gesuchten Stoff erkennt und diesen mit einem Enzym markiert. Zuletzt wird eine enzymatische Farbreaktion in Gang gesetzt, diese kontrolliert gestoppt und schließlich die Farbreaktion photometrisch gemessen. Das Ergebnis spiegelt dann die Konzentration der in der Probe enthaltenen gesuchten Substanzen wieder.

Im Speziellen wurden zunächst die Probenvertiefungen einer transparenten 96-Well-ELISA Microplatte mit Rabbit-anti-Huhn-IgY Antigen (Anti-Chicken IgY antibody produced in rabbit, Sigma-Aldrich GmbH, Steinheim, Deutschland) beschichtet und über Nacht bei 4°C inkubiert. Anschließend wurde jede Platte mit einer PBS-Tween Pufferlösung in einem BioTek EL 405R Select Washer (BioTek Instruments GmbH, Bad Friedrichshall, Deutschland) gewaschen und in

einem weiteren Schritt mit in PBS gelöstem einprozentigen Magermilchpulver blockiert. Nach einer einstündigen Ruhezeit im Inkubator bei 37°C wurden die Platten erneut gewaschen. Währenddessen wurden die bereits auf 1:10 vorverdünnten Proben aufgetaut und in zwei weiteren Schritten auf 1:10 000 weiter verdünnt. Die Microplatte an sich verfügte horizontal über eine Reihe von 12 Probenvertiefungen (1-12), vertikal über acht Vertiefungen (A-H, siehe Abb. 25). In jede der Probenvertiefungen, außer der Reihe A/ Position 2-12, wurden anschließend zunächst 50 µl Pufferlösung (PBS) pipettiert. In die Reihe A wurden auf Position 2 bis 5, sowie 8 bis 12 je 100 µl der vorbereiteten, verdünnten Proben aufgetragen. In die Vertiefung 1 wurde keine Probe pipettiert, diese Reihe fungierte als sogenannter ‚Blank‘. Auf Position 6 wurden 100 µl einer Pufferlösung, die mit industriell hergestelltem Hühner-IgY-Standard vermischt war, pipettiert, auf Position 7 dieselbe Menge eines bereits aus einem vorherigen Versuch gewonnenen Pools, der als Kontrolle dienen sollte. Um nun eine Verdünnungsreihe der Proben erstellen zu können, wurden jeweils 50 µl einer jeden Probenvertiefung aus Reihe A (außer Position 1) mit der Pufferlösung der Reihe B vermischt und daraus wieder je 50 µl mit der Pufferlösung aus der nächstfolgenden Reihe. Aus der letzten Reihe H wurden schließlich 50 µl verworfen, so dass sich in jeder Probenvertiefung 50 µl Flüssigkeit befanden. Nach einstündiger Inkubation bei 37°C wurden die Platten erneut gewaschen. Schließlich wurde in jede Probenvertiefung je 100 µl einer mit Rabbit-anti-Huhn-IgY-Peroxidase angereicherten Pufferlösung (Konjugat mit Enzymmarkierung) pipettiert. Die Platten wurden erneut inkubiert (1 h bei 37°C), gewaschen und anschließend mit warmem Tetramethylbenzidin-Puffer (TMB-Puffer), gemischt mit reinem TMB und Wasserstoffperoxid (H₂O₂), aufgefüllt (100 µl pro Vertiefung). Das Enzym der Peroxidase (POD) spaltete nun das H₂O₂ und der frei gewordene Sauerstoff konnte daraufhin das chromogene TMB oxidieren, wodurch es bei einem korrekten Ablauf der Reaktion im Dunkeln zu einer blauen Verfärbung der Probenflüssigkeiten kam. Die Reaktion wurde zehn Minuten später mit Hilfe von 50 µl Schwefelsäure (H₂SO₄, Konzentration 1 molar) pro Probenvertiefung gestoppt. Hierbei kam es zu einem

Farbumschlag von blau nach gelb. Zum Schluss wurde der Grad der Verfärbung mithilfe eines ELISA- Readers (Gen5™1.07, BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT, USA) photometrisch gemessen (Wellenlänge 450 nm / Referenzwellenlänge 595 nm) und aus Standard und Blank mithilfe eines Computerprogrammes (Gen5™ Datenanalysesoftware, BioTek Instruments, Inc., Vermont, USA) die jeweilige Konzentration an Immunglobulinen in mg/ ml errechnet.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A					S							
B	B		P		T		P					
C	L		R		A	P		R				
D	A		O		N	O			O			
E	N		B		D	O				B		
F	K		E		A	L					E	
G			N		R							N
H					D							

Abbildung 25: Draufsicht auf eine 96-Well-ELISA Microplatte mit Probenanordnung (NUNC MaxiSorp™ flat-bottom 96 well plate, transparent, eBioscience, Inc., San Diego, CA, USA)

3.5.7 Medizinische Behandlungen während der Legeperiode

Während des dritten Versuchsdurchgangs war die Notwendigkeit einer medizinischen Versorgung gegeben.

München

In der Anlage Salmes wurde aufgrund eines zweimaligen Nachweises von Salmonellen in einer Sammelkotprobe (*S. montevideo*) mit Agrocid Super® (CID LINES N.V., Ieper, Belgien) behandelt, wobei fünf Tage hintereinander je 2 ml der Substanz in jeden Wasservorlaufbehälter (pro Ebene einer vorhanden) eingemischt wurde. Die Behandlung wurde sowohl im Februar als auch nochmals im Juli 2011 durchgeführt. Ebenso

war der Befall mit der roten Vogelmilbe im Juli 2011 so stark, dass man sich zu einer Behandlung mit dem Insektizid/Biozid Elector[®] (Wirkstoff Spinosad, Klasse der Spinosyne) der Elanco Animal Health, Abteilung der Lilly Deutschland GmbH, Bad Homburg entschied. Eine 0,85 % Lösung wurde hierbei auf die Stalleinrichtung aufgesprüht.

In der Anlage Specht wurde im Juli 2011 wegen eines starken Milbenbefalls eine Behandlung mit einer 0,85 %-igen Elector[®]-Lösung durchgeführt, welche Ende des Monats nochmals mit einer 1,71 %-igen Lösung wiederholt wurde. In einem weiteren Abstand von zwei Wochen fand eine erneute Behandlung mit der höher konzentrierten Lösung statt.

In der Big Dutchman Voliere wurde Anfang Juli 2011 einmalig mit einer 0,85 %-igen Elector[®] Lösung gegen die rote Vogelmilbe behandelt.

Aufgrund der ab dem zweiten Legedurchgang von allen Projektpartnern festgelegten Abbruchkriterien wurden drei der Abteile bereits vorzeitig aus dem Versuch genommen und die darin übrig gebliebenen Tiere ausgestellt (siehe Tab. 9). Diese Abbruchkriterien beinhalteten zum einen, dass ein Abteil aus der Wertung genommen wurde, wenn die Mortalität der Legehennen in dieser Sektion innerhalb von zehn Tagen 15 % überschritt, zum anderen, dass ein Abteil aus der Versuchswertung genommen wurde, wenn die Mortalität dieser Sektion innerhalb eines Durchgangs mehr als 30 % betrug.

Tabelle 9: Ausgestallte Abteile der Anlage Specht mit jeweiligem Zeitpunkt der Entnahme und Zahl der entnommenen Tiere (Verluste > 30 %)

Specht Stallabteil	Legelinie	Ausstellungszeitpunkt	Anzahl entnommene Tiere
4 unten	LSL	Mai 2011	26
5 oben	LSL	Juli 2011	25
2 unten	LSL	August 2011	24

Kitzingen

In Kitzingen wurden ebenso drei Abteile der Anlage Salmes wegen der oben aufgeführten Abbruchkriterien aus dem Versuch genommen (siehe Tab. 10).

Tabelle 10: Ausgestallte Abteile der Anlage Salmes mit jeweiligem Zeitpunkt der Entnahme und Zahl der entnommenen Tiere (Verluste > 30 %)

Salmes Stallabteil	Legelinie	Ausstellungszeitpunkt	Anzahl entnommene Tiere
5	LSL	Januar 2011	22
22	LSL	Mai 2011	19
2	LSL	Juli 2011	23

In den Anlagen C bis E wurden alle verstorbenen, alle aufgrund einer Krankheit euthanasierten, sowie alle Legehennen, die wegen Verletzungen aussortiert und vergeben wurden, als verstorben gewertet und somit in die Mortalitätsraten mit einberechnet.

3.5.8 Schlachtung der Tiere

München

In der 69. Lebenswoche wurden jeweils zehn Prozent eines jeden Käfig- bzw. Volierenabteils während der Bonitur beliebig zur Schlachtung ausgewählt und mit einem farbigen Fußring markiert. Das entsprach einer Gesamtzahl von 106 zu schlachtenden Legehennen (53 Tiere der Legelinie LSL, 53 Tiere der Legelinie LB), wobei 30 Tiere aus der Anlage Salmes stammten, 36 aus der Anlage Specht und 40 aus der Big Dutchman Voliere.

Kitzingen

Hier wurden ebenso zehn Prozent der Tiere beliebig zur Schlachtung ausgewählt und mit einem farbigen Fußring markiert, jedoch erst in der 70. Lebenswoche. Insgesamt kam man hier auf eine Zahl von 141 zu schlachtenden Tieren. Aus jedem Abteil der Anlage Big Dutchman entnahm man somit vier Tiere und kam hier auf 72 Stück, jeweils zur Hälfte LSL und LB. In der Anlage Salmes wurden jeweils drei Tiere pro Abteil entnommen, wegen der ausgestallten Käfige aus sechs Käfigen jeweils ein zusätzliches Tier, so dass man hier auf 69 zu schlachtende Tiere kam, 30 Tiere der Legelinie LSL, 39 der Legelinie LB.

Bei der Schlachtung an sich wurde jedes Tier mit Kopfschlag betäubt und daraufhin ein Schnitt am Hals gesetzt um die dort befindlichen Gefäße zu eröffnen. Um ein Ausbluten der Tiere zu gewährleisten wurden diese anschließend kopfüber in einen Schlachtrichter eines Schlachtrondells verbracht. Nach Eintritt des Todes wurde das Abdomen eröffnet und zunächst der Leberverfettungsgrad beurteilt (siehe Tab. 11).

Tabelle 11: Beurteilung der Leber nach ihrem Verfettungsgrad [Friedrich-Löffler-Institut (FLI) Celle- Institut für Tierschutz und Tierhaltung, 2008]

Benotung Leber	Verfettungsgrad Leber
4	keine Verfettung, makroskopisch unveränderte Leber
3	geringgradige Verfettung
2	mittelgradige Verfettung
1	hochgradige Verfettung

Anschließend wurde die Leber zusammen mit der Milz entnommen und das jeweilige Einzelgewicht beider Organe mithilfe einer Waage der Firma OHAUS CORPORATION, Parsippany, NJ, USA (Edelstahlplattformwaage der Serie 3000 mit T31P Anzeigegerät) ermittelt, wobei die Gallenblase zunächst von der Leber entfernt wurde. Für weitere Analysen wurden zudem *Humerus* und *Tibia* beider Körperseiten entnommen. Bei der Freipräparation des *Humerus* wurde zunächst ein Schnitt am Ellenbogengelenk gesetzt, etwaige Bänder durchtrennt, der *Humerus* von seiner *Extremitas distalis* zu seiner *Extremitas proximalis* weitestgehend von Muskeln und Sehnen befreit und schließlich nach Durchtrennen von Bändern an der Schulter herausgelöst. Ähnlich verfuhr man mit der *Tibia*. Hier wurde entsprechend ein Schnitt am Knie gesetzt, die Kniebänder durchtrennt, die *Tibia* von ihrer *Extremitas proximalis* zur *Extremitas distalis* von Muskeln und Sehnen befreit und schließlich auch hier, nach Durchtrennen der Bänder am Fußwurzelgelenk, herausgelöst. Beide Knochen wurden anschließend weitestgehend von etwaigen Muskel- und Sehnenresten befreit und die rudimentäre Fibula von der *Tibia* entfernt. Mit der Schlachtnummer des Tieres versehen wurden diese in Zellstoff verpackt, mit 0,9 - prozentiger Kochsalzlösung [9 g Natriumchlorid (AppliChem GmbH, Darmstadt, Deutschland, molare Masse 58,44 g/mol)

gelöst in 1000ml Reinstwasser (H₂O, molare Masse 18,02 g/mol)] befeuchtet und schließlich bis zur Untersuchung bei -18° Celsius eingefroren.

3.5.9 Knochenmaße und Knochenbruchfestigkeit

Die in der Schlachtung entnommenen Humerus- und Tibiaknochen wurden schließlich in dem Sektionsraum des Lehrstuhls für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der Ludwig-Maximilians-Universität untersucht. Hierfür wurden die jeweils mit der Schlachtnummer versehenen Tibia- und Humeruspaare (rechte und linke Seite) eines jeden Tieres schonend aufgetaut und jeweils nach rechter und linker Seite sortiert (siehe Abb. 26 und 27). Um eine anschließende Austrocknung dieser zu vermeiden wurden sie kontinuierlich mit einer 0,9 - prozentigen Kochsalzlösung [9 g Natriumchlorid (AppliChem GmbH, Darmstadt, Deutschland, molare Masse 58,44 g/mol) gelöst in 1000 ml Reinstwasser (H₂O, molare Masse 18,02 g/mol)] befeuchtet.

Mithilfe einer Schieblehre der Nord Tools GmbH (Digitale Schieblehre, Anzeigengröße 6,75 mm, Nord-Tools GmbH, Raa-Besenbeck, Deutschland) wurde nun jeweils die Länge (bei den *Humeri* jeweils vom *Caput humeri* der *Extremitas proximalis* zum *Condylus ventralis* der *Extremitas distalis*, bei den *Tibiae* jeweils von der *Facies articularis medialis* der *Extremitas proximalis* zum *Condylus medialis* der *Extremitas distalis*), die Breite (laterolateral in der Mitte der Knochenröhre) und die Höhe (craniocaudal in der Mitte der Knochenröhre) eines jeden Knochens in Millimeter bestimmt. Danach ermittelte man die Bruchfestigkeit der jeweiligen Knochen, wozu man eine ProLine Tischprüfmaschine Z 005 des Herstellers Zwick Roell (Zwick GmbH & Co KG, Ulm, Deutschland) mit einer Dreipunkt-Biege-Prüfeinrichtung nach ISO178 verwendete. Hierbei wurde der Knochen mit seinen jeweiligen Enden auf zwei metallische Auflageflächen (Aufleger) gelegt, Tibiaknochen mit einem Abstand der Aufleger von 90 mm, Humerusknochen in einem Abstand der Aufleger von 40 mm (siehe Abb. 28 und 29), mit dem jeweiligen Kondylus des Knochens nach rechts unten.



Abbildung 26: Anordnung der Knochen nach Schlachtnummer auf dem Sektionstisch, befeuchtet mit 0,9-prozentiger Kochsalzlösung und zugedeckt mit Zellstoff



Abbildung 27: Präparierte *Tibiae* und *Humeri* beider Körperseiten eines geschlachteten Tieres

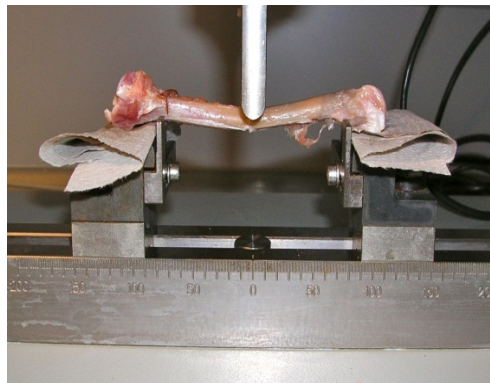


Abbildung 28: *Tibia* einer linken Körperseite auf den metallischen Auflegern der Biege-Prüfeinrichtung (ProLine Tischprüfmaschine Z 005, Zwick Roell, Zwick GmbH & Co KG, Ulm, Deutschland) mit dem von oben herabkommenden Biegestempel (Kaudalseite nach oben)

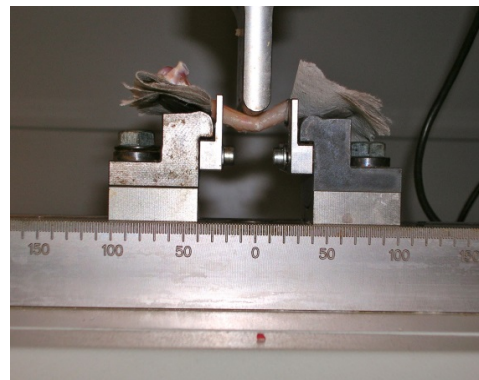
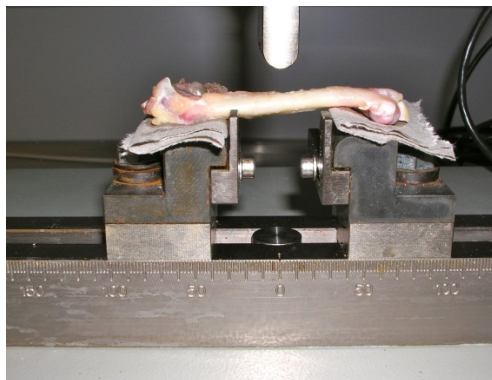


Abbildung 29: *Humerus* einer linken Körperseite auf den metallischen Auflegern der Biege-Prüfeinrichtung (ProLine Tischprüfmaschine Z 005, Zwick Roell, Zwick GmbH & Co KG, Ulm, Deutschland, Kaudalseite nach oben, links kurz vor dem Brechen, rechts während des Brechens)

Nun wurde ein sogenannter Biegestempel mit einer Vorkraft von 5 N, einer Vorkraftgeschwindigkeit von 50 mm/ min und einer Prüfgeschwindigkeit von 30 mm/ min elektronisch gesteuert auf den Knochen hinab bewegt bis dieser brach. Die jeweilige maximale Kraftaufwendung (F_{\max} in Newton) wurde über die Prüfsoftware testXpert® V 11.0 (Zwick GmbH & Co KG, Ulm Deutschland) dokumentiert. Ebenso konnte hierbei die maximale Knochendehnung sowie die Knochenbruchhöhe in Millimeter ermittelt werden.

Um einen besseren Überblick über die angewendeten Methoden, die jeweiligen Zeiträume und die jeweiligen Anlagen, in denen die spezifischen Untersuchungen stattgefunden haben, zu erhalten, wird dies im Folgenden noch einmal in zwei verschiedenen Tabellen aufgeführt (siehe Tab.12 und 13).

Tabelle 12: Zusammenfassung über die Methoden, die zugehörigen Zeiträume und die Anlagen, in denen die Untersuchungen stattgefunden haben (UZR = Untersuchungszeitraum, KIT = Kitzingen, MUC = München)

Methoden	Zeitraum (Lebenswoche)	Anlagen
Erfassung Legeleistung	täglich (19.-69.)	A-E
Erfassung A- und B-Ware KIT	wöchentlich (19.-69.)	A-B
Erfassung A- und B-Ware MUC	täglich (19.-69.)	C-E
Erfassung Eigewichte MUC	zweiwöchig (25.-68.)	C-E
Eiqualitätsuntersuchungen	3 UZR (29./30.;49./50.;69./70.)	A-E
Untersuchung Tageslege/ Eiqualitätsuntersuchungen	3 UZR (34./50./69.)	C-E
Blutentnahme/ Bestimmung Blutparameter	3 UZR (29./30.;49./50.;69./70.)	A-E
Bonitur	3 UZR (29./30.;49./50.;69./70.)	A-E
Schlachtung	69./70.	A-E
Pathologische Untersuchung	69./70.	A-E

Tabelle 13: Eine Übersicht über die zeitliche Einordnung des Versuches bzw. der Legeperiode innerhalb des Jahres (LW = Lebenswoche, M = Monat, JZ = Jahreszeit, H = Herbst, W = Winter, F = Frühling, S = Sommer)

Versuchsdauer/ Legeperiode												
LW	19-23	23-27	27-32	32-36	36-40	40-44	44-49	49-53	53-57	58-62	62-66	66-70
M	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
JZ	H	W			F			S			H	

3.5.10 *Statistische Auswertung*

Zur statistischen Auswertung wurde das Programm IBM® SPSS® Statistics Version 20 verwendet, betreut wurde diese vom statistischen Beratungslabor (StaBLab) des Statistikinstituts der Ludwig-Maximilians-Universität München unter der Leitung von Prof. Dr. Küchenhoff.

Alle Daten wurden hierzu nach Stallanlage, Abteil, Legelinie und jeweiligem Datum aufgeschlüsselt, so dass eine Unterscheidung dieser in Bezug auf deren jeweilige Parameter stattfinden konnte.

Zur Berechnung der Unterschiede der jeweiligen Legeleistungen wurde ein verallgemeinertes lineares Modell nach Poisson loglinear verwendet. Hierbei stellte die abhängige Variable die Anzahl der gelegten Eier dar, die über eine logarithmische Verknüpfungsfunktion mit der jeweiligen Hühnerzahl verbunden war (offset = log durchschnittliche Hühnerzahl), mit der Legelinie und den jeweiligen Stallanlagen als Faktoren und den Lebenswochen als Kovariate. Da die Legeleistung in den ersten vier Lebenswochen noch anstieg, wurde die zusätzliche Variable ‚quadrierte Lebenswoche‘ als Kovariate mit in das Modell aufgenommen.

Die Signifikanzen der skalierten Parameter wurden nach einem gemischten Modell mit zufälligem Intercept für jedes Stallabteil berechnet, da man davon ausging, dass die jeweiligen Parameter der Legehennen eines Abteils korreliert waren. Hierbei wurde jede abhängige Variable nach Stallanlage, Legelinie (Faktoren) und Lebenswoche (Kovariate) unterschieden, wobei der zufällige Intercept ‚Stallabteil‘ eingefügt wurde. Betrug die Varianz des zufälligen Intercepts bei einem Parameter gleich null, so fand hier ein einfaches lineares Modell (univariate Varianzanalyse) mit der Stallanlage und der Legelinie als Faktoren sowie der jeweiligen Lebenswoche als Kovariate Verwendung.

Bei den kategorialen Variablen wurde dahingehend unterschieden, ob nur zwei Bewertungsmöglichkeiten vorhanden waren oder mehrere. Gab es nur zwei, so wurde ein binär logistisches verallgemeinertes Modell angewendet, wobei wieder nach den Faktoren Stallanlage und Legelinie, sowie nach der Kovariate Lebenswoche unterschieden wurde und eine

Referenzkategorie festgelegt werden sollte (,0' oder ,1'). Dieses Modell fand zum einen im Bereich der Eiqualität (Blutflecken/ Fleischnlecken), zum anderen im Bereich der Bonitur (Gesamteindruck/ Befiederung Kopf) Verwendung. Standen mehrere Bewertungsmöglichkeiten zur Verfügung, so wurde ein multinomial logistisches Modell mit den gleichen Rahmenbedingungen (Faktoren, Kovariate, Referenzkategorie) wie oben angewendet, um die jeweiligen Signifikanzen berechnen zu können. Dieses Modell wurde bei Parametern der Bonitur [Kamm/ Brustbeinveränderungen/ Fuß- und Zehenballen (Hyperkeratose/ Epithelläsionen)], sowie bei Parametern der Pathologie (Brustbeinstatus/ Leberverfettungsgrad) angewendet.

Um die Zusammenhänge zwischen Eischalendicke und Eischalenbruchfestigkeit, Calciumgehalt und Eischalendicke sowie Körpergewicht und Knochenbruchfestigkeit zu erläutern, wurde hier ein Korrelationskoeffizient berechnet. Da es sich hierbei um intervallskalierte, lineare, metrische Werte handelte wurde die Korrelation nach Pearson angewendet. Dieser Korrelationskoeffizient kann Werte zwischen minus eins und plus eins (-1;+1) annehmen. Entspricht dieser einem Wert von null, so besteht kein linearer Zusammenhang, je näher dieser einem Wert von plus oder minus eins kommt, desto mehr besteht ein linearer positiver oder negativer Zusammenhang. Als signifikant galten Irrtumswahrscheinlichkeiten (p-Werte) die kleiner als 0,05 waren.

4 Ergebnisse

Auf Wunsch der Herstellerfirmen, werden in dem folgenden Ergebnisteil nicht die Herstellernamen der jeweiligen Stallsysteme genannt. Anstelle jener finden hier die Bezeichnungen Anlage A bis E Verwendung.

Bei der statistischen Auswertung wurde bei jedem Parameter zunächst auf die Unterschiede der beiden Legelinien, dann auf die der fünf verschiedenen Anlagen eingegangen. Die statistischen Unterschiede der beiden Legelinien in den jeweiligen Anlagen werden hier nicht erläutert.

4.1 Leistungsparameter

4.1.1 *Legeleistung*

Die Legehennen beider Legelinien begannen in der Anlage A ihre Legetätigkeit (Legebeginn) in der 20. Lebenswoche (LW), wie auch die Legelinie LSL in der Anlage B und C. In der darauffolgenden LW konnte in allen Anlagen eine deutliche Steigerung der Legeleistung vernommen werden. Die Legehennen in den Anlagen A und B erreichten zu dieser Zeit schon 50 % ihrer Legeleistung, in der Anlage C und D geschah dies erst in der 22. und in der Anlage E erst in der 23. LW. Zwischen der 23. und 29. LW lag die Legeleistung bei der Legelinie LSL durchschnittlich zwischen 86,93 % ($\pm 0,99$ SEM) ($n = \text{Legetage} \times \text{Abteile}$, $n = 98$) in der Anlage E und 93,35 % ($\pm 0,24$ SEM) ($n = 588$) in der Anlage B, bei der Legelinie LB in der Anlage E durchschnittlich nur bei 81,34 % ($\pm 1,08$ SEM) ($n = 98$), in der Anlage B hingegen bei 94,94 % ($\pm 0,27$ SEM) ($n = 588$). Während die Legeleistung in den Anlagen A, C, D und E relativ konstant blieb, sank diese in der Anlage B um die 30. LW bei beiden Legelinien deutlich ab, bei der Legelinie LSL auf 84,90 % ($\pm 3,25$ SEM) ($n = 80$), bei der Legelinie LB auf 83,83 % ($\pm 3,66$ SEM) ($n = 83$). Dabei handelte es sich jedoch nur um ein kurzzeitiges Tief, denn in der darauffolgenden LW stieg die Legeleistung wieder auf ihr vorheriges hohes Maß an. Bis zur 58. LW blieb die Legeleistung allgemein auf einem relativ hohen Niveau, bei der Legelinie LSL durchschnittlich zwischen 87,75 % ($\pm 0,34$ SEM) ($n = 392$) in der Anlage E und 94,56 % ($\pm 0,23$ SEM) ($n = 588$) in der Anlage C, bei der Legelinie LB zwischen 78,88 % ($\pm 0,35$ SEM) ($n = 392$) ebenso in der

Anlage E und 93,98 % ($\pm 0,17$ SEM) ($n = 1176$) in der Anlage D. Von der 59. LW bis zum Ende des Versuches kam es allgemein zu einer Abnahme der Legeleistung in allen Anlagen und bei beiden Legelinien, wobei der Rückgang der Legeleistung bei der Legelinie LB deutlicher ausfiel als bei der Legelinie LSL (siehe Abb. 30). Hier gab es vor allem einen Rückgang in der Anlage E (siehe Abb. 31).

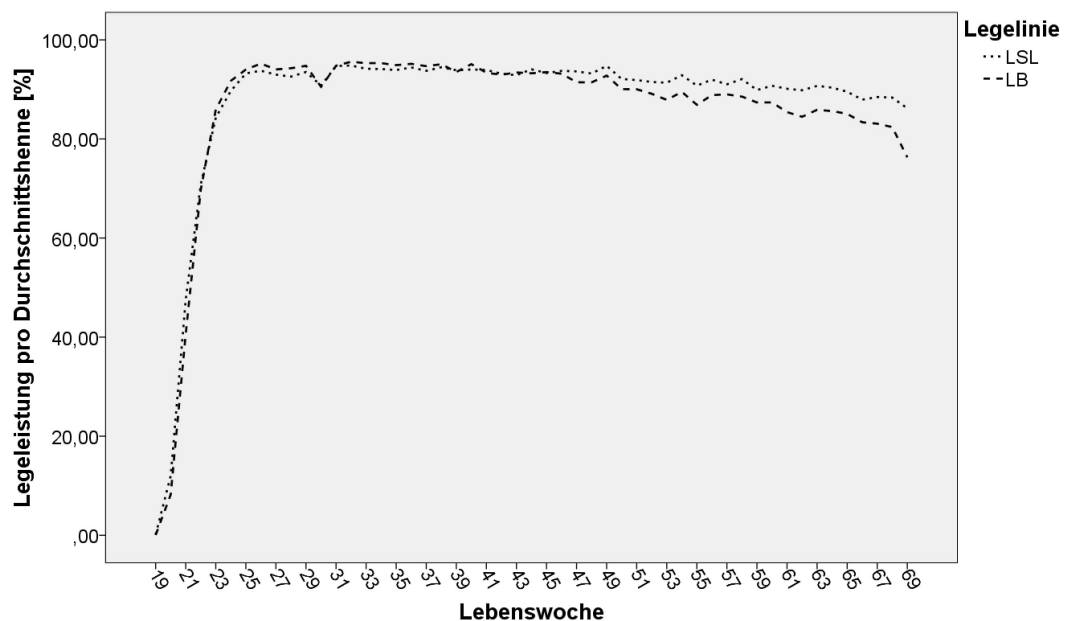


Abbildung 30: Die Legeleistung pro Durchschnittshenne in Prozent in Abhängigkeit der Legelinie und im zeitlichen Verlauf der Legeperiode, **Anlage A – E**, $n = \text{Legetage} \times \text{Abteile}$; LSL $n = 10357$ / LB $n = 11104$)

Die mittlere Legeleistung der Legelinie LSL betrug 87,07 % ($\pm 0,20$ SEM) ($n = 10357$), wobei hier ein signifikanter Unterschied zur Legelinie LB ($p < 0,001$) mit einer mittleren Legeleistung von 85,85 % ($\pm 0,20$ SEM) ($n = 11104$) bestand. Zwischen den Stallanlagen konnte ebenso ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p < 0,001$). In der Stallanlage A betrug die mittlere Legeleistung 87,93 % ($\pm 0,25$ SEM) ($n = 6191$), in der Anlage C 87,44 % ($\pm 0,46$ SEM) ($n = 2118$) gefolgt von der Anlage B mit einer Legeleistung von 87,12 % ($\pm 0,24$ SEM) ($n = 7806$). In der Anlage D konnte eine mittlere Legeleistung von 85,61 % ($\pm 0,35$ SEM) ($n = 3934$) und in der Anlage E eine mittlere Legeleistung von 76,95 % ($\pm 0,54$ SEM) ($n = 1412$) erzielt werden. Die Lebenswochen

hatten mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ ebenso Einfluss auf die Ausprägung der Legeleistung.

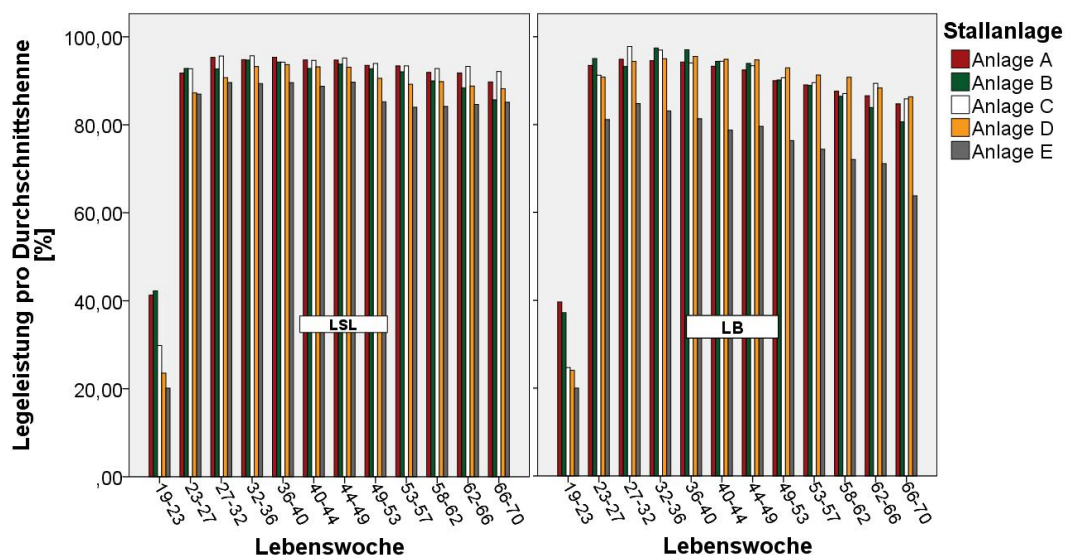


Abbildung 31: Die Legeleistung pro Durchschnittshenne im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Stallanlagen (**Anlage A – E**, Lebenswochen zusammengefasst in Monate); links Legelinie LSL, rechts Legelinie LB (n = Legetage x Abteile; Anlage A LSL n = 3095/ LB n = 3096, Anlage B LSL n = 3681/ LB n = 4125, Anlage C LSL n = 1059/ LB n = 1059, Anlage D LSL n = 1816/ LB n = 2118, Anlage E LSL n = 706/ LB = 706)

Tabelle 14: Die jeweilige mittlere Legeleistung über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Legetage x Abteile)

Stall-anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Legeleistung [%]				Legeleistung [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
A	3095	89,02	19,29	0,35	3096	86,85	19,55	0,35
B	3681	87,42	20,58	0,34	4125	86,86	21,55	0,34
C	1059	88,57	20,33	0,62	1059	86,32	21,64	0,67
D	1816	84,38	22,49	0,53	2118	86,66	21,52	0,47
E	706	81,38	20,59	0,77	706	72,52	19,18	0,72

4.1.2 Eiklassifizierung

Da die Anteile an Schmutz-, Knick-, Bruch- und Windeiern sowie der Anteil an Nesteiern in drei der fünf Anlagen ausführlich, das heißt täglich erfasst wurden, und in zwei Anlagen nur die Schmutz- und Knickeier einmal pro Lebenswoche, wird auf beide im Folgenden getrennt eingegangen.

Anteile an Schmutzeiern (Anlage C- E)

Kurz nach Beginn der Legeperiode lagen die Anteile an Schmutzeiern in der Anlage E bei 22,73 % ($\pm 3,66$ SEM) bei der Legelinie LSL und 30,03 % ($\pm 3,45$ SEM) bei der Legelinie LB (21. LW). In der Anlage C lag der Anteil zu dieser Zeit bei 4,67 % ($\pm 0,96$ SEM) bei der Legelinie LSL sowie 12,73 % ($\pm 2,39$ SEM) bei der Legelinie LB. In der Anlage D waren diese geringer [LSL 4,81 % ($\pm 1,27$ SEM); LB 8,07 % ($\pm 1,47$ SEM)]. In der Anlage C hielt sich der mittlere Anteil an Schmutzeiern bis zur 51. LW bei 1,36 % ($\pm 0,08$ SEM) bei der Legelinie LSL, sowie 0,97% ($\pm 0,07$ SEM) bei der Legelinie LB. Ab der 52. LW bis zum Ende des Versuches kam es hier zu einem Anstieg auf durchschnittliche 5,10% ($\pm 0,23$ SEM) bei der Legelinie LSL, bei der Legelinie LB auf 1,94 % ($\pm 0,13$ SEM). In der Anlage D lag der Anteil der Schmutzeier bis zur 48. LW bei 2,24 % ($\pm 0,12$ SEM) (LSL) sowie 1,29 % ($\pm 0,09$ SEM) (LB), stieg jedoch ab der 49. LW auf 22,34 % ($\pm 0,77$ SEM) bei der Legelinie LSL und 5,73 % ($\pm 0,26$ SEM) bei der Legelinie LB. In der dritten Anlage E sank der Anteil der Schmutzeier zwischen der 22. und 36. LW auf durchschnittliche 6,60 % ($\pm 0,38$ SEM) bei der Legelinie LSL und 15,29 % ($\pm 0,61$ SEM) bei der Legelinie LB. Bis zur 49. LW fiel der Anteil an Schmutzeiern hier geringer aus (6,59 % LSL; 7,63 % LB), stieg jedoch ab dieser wieder auf 11,45 % ($\pm 0,26$ SEM) bei der Legelinie LSL und 10,51 % ($\pm 0,39$ SEM) bei der Legelinie LB (Verlauf siehe Abb. 32 und 33).

Über die gesamte Legeperiode hinweg lag der mittlere Anteil an Schmutzeiern bei der Legelinie LSL bei 6,88 % ($\pm 0,19$ SEM), bei der Legelinie LB bei 4,32 % ($\pm 0,11$ SEM), wobei hier ein signifikanter Unterschied zu erkennen war ($p < 0,001$). Ebenso konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Stallanlagen ($p < 0,001$) bewiesen werden. Schließlich wurde zugleich ein deutlicher Einfluss auf die Schmutzeieranteile durch die Zeit nachgewiesen ($p < 0,001$).

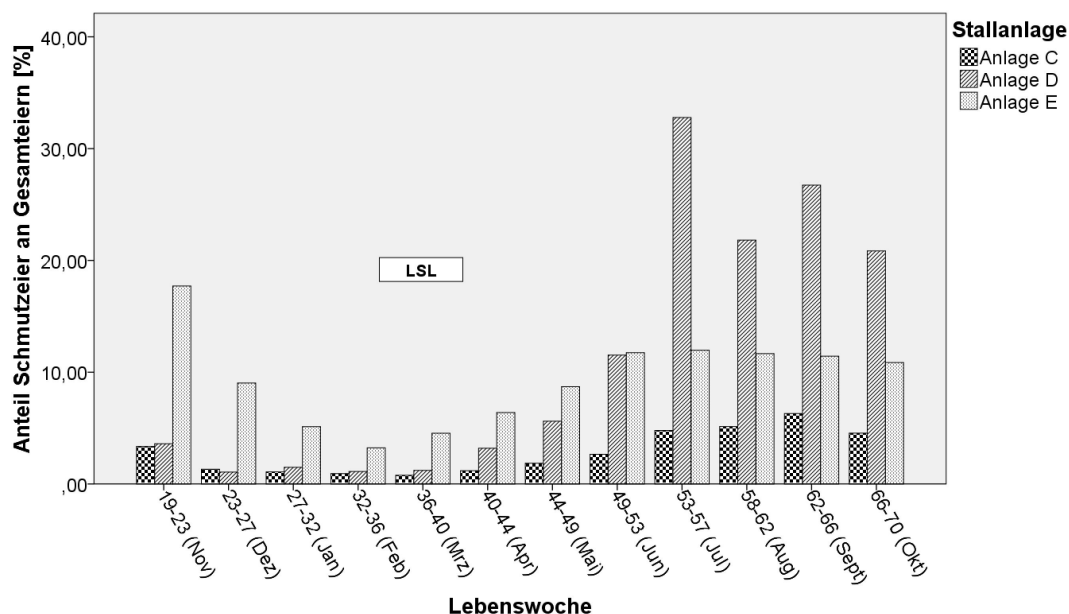


Abbildung 32: Die Anteile der Schmutzeier an den Gesamteiern im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (zusammengefasst in Monate), aufgeteilt nach Stallanlage bei der Legelinie LSL, **Anlage C - E** (n = Anzahl der Schmutzeier insgesamt; Anlage C n = 1259/Anlage D n = 4679/ Anlage E n = 4862)

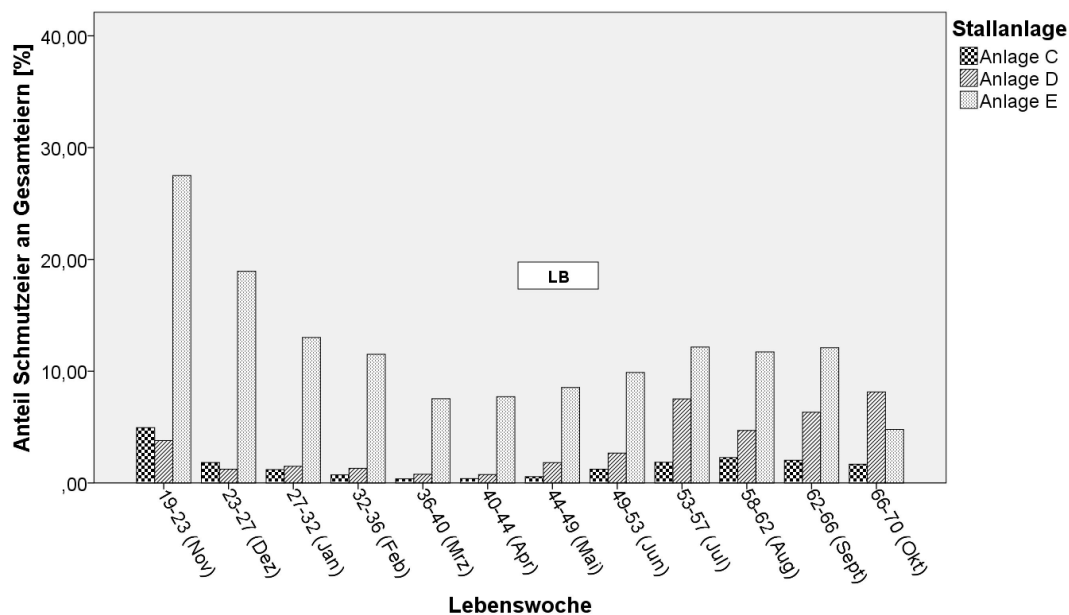


Abbildung 33: Die Anteile der Schmutzeier an den Gesamteiern im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (zusammengefasst in Monate), aufgeteilt nach Stallanlage bei der Legelinie LB, **Anlage C - E** (n = Anzahl der Schmutzeier insgesamt; Anlage C n = 611/Anlage D n = 2256/ Anlage E n = 5997)

Tabelle 15: Die jeweiligen Anteile an Schmutzeiern über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl untersuchter Eier)

Stall-anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Schmutzeier [%]				Schmutzeier [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
C	46327	2,70	3,51	0,11	44682	1,56	3,10	0,10
D	56786	8,54	14,18	0,34	72290	3,30	6,12	0,13
E	56265	8,94	6,94	0,26	52447	11,45	8,31	0,31

Anteile an Knickeiern (Anlage C- E)

Der mittlere Anteil an Knickeiern lag bei der Legelinie LSL bei 0,64 % ($\pm 0,02$ SEM), bei der Legelinie LB bei 1,10 % ($\pm 0,03$ SEM). Dieser Unterschied erwies sich als signifikant ($p < 0,001$). Über die gesamte Legeperiode hinweg war der durchschnittliche Knickeieranteil bei keiner Legelinie und keiner Stallanlage höher als 3,39 %. Die Anlage C hatte mit 0,76 % ($\pm 0,03$ SEM) den geringsten Knickeieranteil, gefolgt von der Anlage D mit einem Anteil von 0,92 % ($\pm 0,03$ SEM) und der Anlage E mit dem höchsten Knickeieranteil von 0,93 % ($\pm 0,04$ SEM). Hier wirkte sich der Anlagentyp ebenfalls signifikant auf die Knickeieranteile aus ($p = 0,005$). Die Schwankungen zwischen den unterschiedlichen Lebenswochen erwiesen sich als nicht signifikant ($p = 0,979$).

Tabelle 16: Die jeweiligen Anteile an Knickeiern über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl untersuchter Eier)

Stall-anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Knickeier [%]				Knickeier [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
C	46327	0,59	1,23	0,04	44682	0,93	1,60	0,05
D	56786	0,69	1,68	0,04	72290	1,13	2,29	0,05
E	56265	0,58	1,10	0,04	52447	1,27	2,01	0,08

Anteile an Brucheiern (Anlage C- E)

Bei der Legelinie LSL lag der durchschnittliche Anteil an Brucheiern bei 0,23 % ($\pm 0,01$ SEM), bei der Legelinie LB bei 0,49 % ($\pm 0,05$ SEM). Hier war ein signifikanter Unterschied erkennbar ($p < 0,001$). Die Anlage C hatte auch hier mit 0,14 % ($\pm 0,01$ SEM) den geringsten Brucheeranteil, diesmal gefolgt von der Anlage E mit 0,41 % ($\pm 0,08$ SEM) und der Anlage D mit 0,47 % ($\pm 0,04$ SEM). Die Anlagentypen beeinflussten auch hier die Anteile an Brucheiern signifikant ($p < 0,001$), wohingegen die Zeit oder die Lebenswochen keine signifikanten Auswirkungen auf die Höhe der Brucheeranteile hatten ($p = 0,784$).

Tabelle 17: Die jeweiligen Anteile an Brucheiern über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl untersuchter Eier)

Stall- anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Brucheer [%]				Brucheer [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
C	46327	0,08	0,49	0,02	44682	0,19	0,81	0,03
D	56786	0,35	1,13	0,03	72290	0,58	3,55	0,08
E	56265	0,17	0,50	0,02	52447	0,65	4,09	0,15

Anteile an Windeiern (Anlage C- E)

Der Anteil der Windeier überschritt in keinem der Anlagentypen, bei keiner Legelinie und über die gesamte Legeperiode hinweg 1 %. Bei der Legelinie LSL lag der mittlere Windeieranteil bei 0,07 % ($\pm 0,01$ SEM), bei der Legelinie LB war dieser geringgradig höher (0,30 % $\pm 0,02$). Dieser Unterschied erwies sich bei der statistischen Analyse als signifikant ($p < 0,001$). Den höchsten mittleren Windeieranteil hatte die Anlage E mit 0,25 % ($\pm 0,02$ SEM), den niedrigsten die Anlage C mit 0,15 % ($\pm 0,02$ SEM). Dazwischen lag mit 0,19 % ($\pm 0,01$ SEM) die Anlage D. Als ebenfalls signifikant stellten sich die Unterschiede zwischen den Anlagentypen heraus ($p = 0,001$). Die Windeieranteile wurden jedoch nicht signifikant von den unterschiedlichen Lebenswochen beeinflusst ($p = 0,584$).

Tabelle 18: Die jeweiligen Anteile an Windeiern über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl untersuchter Eier)

Stall- anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Windeier [%]				Windeier [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
C	46327	0,06	0,36	0,01	44682	0,25	0,97	0,03
D	56786	0,08	0,50	0,01	72290	0,29	0,99	0,02
E	56265	0,06	0,28	0,01	52447	0,43	0,83	0,03

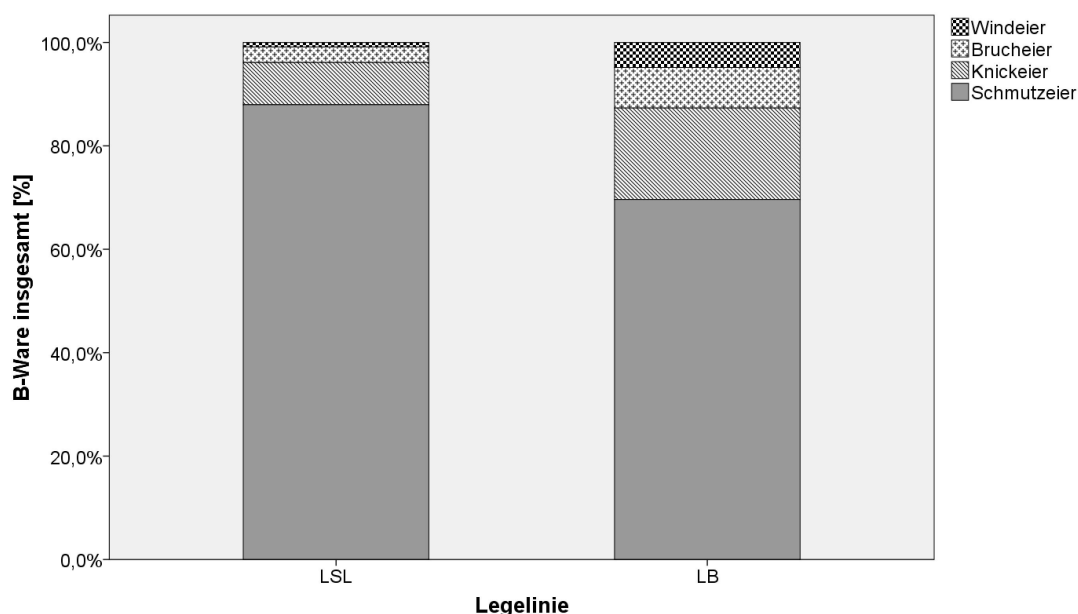


Abbildung 34: Ein Überblick über die Differenzierung der B-Ware-Eier in Schmutz-, Knick-, Bruch- und Windeier nach jeweiliger Legelinie und für die gesamte Legeperiode zusammengefasst, **Anlage C - E** (n = jeweilige Anzahl an Schmutz-, Knick-, Bruch- und Windeiern; Legelinie LSL: Schmutzeier n = 10800/ Knickeier n = 999/ Brucheier n = 334/ Windeier n = 111; Legelinie LB: Schmutzeier n = 8864/ Knickeier n = 1816/ Brucheier n = 640/ Windeier n = 536)

Anteile an Nesteiern (Anlage C- E)

Bei den Eiern, die ins Nest gelegt wurden, gab es schon zu Beginn der Legeperiode größere Unterschiede zwischen den Stallanlagen sowie den beiden Legelinien. In der Anlage C lag der Nesteieranteil bei der Legelinie LSL schon in der 20. LW bei durchschnittlichen 98,41 % ($\pm 1,59$ SEM), wohingegen dieser bei der Legelinie LB nur bei 63,46 % ($\pm 7,78$ SEM) lag. Im Vergleich dazu wurden in der Anlage D bei der Legelinie LSL im

Schnitt nur 75,57 % ($\pm 4,89$ SEM) aller Eier ins Nest gelegt, bei der Legelinie LB nur 33,32 % ($\pm 6,53$ SEM). Am wenigsten Eier wurden zu diesem Zeitpunkt in der Anlage E ins Nest gelegt. Hier lag der Nesteieranteil nur bei 51,02 % ($\pm 7,29$ SEM) bei der Legelinie LSL und 8,83 % ($\pm 8,83$ SEM) bei der Legelinie LB. Von der 21. LW bis zum Ende des Versuches hielt sich der Nesteieranteil in der Anlage C bei mittleren 99,83 % ($\pm 0,03$ SEM) bei der Legelinie LSL und 98,03 % ($\pm 0,13$ SEM) bei der Legelinie LB. Gleichermäßen verhielt es sich in der Anlage D mit durchschnittlich 98,11 % ($\pm 0,16$ SEM) an Nesteiern bei der Legelinie LSL und 93,37 % ($\pm 0,29$ SEM) bei der Legelinie LB. Im Vergleich dazu fielen die Anteile an Eiern, die ins Nest gelegt wurden, in der Anlage E etwas geringer aus. Hier wurden 86,68 % ($\pm 0,49$ SEM) an Eiern bei der Legelinie LSL ins Nest gelegt und 62,52 % ($\pm 0,64$ SEM) bei der Legelinie LB. Über die gesamte Legeperiode hinweg lag der mittlere Anteil an Nesteiern der Legelinie LSL bei 96,31 % ($\pm 0,15$ SEM), der der Legelinie LB bei 88,76 % ($\pm 0,29$ SEM), wobei sich diese Anteile signifikant unterschieden ($p < 0,001$). In demselben Maße erwiesen sich die Unterschiede zwischen den Anlagentypen als signifikant ($p < 0,001$). Die Anlage C hatte hier den größten mittleren Anteil an Nesteiern mit 98,49 % ($\pm 0,14$ SEM), gefolgt von der Anlage D mit 95,56 % ($\pm 0,18$ SEM). Am wenigsten Eier wurden in der Anlage E ins Nest gelegt. Hier lag der Anteil nur bei 74,59 % ($\pm 0,52$ SEM). Die zeitlichen Schwankungen in den unterschiedlichen Lebenswochen erwiesen sich mit $p < 0,001$ ebenfalls als signifikant.

Tabelle 19: Die jeweiligen Anteile an Nesteiern über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl untersuchter Eier)

Stall- anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Nesteier [%]				Nesteier [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
C	46327	99,70	3,38	0,10	44682	97,27	8,32	0,26
D	56786	98,11	6,78	0,16	72290	93,37	13,01	0,29
E	56265	86,68	12,83	0,49	52447	62,52	16,88	0,64

Verlegte Eier (Anlage C- E)

Im Gegenzug dazu verhielt es sich mit den Anteilen an verlegten Eiern, das heißt mit dem Teil der Eier, die außerhalb des Nestes abgelegt wurden, genau umgekehrt. In der 20. LW lag der Anteil der verlegten Eier bei der Legelinie LSL in der Anlage A nur bei durchschnittlichen 1,59 % ($\pm 1,59$ SEM), bei der Legelinie LB hingegen bei 36,54 % ($\pm 7,78$ SEM). In der Anlage D wurden zu diesem Zeitpunkt 24,43 % ($\pm 4,89$ SEM) aller von der Legelinie LSL produzierten Eier verlegt, bei der Legelinie LB sogar 66,68 % ($\pm 6,53$ SEM). In der Anlage E lag der Anteil der verlegten Eier bei der Legelinie LSL bei 48,98 % ($\pm 7,29$ SEM), bei der Legelinie LB bei mittleren 91,17 % ($\pm 3,43$ SEM). Von der 21. LW bis zum Ende des Versuches lag der mittlere Anteil von verlegten Eiern in der Anlage C bei der Legelinie LSL nur bei 0,17 % ($\pm 0,03$ SEM), der bei der Legelinie LB lag nur geringgradig höher bei 1,97 % ($\pm 0,13$ SEM). In der Anlage D legten die Legehennen der Legelinie LSL nur durchschnittliche 1,38 % ($\pm 0,10$ SEM) aller Eier nicht ins Nest, die Legelinie LB mittlere 5,61 % ($\pm 0,20$ SEM). Der Anteil der verlegten Eier der Legelinie LSL in der Anlage E lag bei durchschnittlichen 11,81 % ($\pm 0,30$ SEM), der der Legelinie LB bei mittleren 35,73 % ($\pm 0,53$ SEM).

Über die gesamte Legeperiode hinweg wurden 3,69 % ($\pm 0,15$ SEM) aller Eier von der Legelinie LSL verlegt, von der Legelinie LB wurde hingegen ein Anteil von 11,25 % ($\pm 0,29$ SEM) verlegt. Dieser Unterschied erwies sich als signifikant ($p < 0,001$, siehe auch Abbildung 35). In der Anlage C wurde insgesamt ein mittlerer Anteil von 1,51 % ($\pm 0,14$ SEM) der Eier verlegt, in der Anlage D ein Anteil von 4,45 % ($\pm 0,17$ SEM). Die meisten Eier wurden in der Anlage E verlegt. Hier wurden durchschnittlich 25,41 % ($\pm 0,52$ SEM) aller Eier nicht ins Nest gelegt. Zwischen den verschiedenen Anlagentypen gab es somit signifikante Unterschiede ($p < 0,001$). Ebenso wurde der Anteil an verlegten Eier signifikant von der Zeit beeinflusst ($p < 0,001$).

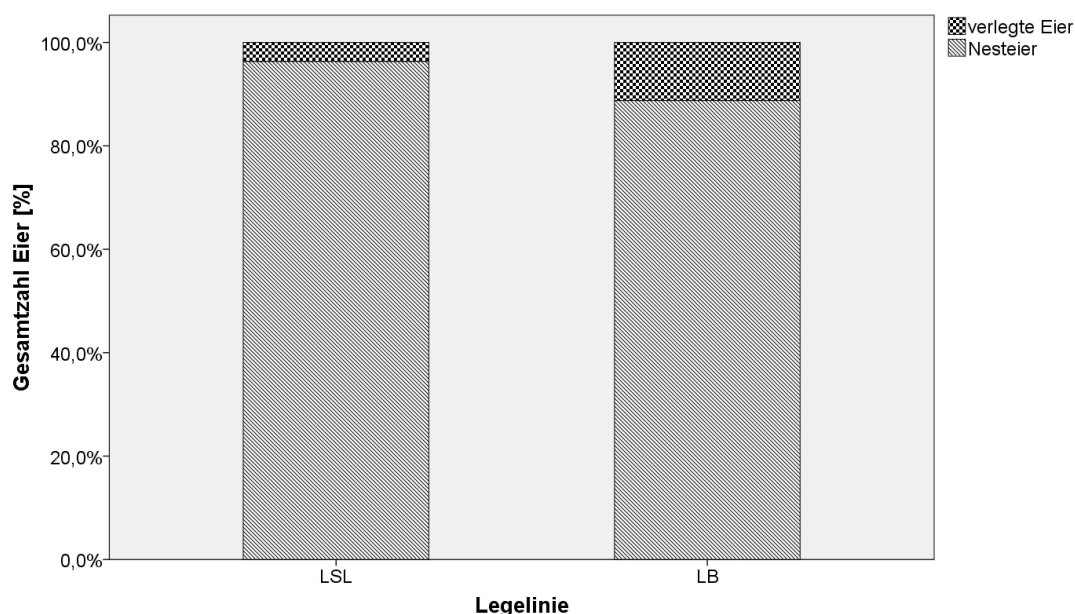


Abbildung 35: Der Anteil verlegter Eier und Nesteier insgesamt nach jeweiliger Legelinie aufgeteilt, **Anlage C - E** (n = Anzahl verlegter Eier/ Nesteier; Legelinie LSL: verlegte Eier n = 7092/ Nesteier n = 152286; Legelinie LB: verlegte Eier n = 22823/ Nesteier n = 146603)

Tabelle 20: Die jeweiligen Anteile an verlegten Eiern über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl untersuchter Eier)

Stall-anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Eier verlegt [%]				Eier verlegt [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
C	46327	0,30	3,38	0,1	44682	2,73	8,32	0,26
D	56786	1,89	6,78	0,16	72290	6,65	12,92	0,28
E	56265	13,32	12,83	0,49	52447	37,48	16,88	0,64

Anteile an Schmutzeiern (Anlage A und B)

Da hier einmal pro LW Daten erhoben wurden, werden im Folgenden die Angaben zu den Anteilen an Schmutzeiern in Monate zusammengefasst. Zu Beginn der Aufzeichnungen von der 23. bis zur 27. LW lagen die Anteile an Schmutzeiern in der Anlage A und B bei beiden Legelinien noch unter 1 %, wobei hier den höchsten Anteil die Legelinie LSL in der Anlage B mit 0,79 % ($\pm 0,23$ SEM) zeigte. Von der 28. bis zur 31. LW betrug der Anteil an Schmutzeiern in der Anlage A bei der Legelinie LSL 0,97 %

($\pm 0,35$ SEM) und bei der Legelinie LB 1,68 % ($\pm 0,48$ SEM), in der Anlage B zeigte sich bei der Legelinie LSL ein geringgradig höherer Anteil an Schmutzeiern von 2,26 % ($\pm 0,40$ SEM), bei der Legelinie LB war dieser im Vergleich zur Anlage A geringgradig niedriger (0,56 % $\pm 0,25$ SEM). Von der 32. bis zur 35. LW stiegen in der Anlage A die Anteile beider Legelinien geringgradig an, der der Legelinie LSL auf 1,71 % ($\pm 0,43$ SEM), der der Legelinie LB auf 1,88 % ($\pm 0,73$ SEM). In der Anlage B stiegen die Anteile ebenso auf 2,57 % ($\pm 0,66$ SEM) bei der Legelinie LSL und 1,13 % ($\pm 0,29$ SEM) bei der Legelinie LB. In der Anlage A blieben in den beiden folgenden Monaten die Anteile an Schmutzeiern relativ konstant bei mittleren 1,43 % ($\pm 0,30$ SEM) bei der Legelinie LSL und 2,34 % ($\pm 0,71$ SEM) bei der Legelinie LB. Von der 36. bis zur 44. LW schwankte der Anteil an Schmutzeiern hingegen in der Anlage B bei der Legelinie LSL zwischen 1,41 % ($\pm 0,45$ SEM) und 2,98 % ($\pm 0,67$ SEM), bei der Legelinie LB zwischen 0,67 % ($\pm 0,19$ SEM) und 1,89 % ($\pm 0,66$ SEM). In dem darauffolgenden Monat fielen in der Anlage A die Anteile an Schmutzeiern wieder auf unter 1 % ab, stiegen jedoch von der 50. LW bis zur 66. LW auf mittlere 2,74 % ($\pm 0,31$ SEM) bei der Legelinie LSL und 1,84 % ($\pm 0,35$ SEM) bei der Legelinie LB. In den letzten zwei Lebenswochen wiederum fielen die Anteile an Schmutzeiern in der Anlage wieder auf 2,05 % ($\pm 0,55$ SEM) bei der Legelinie LSL und 0,55 % ($\pm 0,30$ SEM) bei der Legelinie LB. In der Anlage B stiegen wiederum die Anteile an Schmutzeiern von der 45. bis zur 68. LW auf mittlere 3,07 % ($\pm 0,31$ SEM) bei der Legelinie LSL und 5,42 % ($\pm 0,56$ SEM) bei der Legelinie LB.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gesehen betrug der Anteil an Schmutzeiern bei der Legelinie LSL 2,15 % ($\pm 0,13$ SEM), der der Legelinie LB 2,61 % ($\pm 0,21$ SEM). Dieser Unterschied erwies sich als nicht signifikant ($p = 0,596$). Die beiden Anlagentypen unterschieden sich jedoch in den jeweiligen Anteilen an Schmutzeiern signifikant ($p = 0,027$ SEM). In der Anlage A betrug dieser 1,69 % ($\pm 0,14$ SEM), in der Anlage B deutlich höhere 2,94 % ($\pm 0,20$ SEM). Als ebenso signifikant

erwiesen sich die Schwankungen zwischen den Lebenswochen ($p < 0,001$).

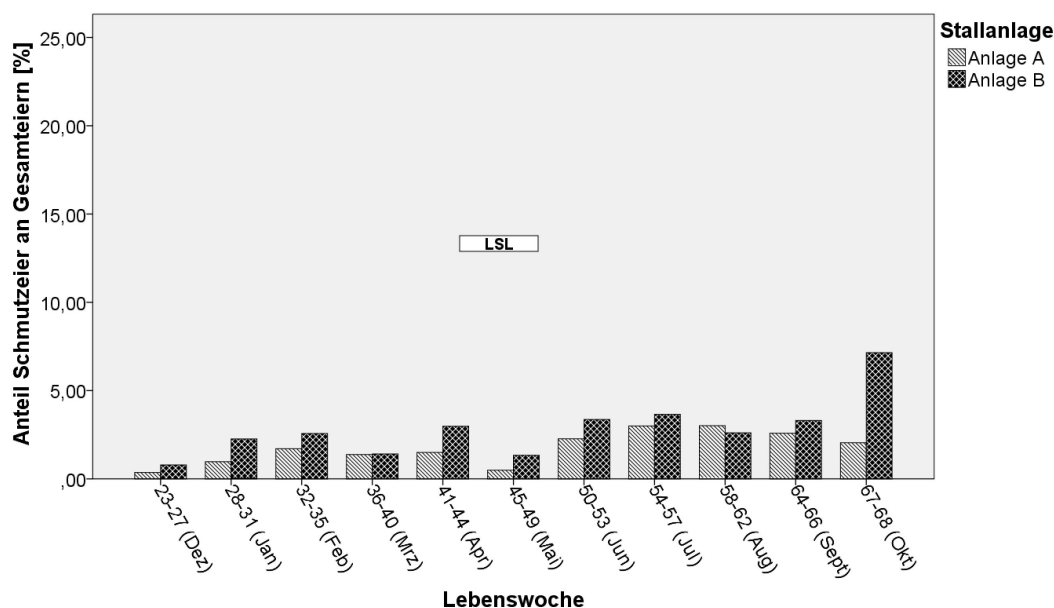


Abbildung 36: Die Anteile der Schmutzeier an den Gesamteiern im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (zusammengefasst in Monate), aufgeteilt nach Stallanlage bei der Legelinie LSL, **Anlage A und B** (n = Anzahl der Schmutzeier, hier nur einmal pro Lebenswoche erhoben; Anlage A n = 239/ Anlage B n = 309)

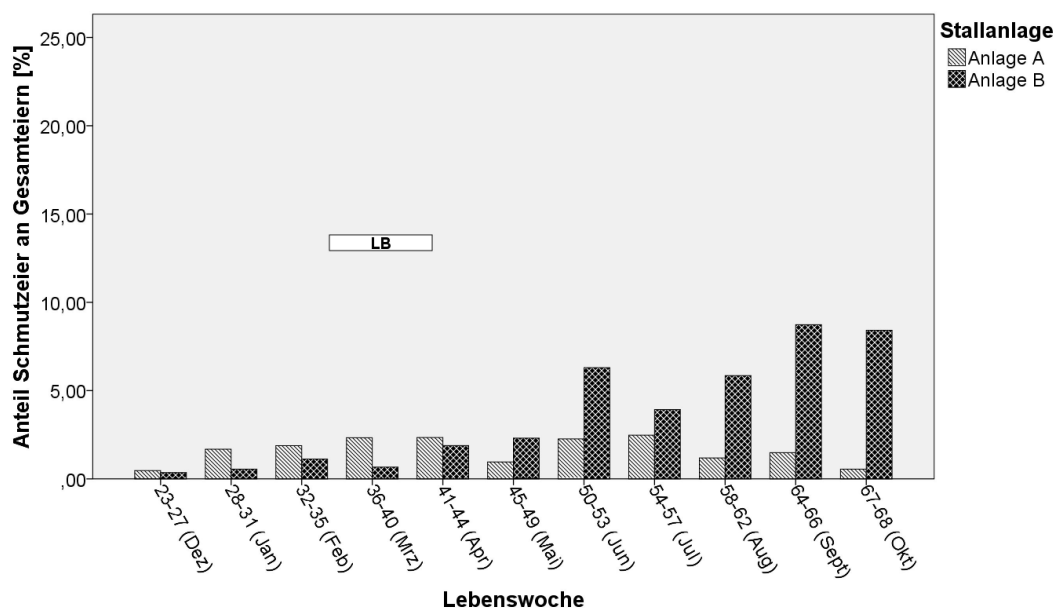


Abbildung 37: Die Anteile der Schmutzeier an den Gesamteiern im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (zusammengefasst in Monate), aufgeteilt nach Stallanlage bei der Legelinie LB, **Anlage A und B** (n = Anzahl der Schmutzeier, hier nur einmal pro Lebenswoche erhoben; Anlage A n = 221/ Anlage B n = 437)

Tabelle 21: Die jeweiligen Anteile an Schmutzeiern über die gesamte Legeperiode, einmal pro Lebenswoche erhoben, aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A und B** (n = Anzahl untersuchter Eier)

Stall-anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Schmutzeier [%]				Schmutzeier [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
A	14063	1,73	3,03	0,15	13782	1,64	4,39	0,22
B	12772	2,51	4,14	0,19	14792	3,33	7,37	0,32

Anteile an Knickeiern (Anlage A und B)

Zu Beginn der Untersuchungen von der 23. bis zur 27. LW betrug der mittlere Anteil an Knickeiern in der Anlage A 9,29 % ($\pm 0,72$ SEM) bei der Legelinie LSL und 5,43 % ($\pm 0,68$ SEM) bei der Legelinie LB. In der Anlage B waren die mittleren Anteile im gleichen Zeitraum deutlich geringer. Hier betrug der Anteil an Knickeiern bei der Legelinie LSL nur 2,08 % ($\pm 0,41$ SEM), bei der Legelinie LB noch geringere 0,90 % ($\pm 0,31$ SEM). In dem darauffolgenden Monat stieg in der Anlage A bei der Legelinie LSL der Anteil an Knickeiern geringgradig auf 11,15 % ($\pm 0,99$ SEM) an, der der Legelinie LB blieb relativ konstant bei 5,22 % ($\pm 0,66$ SEM). In dem gleichen Zeitraum nahmen die Anteile an Knickeiern in der Anlage B bei beiden Legelinien geringgradig zu (LSL: 2,38 % / $\pm 0,92$ SEM; LB: 1,30 % / $\pm 0,33$ SEM). Bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes stiegen in beiden Anlagen die jeweiligen Anteile an Knickeiern an, wobei dieser in der Anlage A deutlich höher war als in der Anlage B. Von der 32. bis zur 68. LW betrug der Anteil an Knickeiern in der Anlage A bei der Legelinie LSL mittlere 19,91 % ($\pm 0,44$ SEM), bei der Legelinie LB mittlere 15,01 % ($\pm 0,39$ SEM). In der Anlage B war der Anteil an Knickeiern bei der Legelinie LSL 8,23 % ($\pm 0,36$ SEM), bei der Legelinie LB 6,30 % ($\pm 0,30$ SEM) hoch (Verlauf siehe Abb. 38 und 39).

Der mittlere Anteil an Knickeiern über alle Untersuchungszeitpunkte gesehen betrug bei der Legelinie LSL durchschnittlich 12,26 % ($\pm 0,32$ SEM), bei der Legelinie LB 8,87 % ($\pm 0,26$ SEM). Dieser Unterschied erwies sich bei der statistischen Analyse als signifikant

($p < 0,001$). Der Unterschied zwischen den Anlagentypen erwies sich ebenso als signifikant ($p < 0,001$). Hier zeigte sich in der Anlage A ein Knickeieranteil von 15,87 % ($\pm 0,30$ SEM), in der Anlage B ein Knickeieranteil von 6,23 % ($\pm 0,21$ SEM). Die Anteile an Knickeiern in den jeweiligen Lebenswochen erwiesen sich ebenso als signifikant ($p < 0,001$).

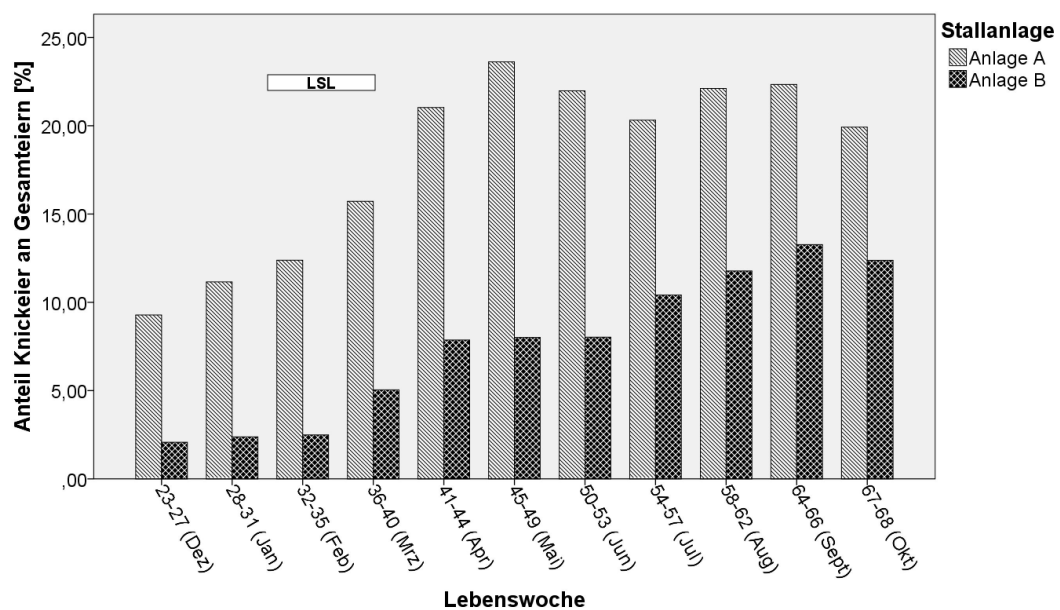


Abbildung 38: Die Anteile der Knickeier an den Gesamteiern im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (zusammengefasst in Monate), aufgeteilt nach Stallanlage bei der Legelinie LSL, **Anlage A und B** (n = Anzahl der Knickeier, hier nur einmal pro Lebenswoche erhoben; Anlage A $n = 2559$ / Anlage B $n = 894$)

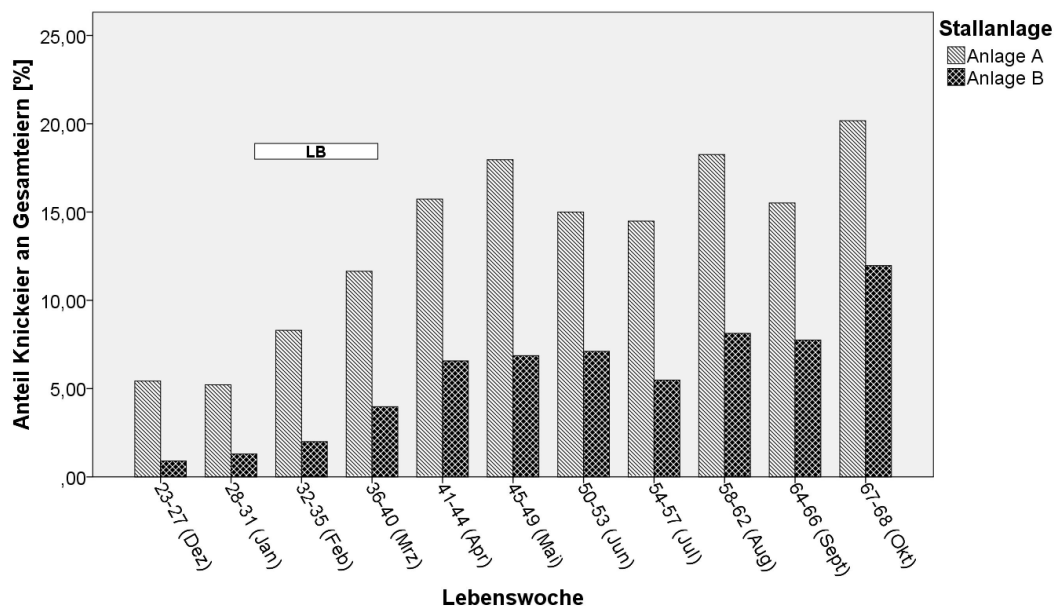


Abbildung 39: Die Anteile der Knickeier an den Gesamteiern im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (zusammengefasst in Monate), aufgeteilt nach Stallanlage bei der Legelinie LB, **Anlage A und B** (n = Anzahl der Knickeier, hier nur einmal pro Lebenswoche erhoben; Anlage A n = 1824/ Anlage B n = 780)

Tabelle 22: Die jeweiligen Anteile an Knickeiern über die gesamte Legeperiode, hier einmal pro Lebenswoche erhoben, aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A und B** (n = Anzahl untersuchter Eier)

Stall-anlage	Legelinie							
	LSL				LB			
	Knickeier [%]				Knickeier [%]			
	n	MW	SD	SEM	n	MW	SD	SEM
A	14063	18,31	8,28	0,42	13782	13,43	7,48	0,38
B	12772	7,12	6,91	0,32	14792	5,45	6,12	0,27

4.2 Eigenschaftsparameter

4.2.1 *Eigewichte (zweiwöchige Untersuchungsintervalle; Anlage C-E)*

In der Anlage C startete die Legelinie LSL in der 25. LW mit einem mittleren Eigewicht von 56,03 g ($\pm 0,38$ SEM), die Legelinie LB etwas darüber mit 58,30 g ($\pm 0,41$ SEM). Die Legehennen der Legelinie LSL begannen in der Anlage D mit einem geringfügig höheren mittleren Eigewicht von 56,91 g ($\pm 0,39$ SEM), die der Legelinie LB mit einem Eigewicht von 58,82 g ($\pm 0,41$ SEM). In der Anlage E startete die Legelinie LSL mit einem Eigewicht von 56,05 g ($\pm 0,35$ SEM), die Legelinie LB mit einem Eigewicht von 56,93 g ($\pm 0,37$ SEM). Bis zur 34. LW stiegen die Eigewichte beider Legelinien und aller Stallanlagen an (siehe Abb. 9). In der Anlage C lag das durchschnittliche Eigewicht zu diesem Zeitpunkt bei der Legelinie LSL bei 61,36 g ($\pm 0,42$ SEM), das der Legelinie LB bei 62,87 g ($\pm 0,44$ SEM). In der Anlage D legten die Legehennen der Legelinie LSL durchschnittlich Eier von 63,47 g ($\pm 0,35$ SEM), die der Legelinie LB von durchschnittlich 64,64 g ($\pm 0,28$ SEM). In der Anlage E lag das mittlere Eigewicht bei der Legelinie LSL in der 34. LW bei 61,12 g ($\pm 0,39$ SEM), das der Legelinie LB bei 62,98 g ($\pm 0,41$ SEM). Von der 36. LW bis zum Ende des Versuches war das mittlere Eigewicht beider Legelinien in der Anlage C ungefähr gleich, das der Legelinie LSL lag hier bei 62,82 g ($\pm 0,11$ SEM), das der Legelinie LB bei 62,81 g ($\pm 0,10$ SEM). In der Anlage D hingegen war das Eigewicht der Legelinie LSL etwas niedriger als das der Legelinie LB. Dieses lag hier bei 63,98 g ($\pm 0,09$ SEM) bei der Legelinie LSL und 65,05 g ($\pm 0,09$ SEM) bei der Legelinie LB. In der Anlage E war das mittlere Eigewicht beider Legelinien ebenfalls beinahe gleich, mit 63,37 g ($\pm 0,10$ SEM) bei der Legelinie LSL und 63,70 g ($\pm 0,10$ SEM) bei der Legelinie LB. Das mittlere Eigewicht der Legelinie LSL betrug 62,4 g ($\pm 0,05$ SEM) über die gesamte Legeperiode, das der Legelinie LB lag geringgradig darüber mit 63,34 g ($\pm 0,05$ SEM) (siehe auch Abb. 40). Die Eigewichte der beiden Legelinien unterschieden sich somit signifikant ($p < 0,001$). Die durchschnittlich schwersten Eier wurden in der Anlage D mit einem mittleren Eigewicht von 63,65 g

($\pm 0,06$ SEM) gelegt, gefolgt von der Anlage E, in der Eier von durchschnittlich 62,60 g ($\pm 0,07$ SEM) gelegt wurden. Die leichtesten Eier wurden in der Anlage C gelegt. Hier betrug das mittlere Eigewicht 62,19 g ($\pm 0,07$ SEM). Auch hier konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Anlagen festgestellt werden ($p < 0,001$). Zugleich stellte sich heraus, dass die Eigewichtsveränderungen während der unterschiedlichen Lebenswochen ebenso signifikant waren ($p < 0,001$).

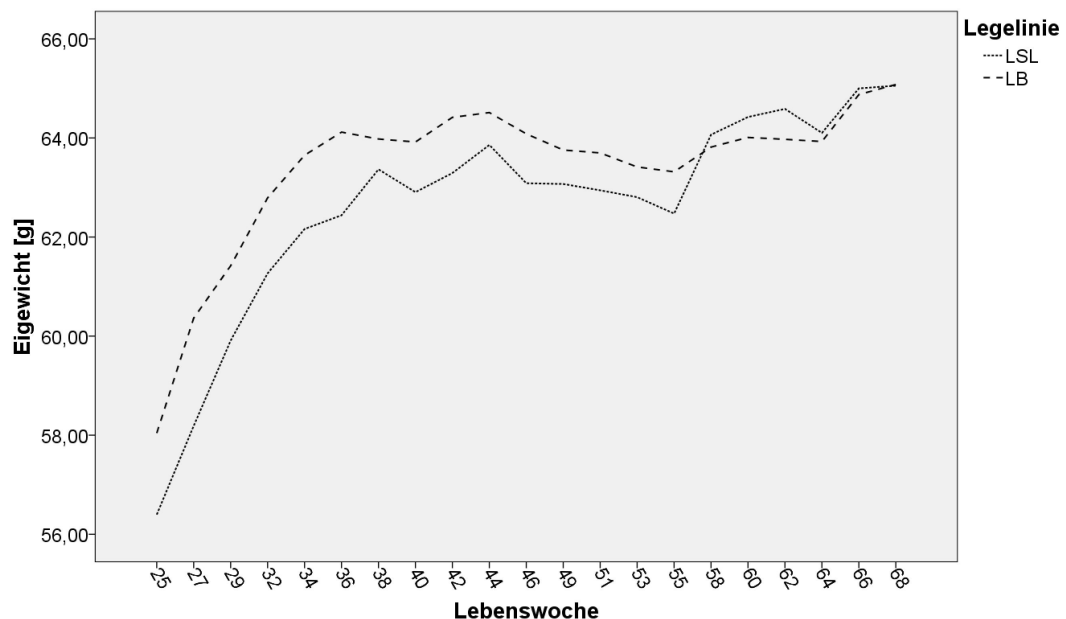


Abbildung 40: Die Eigewichtsentwicklung über die gesamte Legeperiode in Abhängigkeit der Legelinien, **Anlage C – E** (n = Anzahl der gewogenen Eier; LSL n = 10078/ LB n = 10708)

Beurteilt man die Eigewichtsentwicklung anhand der Eigewichtsklassen, so kann man erkennen, dass der Anteil an S-Eiern bei der Legelinie LB schneller abgenommen hat als bei der Legelinie LSL. Insgesamt betrug der mittlere Anteil an S-Eiern bei der Legelinie LSL 2,66 % ($\pm 0,59$ SEM), bei der Legelinie LB 1,68 % ($\pm 0,36$ SEM). Der Anteil an M-Eiern machte zu Beginn der Messungen einen Großteil der gelegten Eier aus, verringerte sich aber im Verlauf der Legeperiode. Durchschnittlich wurden bei der Legelinie LSL 52,29 % ($\pm 1,72$ SEM) an M-Eiern gelegt, bei der Legelinie LB 48,91 % ($\pm 1,58$ SEM). Umgekehrt verhielt es sich mit den L-Eiern. Diese machten zu Beginn einen relativ geringen Teil der gelegten Eier aus, dieser wurde jedoch im Verlauf der Legeperiode immer größer.

Der mittlere Anteil an L-Eiern betrug bei der Legelinie LSL 41,94 % ($\pm 2,01$ SEM), bei der Legelinie LB 45,83 % ($\pm 1,65$ SEM). Der Anteil an XL-Eiern stieg im Verlauf der Legeperiode relativ langsam an, durchschnittlich legte eine Legehenne der Legelinie LSL 3,10 % ($\pm 0,27$ SEM) an XL-Eiern, eine Legehenne der Legelinie LB 3,58 % ($\pm 0,29$ SEM).

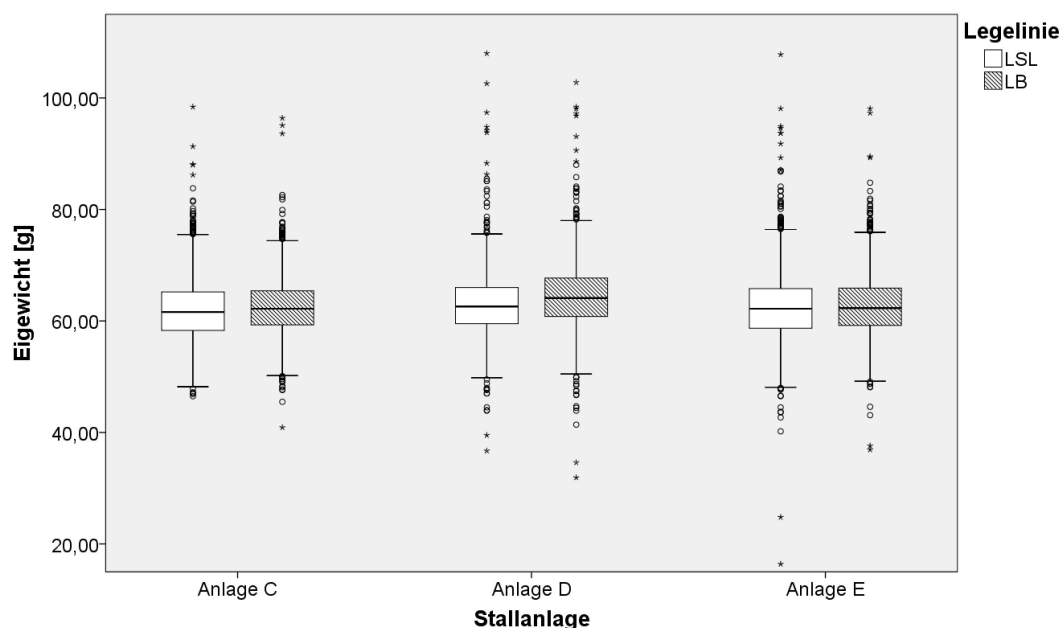


Abbildung 41: Die Verteilung der Eigewichte über die gesamte Legeperiode, aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C – E** (n = Anzahl der gewogenen Eier; Anlage C LSL: n = 2860; LB: n = 2779/ Anlage D LSL: n = 3601; LB: n = 4596/ Anlage E LSL: n = 3617; LB n = 3333)

Tabelle 23: Das jeweilige mittlere Eigewicht über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C – E** (n = Anzahl der gewogenen Eier)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Eigewicht [g]						Eigewicht [g]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
C	2860	61,98	5,37	0,10	46,5	98,4	2779	62,4	4,75	0,09	40,9	96,4
D	3601	62,78	5,19	0,09	36,7	108,0	4596	64,3	5,32	0,08	31,9	102,8
E	3617	62,47	5,76	0,10	16,4	107,8	3333	62,7	5,41	0,09	36,9	98,1

In der Anlage D wurde mit 1,40 % ($\pm 0,54$ SEM) der geringste Anteil an S-Eiern gelegt, in der Anlage C mit 2,37 % ($\pm 0,51$ SEM) geringfügig mehr.

Am größten war der Anteil der S-Eier in der Anlage E mit 2,74 % ($\pm 0,72$ SEM). Der Anteil an M-Eiern war hingegen in der Anlage D mit 43,83 % ($\pm 2,12$ SEM) am kleinsten, gefolgt von der Anlage E mit 51,76 % ($\pm 1,88$ SEM). In der Anlage C wurde über die gesamte Legeperiode mit mittleren 56,22 % ($\pm 1,62$ SEM) der größte Anteil an M-Eiern gelegt. Dementsprechend verhielt es sich mit den Anteilen an L-Eiern genau umgekehrt. Hier waren die Anteile dieser in der Anlage D mit 51,24 % ($\pm 2,34$ SEM) am größten, gefolgt von der Anlage E mit 41,47 % ($\pm 2,23$ SEM) und der Anlage C mit 38,95 % ($\pm 1,77$ SEM). Die meisten XL-Eier wurden in der Anlage E mit 4,03 % ($\pm 0,32$ %) gelegt, hier gefolgt von der Anlage D mit 3,53 % ($\pm 0,36$ SEM) und der Anlage C mit 2,46 % ($\pm 0,30$ SEM).

Die jeweiligen Signifikanzen werden in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 24: Tabellarische Darstellung, welche Größen (Stallanlage, Legelinie, Lebenswoche) signifikanten Einfluss auf die jeweiligen Eigewichtsklassen hatten (**Anlage C – E**)

Anteile an	Einflussgrößen		
	Stallanlage	Legelinie	Lebenswoche
S-Eiern	p < 0,001	p = 0,285	p = 0,357
M-Eiern	p < 0,001	p = 0,026	p < 0,001
L-Eiern	p < 0,001	p = 0,046	p < 0,001
XL-Eiern	p < 0,001	p = 0,038	p < 0,001

4.2.2 Eigewichte (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)

Im ersten Untersuchungszeitraum in der 30. LW erreichte die Legelinie LSL ein mittleres Eigewicht von 60,30 g ($\pm 0,22$ SEM) (n = 340), die Legelinie LB lag mit 60,82 g ($\pm 0,23$ SEM) (n = 340) geringgradig darüber. In der 49. LW stieg das Eigewicht beider Legelinien an. Bei der Legelinie LSL auf 65,78 g ($\pm 0,27$ SEM) (n = 319), bei der Legelinie LB auf 65,43 g ($\pm 0,25$ SEM) (n = 340). Somit war nun das mittlere Eigewicht der Legelinie LSL höher als das der Legelinie LB, was sich auch im letzten Untersuchungszeitraum bestätigte. Hier lag das mittlere Eigewicht der Legelinie LSL bei 67,73 g ($\pm 0,29$ SEM) (n = 279), das der Legelinie LB bei 66,39 g ($\pm 0,27$ SEM) (n = 340). Über alle drei Untersuchungszeiträume

gesehen war das mittlere Eigewicht der Legelinie LSL mit 64,37 g ($\pm 0,18$ SEM) nur um 0,16 g höher als das der Legelinie LB mit 64,21 g ($\pm 0,16$ SEM). Die Legelinie LSL erreichte ihr absolutes Maximum in der 49. LW mit 85,00 g, ihr Minimum in der 30. und 49. LW mit 50,00 g. Das höchste Eigewicht bei der Legelinie LB wurde in der 49. und 69. LW mit 80,00 g erreicht, das niedrigste in der 30. LW mit 49,00 g. Über alle drei Untersuchungszeitpunkte gesehen waren die Eigewichte in der Anlage D mit 64,92 g ($\pm 0,29$ SEM) am höchsten, gefolgt von der Anlage B mit 64,43 g ($\pm 0,21$ SEM) und der Anlage A mit 64,22 g ($\pm 0,24$ SEM). Die Anlage E lag mit 63,97 g ($\pm 0,37$ SEM) noch vor der Anlage C, die das niedrigste mittlere Eigewicht von 63,25 g ($\pm 0,35$ SEM) hatte.

Die mittleren Eigewichte der beiden Legelinien unterschieden sich hier nicht signifikant voneinander ($p = 0,115$), die Unterschiede zwischen den Stallanlagen ($p = 0,006$) und den Untersuchungszeiträumen ($p < 0,001$) erwiesen sich jedoch als signifikant.

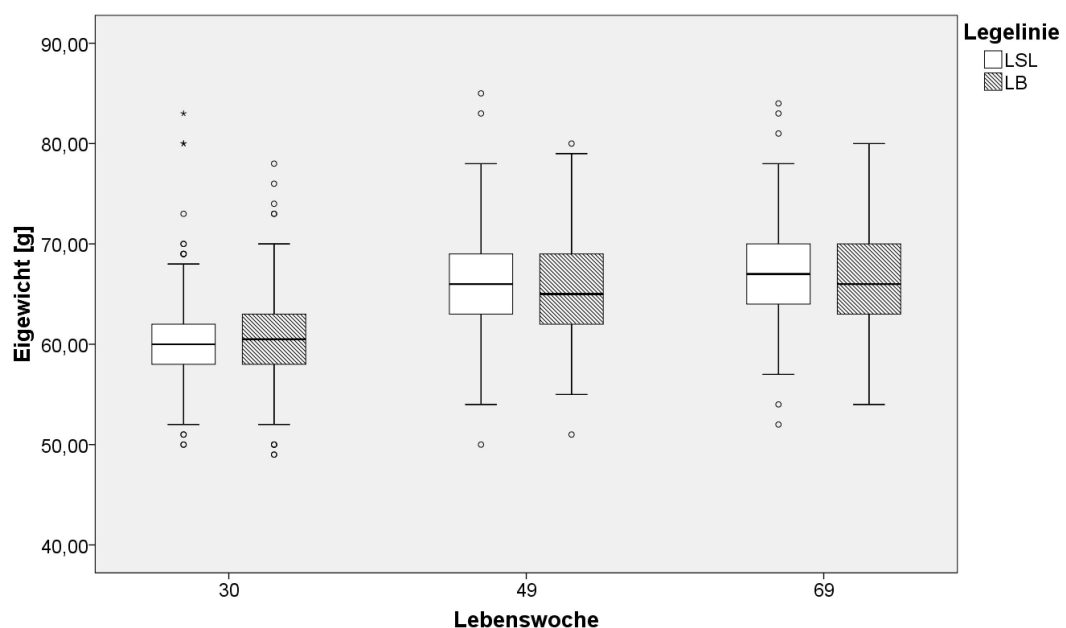


Abbildung 42: Die Verteilung der Eigewichte in Abhängigkeit von der Legelinie und über alle drei Untersuchungszeiträume, **Anlage A - E** (n = Anzahl der gewogenen Eier; LW 30: LSL n = 340/ LB n = 340; LW 49: LSL n = 319/ LB n = 340; LW 69 LSL n = 279/ LB n = 340)

Tabelle 25: Das jeweilige mittlere Eigewicht über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der gewogenen Eier)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Eigewicht [g]						Eigewicht [g]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	269	64,8	5,57	0,34	50,0	84,0	270	63,6	5,42	0,33	49,0	79,0
B	310	64,4	5,68	0,32	51,0	83,0	360	64,4	5,27	0,28	50,0	80,0
C	90	63,4	4,80	0,51	54,0	77,0	90	63,1	4,68	0,49	53,0	77,0
D	149	64,5	5,39	0,44	50,0	83,0	180	65,2	5,00	0,37	51,0	78,0
E	120	63,8	6,27	0,57	51,0	85,0	120	64,2	5,22	0,48	52,0	78,0

4.2.3 Eigewichte (Tagesgelege, Anlage C-E)

Im ersten Untersuchungszeitraum in der 34. LW erreichte die Legelinie LSL ein mittleres Eigewicht von 59,43 g ($\pm 0,24$ SEM) (n = 110), die Legelinie LB lag mit 60,20 g ($\pm 0,20$ SEM) (n = 110) geringgradig darüber. In der 50. LW stieg das Eigewicht beider Legelinien an. Bei der Legelinie LSL auf 63,18 g ($\pm 0,42$ SEM) (n = 110), bei der Legelinie LB auf 63,23 g ($\pm 0,37$ SEM) (n = 110). Im letzten Untersuchungszeitraum in der 69. LW lag das mittlere Eigewicht der Legelinie LSL bei 63,60 g ($\pm 0,42$ SEM) (n = 90), das der Legelinie LB bei 63,37 g ($\pm 0,41$ SEM) (n = 100). Über alle Untersuchungszeiträume gesehen war das mittlere Eigewicht der Legelinie LSL mit 61,97 g ($\pm 0,24$ SEM) nur um 0,26 g niedriger als das der Legelinie LB mit 62,23 g ($\pm 0,21$ SEM). Die Legelinie LSL erreichte ihr absolutes Maximum in der 69. LW mit 71,90 g, ihr Minimum in der 30. und 50. LW mit 53,40 g. Das höchste Eigewicht bei der Legelinie LB wurde in der 50. LW mit 71,80 g erreicht, das niedrigste ebenso in der 50. LW mit 52,70 g. Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen waren die Eigewichte in der Anlage D mit 62,36 g ($\pm 0,20$ SEM) am höchsten, gefolgt von der Anlage E mit 61,85 g ($\pm 0,39$ SEM) und der Anlage C mit 61,79 g ($\pm 0,31$ SEM).

Die mittleren Eigewichte der beiden Legelinien unterschieden sich hier nicht signifikant voneinander (p = 0,655) Ebenso erwiesen sich die

Eigewichte der unterschiedlichen Stallanlagen ($p = 0,052$) als nicht signifikant. Die Schwankungen zwischen den Untersuchungszeiträumen hingegen erwiesen sich jedoch als signifikant ($p < 0,001$).

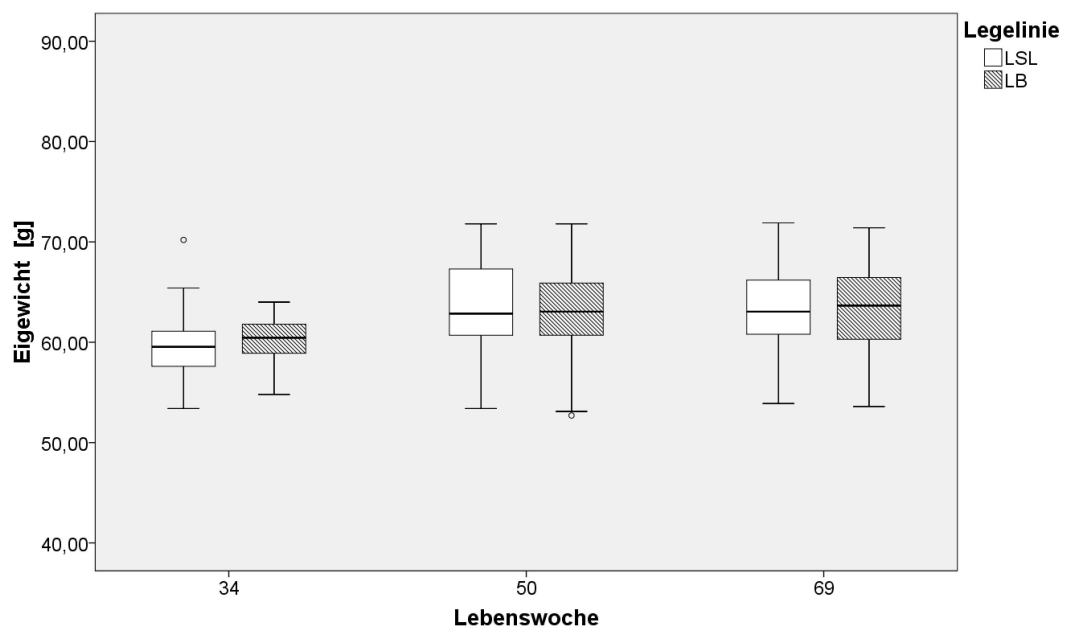


Abbildung 43: Die Verteilung der Eigewichte in Abhängigkeit von der Legelinie und über die drei Untersuchungszeiträume, **Anlage C - E** (n = Anzahl der gewogenen Eier; LW 34: LSL $n = 110$ / LB $n = 110$; LW 50: LSL $n = 110$ / LB $n = 110$; LW 69 LSL $n = 90$ / LB $n = 100$)

Tabelle 26: Die jeweiligen mittleren Eigewichte aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C-E** (n = Anzahl der gewogenen Eier)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Eigewicht [g]						Eigewicht [g]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
C	90	61,9	4,40	0,46	53,4	71,8	90	61,6	3,99	0,42	52,7	71,2
D	160	62,1	3,94	0,31	53,9	71,9	170	62,6	3,45	0,26	53,6	71,8
E	60	61,7	4,43	0,57	53,4	71,7	60	62,0	4,19	0,54	53,1	71,0

4.2.4 Eigröße (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)

Die mittlere Eigröße der Legelinie LSL betrug zu Beginn der Untersuchungen in der 30. LW 56,99 mm ($\pm 0,10$ SEM) ($n = 340$), die der Legelinie LB hingegen 55,41 mm ($\pm 0,10$ SEM) ($n = 340$). Zur 49. LW stieg die mittlere Eigröße der Legelinie LSL auf 59,40 mm ($\pm 0,11$ SEM)

(n = 319), die der Legelinie LB auf 57,83 mm ($\pm 0,10$ SEM) (n = 340). In der 69. LW betrug die Eigröße der Legelinie LSL schließlich mittlere 60,43 mm ($\pm 0,13$ SEM) (n = 219), die der Legelinie LB lag etwas darunter mit 58,69 mm ($\pm 0,12$ SEM) (n = 340). Insgesamt lag die mittlere Eigröße der Legelinie LSL bei 58,83 mm ($\pm 0,08$ SEM), die Eigröße der Legelinie LB lag mit 57,31 mm ($\pm 0,08$ SEM) etwas darunter. In der 49. LW erreichte die Legelinie LSL ihre absolut größte Eigröße mit 68,21 mm, in der 30. LW ihre absolut niedrigste Eigröße mit 65,50 mm. Die Eigröße der Legelinie LB erreichte sowohl ihr Maximum mit 68,47 mm, als auch ihr Minimum mit 63,09 mm zur selben Zeit wie die Legelinie LSL. In der Anlage E gab es über den gesamten Untersuchungszeitraum gesehen die längsten Eier mit 58,22 mm ($\pm 0,17$ SEM), gefolgt von der Anlage D mit einer Eigröße von 58,11 mm ($\pm 0,12$ SEM). In der Anlage A wiesen die Eier durchschnittlich eine Länge von 58,03 mm ($\pm 0,11$ SEM) auf, in der Anlage B eine Eigröße von 57,97 mm ($\pm 0,10$ SEM). Am kürzesten waren die Eier in der Anlage C mit 57,95 mm ($\pm 0,18$ SEM).

Die Unterschiede der beiden Legelinien bezüglich der Eigröße erwiesen sich als signifikant ($p < 0,001$), ebenso die Schwankungen zwischen den unterschiedlichen Untersuchungszeiträumen/ Lebenswochen ($p < 0,001$). Zwischen den unterschiedlichen Anlagentypen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($p = 0,217$).

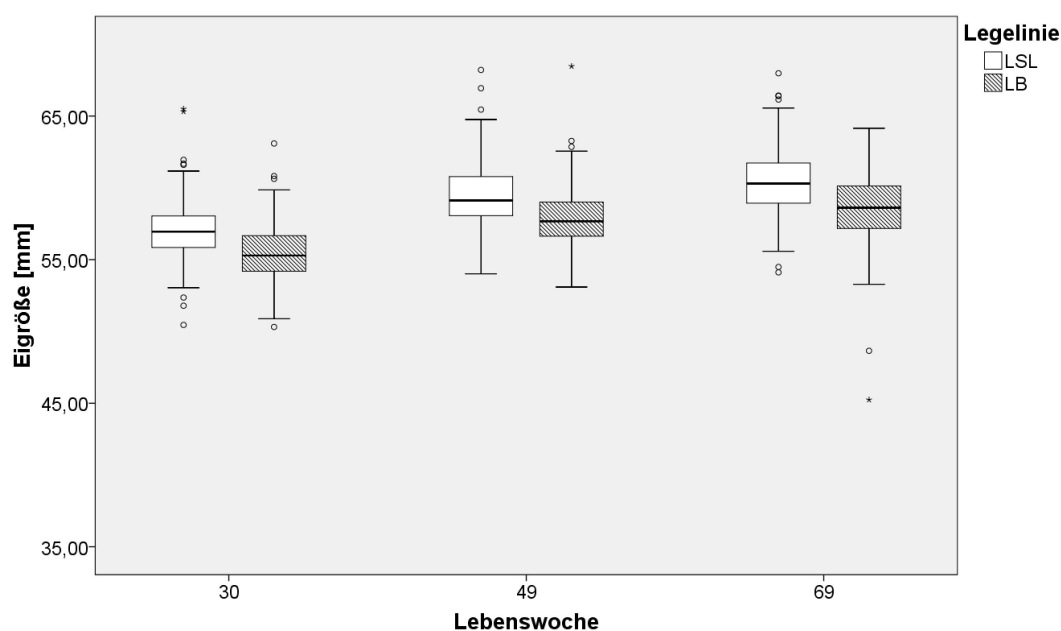


Abbildung 44: Die Verteilung der Eigröße in Abhängigkeit von der Legelinie und über den gesamten Untersuchungszeitraum, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 30: LSL n = 340/ LB n = 340; LW 49: LSL n = 319/ LB n = 340; LW 69 LSL n = 279/ LB n = 340)

Tabelle 27: Die jeweilige mittlere Eigröße über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Eigröße [mm]						Eigröße [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	269	58,98	2,45	0,15	51,79	67,98	270	57,09	2,44	0,15	50,31	63,03
B	310	58,72	2,69	0,15	50,45	66,94	360	57,33	2,53	0,13	45,24	64,15
C	90	58,92	2,03	0,21	54,53	66,43	90	56,98	2,33	0,25	48,65	62,89
D	149	58,49	2,09	0,17	54,33	65,50	180	57,79	2,24	0,17	53,11	63,09
E	120	59,16	2,45	0,22	54,61	68,21	120	57,29	2,48	0,23	51,42	68,47

4.2.5 Eibreite (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)

Im ersten Untersuchungszeitraum lag die Eibreite der Legelinie LSL bei 43,01 mm ($\pm 0,07$ SEM) (n = 340), die der Legelinie LB bei 43,55 mm ($\pm 0,09$ SEM) (n = 340). In der 49. LW stieg die mittlere Eibreite bei beiden Legelinien an, die der Legelinie LSL um 1,25 mm auf 44,26 mm

($\pm 0,07$ SEM) ($n = 318$), die der Legelinie LB um 1,11 mm auf 44,66 mm ($\pm 0,09$ SEM) ($n = 340$). Bei den letzten Eiquantitätsuntersuchungen in der 69. LW stieg die Eibreite der Legelinie LSL wiederum geringgradig auf 44,57 mm ($\pm 0,08$ SEM) ($n = 279$) an, die der Legelinie LB blieb beinahe konstant bei 44,64 mm ($\pm 0,08$ SEM) ($n = 340$). Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen war die mittlere Eibreite bei der Legelinie LB mit 44,28 mm ($\pm 0,05$ SEM) um 0,38 mm größer als die der Legelinie LSL mit 43,90 mm ($\pm 0,05$ SEM). Ihre größte absolute Eibreite erreichte die Legelinie LSL mit 56,52 mm in der 69. LW, ihre kleinste in der 30. LW mit 40,32 mm. Bei der Legelinie LB lag die maximale Eibreite bei 65,61 mm in der 49. Lebenswoche, die kleinste Eibreite bei 22,26 mm in der 30. LW. In der Anlage D gab es mit 44,28 mm ($\pm 0,10$ SEM) die breitesten Eier, gefolgt von der Anlage B mit 44,19 mm ($\pm 0,06$ SEM). Ein wenig schmaler waren die Eier in der Anlage A mit 44,08 mm ($\pm 0,06$ SEM) und der Anlage E mit 43,87 mm ($\pm 0,09$ SEM). Am schmalsten waren die Eier durchschnittlich in der Anlage C mit 43,78 mm ($\pm 0,11$ SEM).

Bezüglich der Eibreite erwiesen sich sowohl die Unterschiede zwischen den Legelinien, als auch die Unterschiede zwischen den Untersuchungszeiträumen/Lebenswochen als signifikant ($p < 0,001$). Gleichmaßen konnte eine Signifikanz zwischen den Eibreiten der unterschiedlichen Anlagentypen nachgewiesen werden ($p = 0,009$).

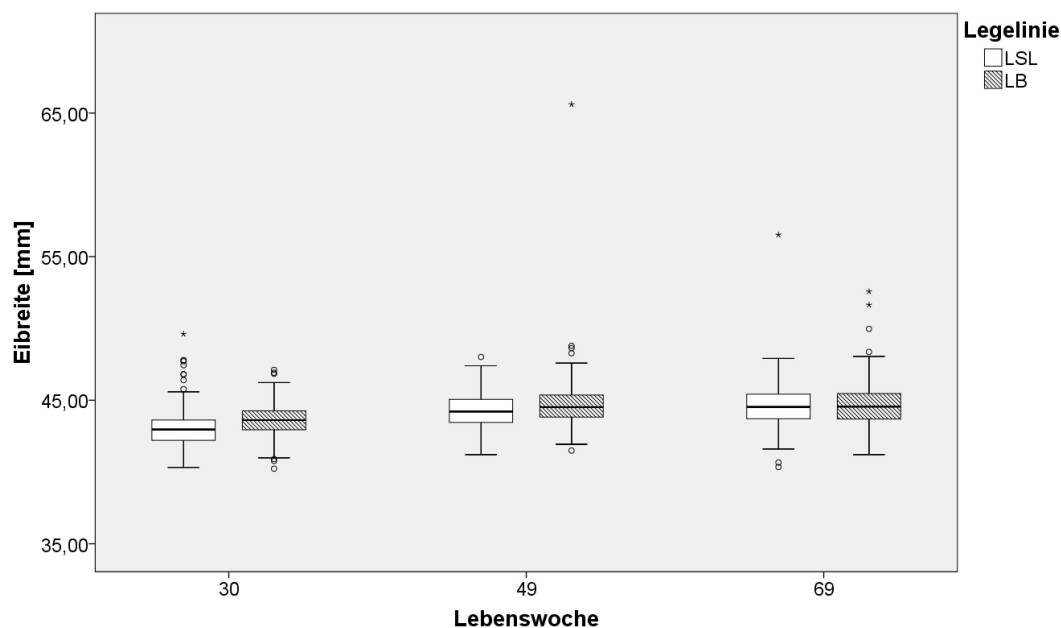


Abbildung 45: Die Verteilung der Eibreite in Abhängigkeit von der Legelinie und über den gesamten Untersuchungszeitraum, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 30: LSL n = 340/ LB n = 340; LW 49: LSL n = 319/ LB n = 340; LW 69 LSL n = 279/ LB n = 340)

Tabelle 28: Die jeweilige mittlere Eibreite über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Eibreite [mm]						Eibreite [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	269	44,00	1,34	0,08	40,66	47,78	270	44,16	1,35	0,08	40,23	48,79
B	310	43,93	1,33	0,08	40,35	47,91	360	44,41	1,76	0,09	40,90	65,61
C	90	43,57	1,35	0,14	41,22	47,09	90	43,99	1,47	0,15	41,23	49,97
D	148	44,15	1,71	0,14	41,33	56,52	180	44,38	2,03	0,15	22,26	47,16
E	120	43,54	1,57	0,14	40,32	47,44	120	44,21	1,19	0,11	40,98	46,88

4.2.6 Eischalenbruchfestigkeit (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)

Die Eischalenbruchfestigkeit der Legelinie LSL lag im ersten Untersuchungszeitraum bei mittleren 40,17 N ($\pm 0,42$ SEM) (n = 338), die der Legelinie LB bei mittleren 40,62 N ($\pm 0,49$ SEM) (n = 338). In der 49.

LW sank bei beiden Legelinien die Bruchfestigkeit deutlich ab, bei der Legelinie LSL um 6,27 N auf 33,90 N ($\pm 0,42$ SEM) ($n = 318$), bei der Legelinie LB um 7,25 N auf 33,37 N ($\pm 0,41$ SEM) ($n = 339$). Dieser Trend hielt bis zum letzten Untersuchungszeitraum an. Hier lag die Eischalenbruchfestigkeit der Legelinie LSL bei 28,49 N ($\pm 0,47$ SEM) ($n = 276$), die der Legelinie LB bei 29,42 N ($\pm 0,50$ SEM) ($n = 340$). Über alle Untersuchungszeiträume gesehen lag die mittlere Eischalenbruchfestigkeit der Legelinie LSL bei 34,58 N ($\pm 0,29$ SEM), die der Legelinie LB gering darunter bei 34,46 N ($\pm 0,31$ SEM). Ihr Maximum an Eischalenbruchfestigkeit erreichte die Legelinie LSL mit 60,23 N in der 30. LW, ihr Minimum in der 69. LW mit 3,63 N. Die Legelinie LB wiederum hatte die höchste Eischalenbruchfestigkeit in der 30. LW mit 76,03 N, die niedrigste ebenso in der 69. LW mit 4,91 N. In der Anlage C gab es mit durchschnittlich 35,74 N ($\pm 0,62$ SEM) die Eier mit der höchsten Eischalenbruchfestigkeit, die Anlage D lag mit 35,61 N ($\pm 0,55$ SEM) gering darunter. In der Anlage E betrug die mittlere Eischalenbruchfestigkeit 34,56 N ($\pm 0,47$ SEM). Am niedrigsten waren die Eischalenbruchfestigkeiten in der Anlage B mit 34,37 N ($\pm 0,42$ SEM) und der Anlage A mit 33,58 N ($\pm 0,42$ SEM).

Bei der statistischen Analyse erwiesen sich die Unterschiede der Eischalenbruchfestigkeiten zwischen den Legelinien als nicht signifikant ($p = 0,560$). Zwischen den unterschiedlichen Ausprägungen der Eischalenbruchfestigkeit der Anlagentypen ($p = 0,027$) sowie den Untersuchungszeiträumen/Lebenswochen ($p < 0,001$) konnte hingegen eine Signifikanz nachgewiesen werden.

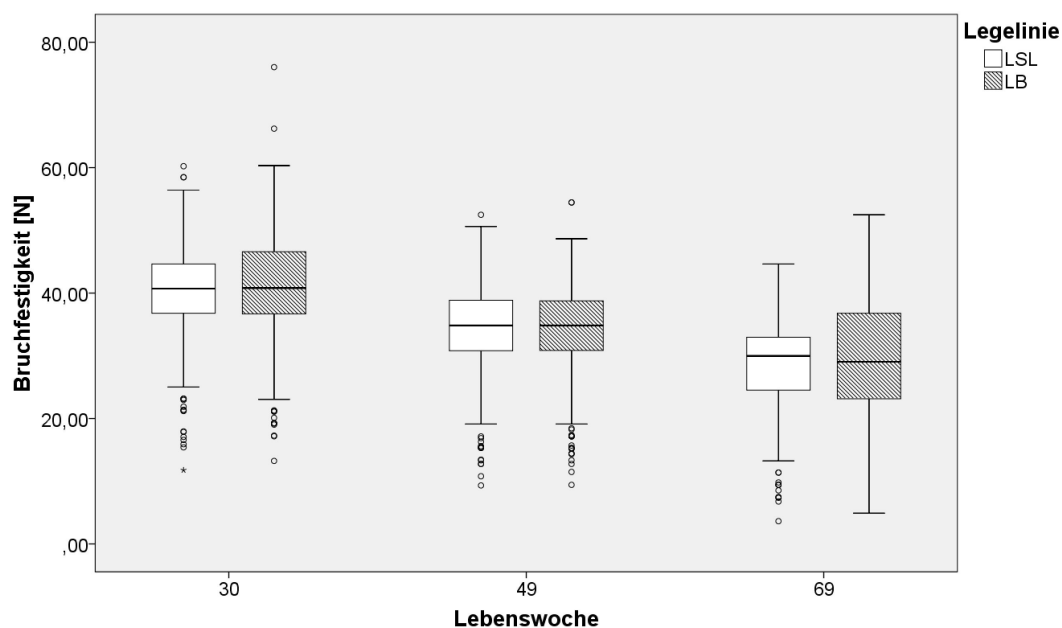


Abbildung 46: Die Verteilung der Eischalenbruchfestigkeit in Abhängigkeit von der Legelinie und über den gesamten Untersuchungszeitraum, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 30: LSL n = 338/ LB n = 338; LW 49: LSL n = 318/ LB n = 339; LW 69 LSL n = 276/ LB n = 340)

Tabelle 29: Die jeweilige mittlere Eischalenbruchfestigkeit über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Eischalenbruchfestigkeit [N]						Eischalenbruchfestigkeit [N]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	264	33,85	9,29	0,57	6,77	60,23	270	33,32	10,09	0,61	8,63	58,47
B	309	34,44	9,68	0,55	7,46	58,47	357	34,32	9,88	0,52	9,42	60,33
C	90	35,41	7,44	0,78	7,36	50,72	90	36,08	9,18	0,97	13,44	76,03
D	149	36,79	8,70	0,71	3,63	58,47	180	34,63	10,74	0,80	4,91	66,22
E	120	33,16	7,03	0,64	15,30	50,72	120	35,97	7,43	0,68	15,21	50,62

4.2.7 Eischalenbruchfestigkeit (Tagesgelege, Anlage C-E)

Die Eischalenbruchfestigkeit der Legelinie LSL lag im Untersuchungszeitraum bei mittleren 46,61 N ($\pm 0,94$ SEM) ($n = 110$), die der Legelinie LB bei mittleren 46,66 N ($\pm 0,91$ SEM) ($n = 110$). In der 50. LW sank bei beiden Legelinien die Bruchfestigkeit geringgradig ab, bei der Legelinie LSL auf 45,92 N ($\pm 0,73$ SEM) ($n = 110$), bei der Legelinie LB auf 45,33 N ($\pm 0,74$ SEM) ($n = 110$). Zum letzten Untersuchungszeitraum hin fielen die Eischalenbruchfestigkeiten beider Legelinien deutlich ab. Hier lag die Eischalenbruchfestigkeit der Legelinie LSL bei 39,05 N ($\pm 0,91$ SEM) ($n = 90$), die der Legelinie LB bei 41,27 N ($\pm 1,02$ SEM) ($n = 100$). Über alle Untersuchungszeiträume gesehen lag die mittlere Eischalenbruchfestigkeit der Legelinie LSL bei 44,17 N ($\pm 0,53$ SEM), die der Legelinie LB gering darüber bei 44,52 N ($\pm 0,53$ SEM). Ihr Maximum an Eischalenbruchfestigkeit erreichte die Legelinie LSL mit 61,80 N in der 50. LW, ihr Minimum in der 34. LW mit 13,48 N. Die Legelinie LB wiederum hatte die höchste Eischalenbruchfestigkeit ebenso in der 50. LW mit 61,80 N und die niedrigste in der 34. LW mit 13,71 N. In der Anlage D gab es mit durchschnittlich 45,56 N ($\pm 0,53$ SEM) die Eier mit der höchsten Eischalenbruchfestigkeit, die Anlage E lag mit 44,27 N ($\pm 0,77$ SEM) gering darunter. Am niedrigsten waren die Eischalenbruchfestigkeiten in der Anlage C mit 42,16 N ($\pm 0,68$ SEM).

Bei der statistischen Analyse erwiesen sich die Unterschiede der Eischalenbruchfestigkeiten zwischen den Legelinien als nicht signifikant ($p = 0,621$). Zwischen den unterschiedlichen Ausprägungen der Eischalenbruchfestigkeit der Anlagentypen ($p = 0,035$) sowie den Untersuchungszeiträumen/Lebenswochen ($p < 0,001$) konnte hingegen eine Signifikanz nachgewiesen werden.

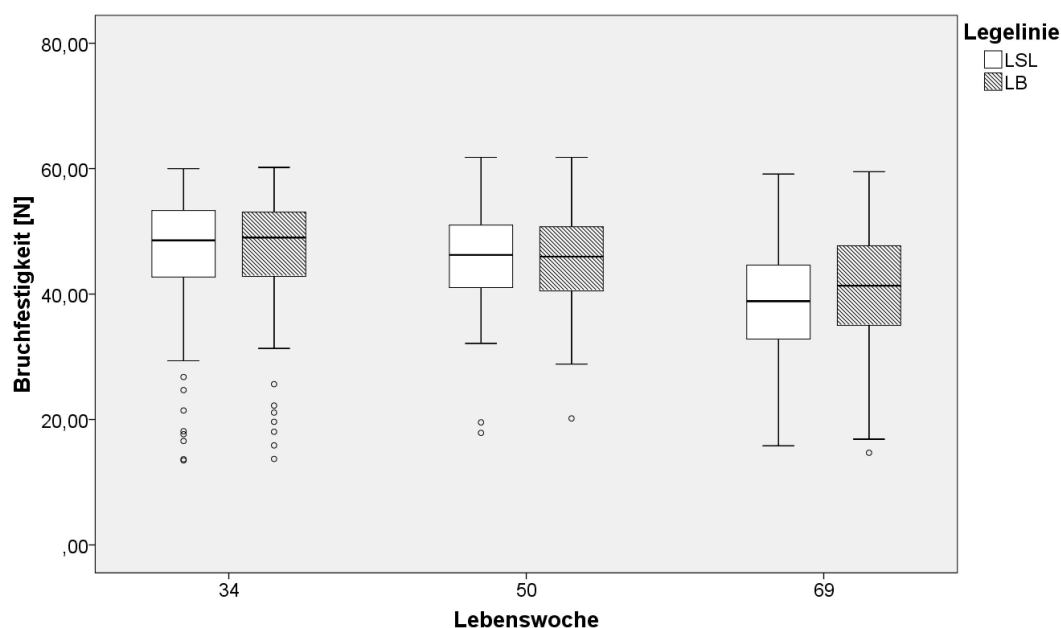


Abbildung 47: Die Verteilung der Eischalenbruchfestigkeit in Abhängigkeit von der Legelinie und über die drei Untersuchungszeiträume, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 34: LSL n = 110/ LB n = 110; LW 50: LSL n = 110/ LB n = 110; LW 69 LSL n = 90/ LB n = 100)

Tabelle 30: Die jeweiligen mittleren Eischalenbruchfestigkeiten aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Eischalenbruchfestigkeit [N]						Eischalenbruchfestigkeit [N]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
C	90	41,97	9,04	0,95	13,67	57,81	90	42,36	9,36	0,99	15,87	58,05
D	160	45,46	10,06	0,80	13,48	61,80	170	45,66	9,25	0,71	13,71	61,80
E	60	44,03	6,92	0,89	24,00	58,66	60	44,52	9,86	1,27	14,70	59,19

4.2.8 Eischalendicke (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)

Die Eischalendicke der Legelinie LSL betrug in der 30. LW 0,414 mm ($\pm 0,003$ SEM) (n = 340), die der Legelinie LB lag mit 0,427 mm ($\pm 0,003$ SEM) (n = 340) geringgradig darüber. Bis zum zweiten Untersuchungszeitraum nahm die Eischalendicke sowohl der Legelinie LSL (0,394 mm; $\pm 0,003$ SEM; n = 318), als auch der Legelinie LB (0,398 mm; $\pm 0,003$ SEM; n = 340) deutlich ab. In der 69. LW lag die mittlere Eischalendicke der Legelinie LSL bei 0,384 mm ($\pm 0,003$ SEM) (n = 278), die der Legelinie LB lag mit 0,389 mm ($\pm 0,003$ SEM) (n = 340)

wieder geringgradig darüber. Insgesamt betrug die mittlere Eischalendicke der Legelinie LSL 0,399 mm ($\pm 0,002$ SEM), die der Legelinie LB 0,405 mm ($\pm 0,002$). Die Legelinie LSL erreichte ihr Maximum an Eischalendicke sowohl in der 30. LW, als auch in der 49. LW mit 0,590 mm, ihr Minimum in der 49. LW mit 0,240 mm. Die Legelinie LB zeigte ihre absolut höchste Eischalendicke in der 30. LW mit 0,650 mm, ihre niedrigste Eischalendicke mit 0,260 mm in der 69. LW. Über alle Untersuchungszeiträume gesehen gab es in der Anlage C die größte Eischalendicke mit 0,416 mm ($\pm 0,004$ SEM), gefolgt von der Anlage A mit 0,412 mm ($\pm 0,002$ SEM). In der Anlage E waren die Eischalen durchschnittlich 0,401 mm ($\pm 0,003$ SEM) dick, in der Anlage D 0,396 mm ($\pm 0,002$ SEM). Am dünnsten waren die Eischalen in der Anlage B mit 0,393 mm ($\pm 0,002$ SEM).

Die unterschiedlichen Eischalendicken sowohl der Legelinien ($p = 0,009$) als auch der Anlagentypen ($p < 0,001$) erwiesen sich als ebenso signifikant, wie die Schwankungen zwischen den drei Untersuchungszeiträumen/Lebenswochen ($p < 0,001$).

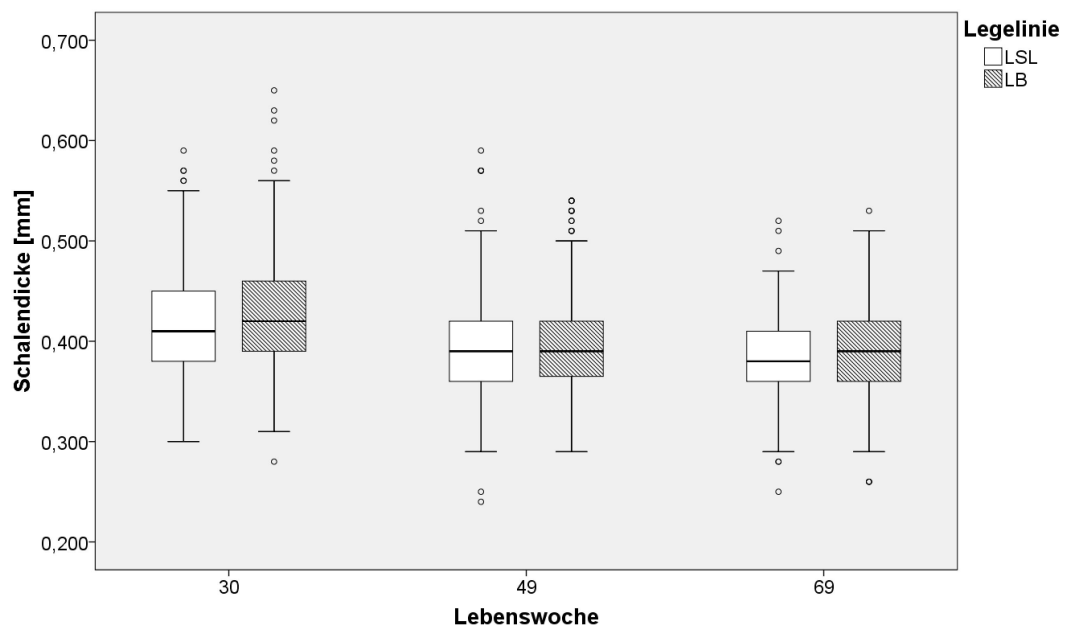


Abbildung 48: Die Verteilung der Schalendicke in Abhängigkeit von der Legelinie über den gesamten Untersuchungszeitraum, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 30: LSL n = 340/ LB n = 340; LW 49: LSL n = 318/ LB n = 340; LW 69 LSL n = 278/ LB n = 340)

Tabelle 31: Die jeweilige mittlere Eischalendicke über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Schalendicke [mm]						Schalendicke [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	268	0,411	0,050	0,003	0,300	0,570	270	0,413	0,055	0,003	0,300	0,650
B	309	0,387	0,048	0,003	0,250	0,590	360	0,399	0,058	0,003	0,260	0,590
C	90	0,419	0,057	0,006	0,240	0,550	90	0,414	0,043	0,005	0,310	0,530
D	149	0,392	0,046	0,004	0,250	0,590	180	0,398	0,044	0,003	0,290	0,530
E	120	0,395	0,044	0,004	0,300	0,530	120	0,406	0,046	0,004	0,310	0,530

Der Korrelationskoeffizient zwischen der Eischalendicke und der Eischalenbruchfestigkeit bei der Untersuchung der Eier zu den drei Untersuchungszeiträumen nahm einen Wert von $r = 0,293$ an, wodurch hier ein geringer linearer Zusammenhang feststellbar war.

4.2.9 Eischalendicke (Tagesgelege, Anlage C-E)

Die Eischalendicke der Legelinie LSL betrug in der 34. LW 0,372 mm ($\pm 0,002$ SEM) ($n = 110$), die der Legelinie LB lag mit 0,373 mm ($\pm 0,002$ SEM) ($n = 110$) minimal darüber. Bis zum zweiten Untersuchungszeitraum nahm die Eischalendicke sowohl der Legelinie LSL (0,298 mm; $\pm 0,002$ SEM; $n = 110$), als auch der Legelinie LB (0,311 mm; $\pm 0,003$ SEM; $n = 110$) deutlich ab. In der 69. LW lag die mittlere Eischalendicke der Legelinie LSL bei 0,303 mm ($\pm 0,003$ SEM) ($n = 90$), die der Legelinie LB lag mit 0,321 mm ($\pm 0,003$ SEM) ($n = 100$) wieder geringgradig darüber. Insgesamt betrug die mittlere Eischalendicke der Legelinie LSL 0,326 mm ($\pm 0,002$ SEM), die der Legelinie LB 0,336 mm ($\pm 0,002$). Die Legelinie LSL erreichte ihr Maximum an Eischalendicke in der 34. LW mit 0,430 mm, ihr Minimum in der 50. LW mit 0,210 mm. Die Legelinie LB zeigte ihre absolut höchste Eischalendicke ebenso in der 34. LW mit 0,440 mm, ihre niedrigste Eischalendicke mit 0,220 mm in der 69. LW. Über alle Untersuchungszeiträume gesehen gab es in der Anlage D die größte Eischalendicke mit 0,335 mm ($\pm 0,002$ SEM), gefolgt von der Anlage E mit 0,332 mm ($\pm 0,003$ SEM).

Am dünnsten waren die Eischalen in der Anlage C mit 0,322 mm ($\pm 0,003$ SEM).

Die unterschiedlichen Eischalendicken sowohl der Legelinien ($p < 0,001$) als auch der Anlagentypen ($p = 0,001$) erwiesen sich als ebenso signifikant wie die Schwankungen zwischen den drei Untersuchungszeiträumen/Lebenswochen ($p < 0,001$).

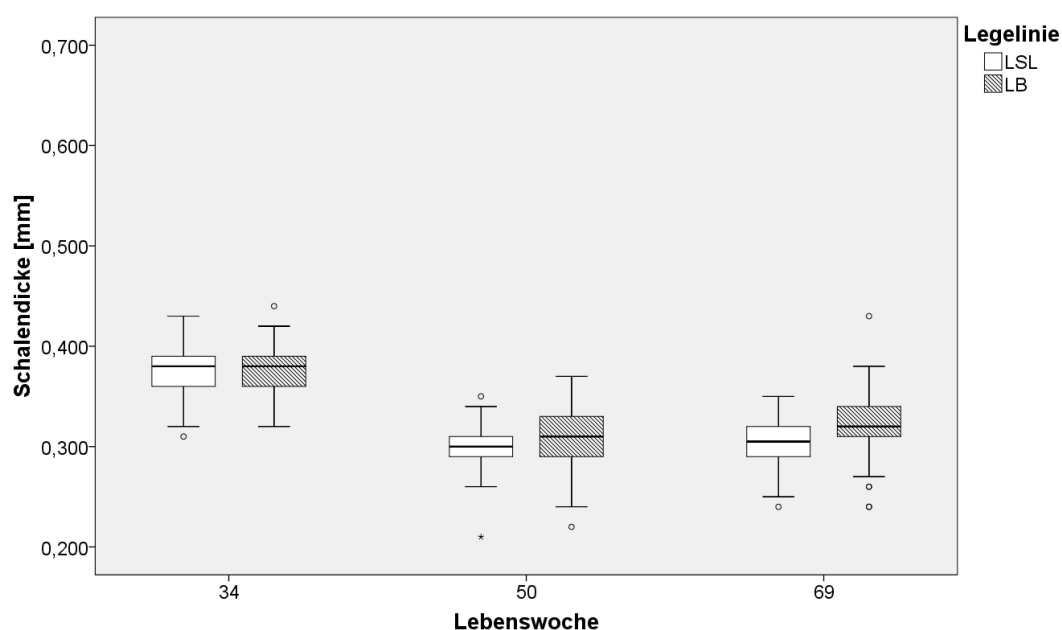


Abbildung 49: Die Verteilung der Eischalendicke in Abhängigkeit von der Legelinie und über die drei Untersuchungszeiträume, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 34: LSL n = 110/ LB n = 110; LW 50: LSL n = 110/ LB n = 110; LW 69 LSL n = 90/ LB n = 100)

Tabelle 32: Die jeweiligen mittleren Eischalendicken aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Schalendicke [mm]						Schalendicke [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
C	90	0,315	0,039	0,004	0,210	0,430	90	0,328	0,040	0,004	0,220	0,430
D	160	0,331	0,042	0,003	0,240	0,430	170	0,339	0,038	0,003	0,240	0,440
E	60	0,328	0,040	0,005	0,250	0,420	60	0,336	0,033	0,004	0,250	0,400

Der Korrelationskoeffizient zwischen Eischalendicke und Eischalenbruchfestigkeit der Tagesgelege nahm einen Wert von $r = 0,296$ an, wodurch hier ebenso ein geringer linearer Zusammenhang feststellbar war.

4.2.10 *IgY-Konzentration im Eidotter*

Die Konzentration an Immunglobulinen (IgY) im Eidotter wurde ausschließlich bei Eiern erfasst, die während der drei Untersuchungszeiträume in den Anlagen A bis E gesammelt wurden.

Im ersten Untersuchungszeitraum betrug die mittlere Immunglobulinkonzentration im Eidotter 13,68 mg/ml ($\pm 0,24$ SEM) ($n = 323$) bei der Legelinie LSL, die der Legelinie LB lag mit 16,54 mg/ml ($\pm 0,28$ SEM) ($n = 340$) deutlich darüber. In der 49. LW stieg die Konzentration bei der Legelinie LSL auf 14,70 mg/ml ($\pm 0,24$ SEM) ($n = 313$), die der Legelinie LB fiel geringgradig auf 15,20 mg/ml ($\pm 0,22$ SEM) ($n = 339$) ab. Beim letzten Untersuchungszeitraum stieg die mittlere Immunglobulinkonzentration beider Legelinien geringgradig an, die der Legelinie LSL auf 15,05 mg/ml ($\pm 0,32$ SEM) ($n = 272$), die der Legelinie LB auf 15,81 mg/ml ($\pm 0,27$ SEM) ($n = 338$). Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen lag die mittlere Konzentration an Immunglobulinen im Eidotter bei der Legelinie LSL mit 14,44 mg/ml ($\pm 0,15$ SEM) geringgradig unter der der Legelinie LB. Dort befanden sich durchschnittlich 15,85 mg/ml ($\pm 0,15$ SEM) an Immunglobulinen im Eidotter. Ihr Maximum an Immunglobulinen erreichte die Legelinie LSL in der 69. LW mit 48,14 mg/ml, ihr Minimum in derselben Lebenswoche mit 1,15 mg/ml. Die Legelinie LB zeigte die absolut höchste Konzentration an Immunglobulinen in der 49. LW mit 37,31 mg/ml, die niedrigste ebenso in der 49. LW mit 1,60 mg/ml. In der Anlage A gab es mit 16,35 mg/ml ($\pm 0,20$ SEM) über den gesamten Untersuchungszeitraum gesehen die höchste mittlere IgY-Konzentration, gefolgt von der Anlage E mit 16,22 mg/ml ($\pm 0,36$ SEM). In der Anlage D lag die mittlere Immunglobulinkonzentration bei 14,85 mg/ml ($\pm 0,25$ SEM), in der Anlage B lag diese geringgradig darunter bei 14,76 mg/ml ($\pm 0,18$ SEM). Am

niedrigsten war die IgY- Konzentration in der Anlage C mit 12,47 mg/ml ($\pm 0,27$ SEM).

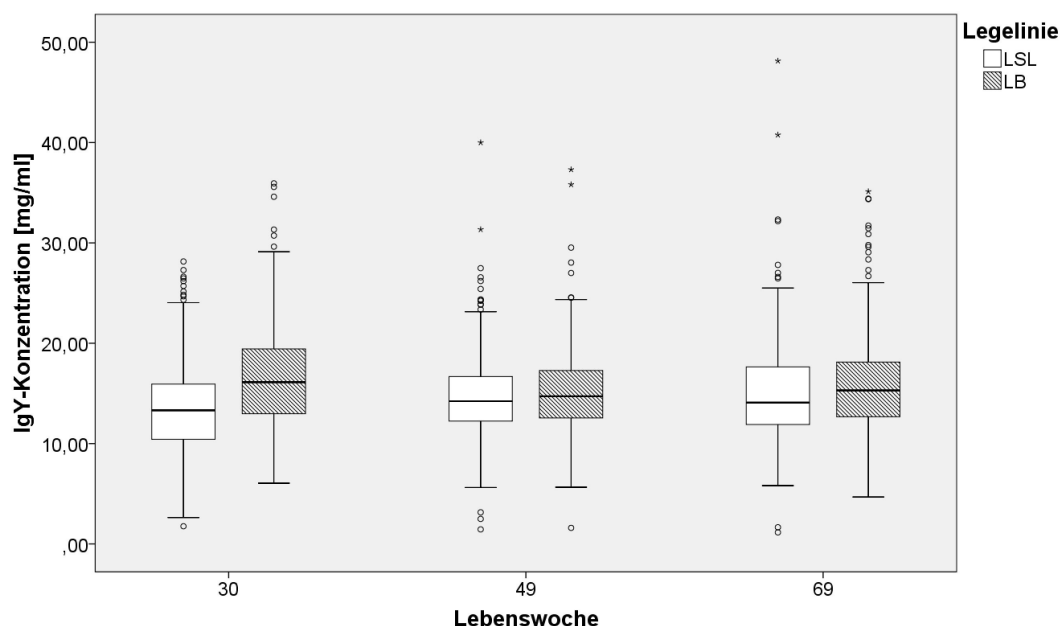


Abbildung 50: Die Verteilung der IgY-Konzentration im Eidotter in Abhängigkeit von der Legelinie über den gesamten Untersuchungszeitraum, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 30: LSL n = 323/ LB n = 340; LW 49: LSL n = 313/ LB n = 339; LW 69 LSL n = 272/ LB n = 338)

Tabelle 33: Die jeweilige mittlere IgY- Konzentration im Eidotter über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	IgY- Konzentration [mg/ml]						IgY- Konzentration [mg/ml]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	260	15,47	4,41	0,27	1,15	27,81	270	17,20	4,50	0,27	5,65	37,31
B	304	13,59	4,35	0,25	1,66	40,00	357	15,75	4,67	0,25	1,60	35,58
C	84	11,82	3,42	0,37	1,45	21,77	90	13,08	3,62	0,38	6,05	24,54
D	142	14,63	4,19	0,35	2,63	31,34	180	15,03	4,80	0,36	7,29	35,94
E	118	16,00	5,92	0,54	3,15	48,14	120	16,44	5,23	0,48	6,85	34,60

Bezüglich der Legelinie und den Anlagentypen erwiesen sich die Unterschiede an Immunglobulinkonzentrationen als signifikant ($p < 0,001$). Zwischen den IgY-Konzentrationen der Lebenswochen/Untersuchungs-

zeiträume ließen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede feststellen ($p = 0,078$).

4.2.11 *Eiklarhöhe*

Messungen hinsichtlich der Eiklarhöhe wurden organisationsbedingt ausschließlich bei den Tagesgelegen in den Anlagen C bis E durchgeführt.

Im ersten Untersuchungszeitraum lag die mittlere Eiklarhöhe bei 8,53 mm ($\pm 0,08$ SEM) ($n = 110$) bei der Legelinie LSL und 8,14 mm ($\pm 0,10$ SEM) ($n = 110$) bei der Legelinie LB. In der 49. LW waren die Eiklarhöhen beider Legelinien auf 7,32 mm ($\pm 0,07$ SEM) (LSL $n = 110$) bzw. 6,64 mm ($\pm 0,08$ SEM) (LB $n = 110$) gesunken. Zum letzten Untersuchungszeitraum hin lag die mittlere Eiklarhöhe der Legelinie LSL bei 6,37 mm ($\pm 0,07$ SEM) ($n = 90$), die der Legelinie LB bei 5,85 mm ($\pm 0,07$ SEM) ($n = 100$). Insgesamt lag die mittlere Eiklarhöhe der Legelinie LSL bei 7,47 mm ($\pm 0,07$ SEM) und war geringgradig höher als die der Legelinie LB mit 6,91 mm ($\pm 0,07$ SEM). Ihr Maximum an Eiklarhöhe erreichte die Legelinie LSL in der 30. LW mit 11,04 mm, ihr Minimum mit 5,07 mm in der 69. LW. Zu den gleichen Zeitpunkten gab es die höchste Eiklarhöhe bei der Legelinie LB mit 11,36 mm und die niedrigste mit 3,66 mm. Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen war die Eiklarhöhe in der Anlage D mit 7,26 mm ($\pm 0,07$ SEM) am höchsten, die der Anlage E folgte dieser mit 7,24 mm ($\pm 0,12$ SEM). Am niedrigsten waren die Eiklarhöhen in der Anlage C mit 7,02 mm ($\pm 0,08$ SEM).

Die Unterschiede zwischen den Anlagentypen erwiesen sich hier als nicht signifikant ($p = 0,067$), die Unterschiede zwischen den Legelinien und den Lebenswochen/ Untersuchungszeiträumen hingegen schon ($p < 0,001$).

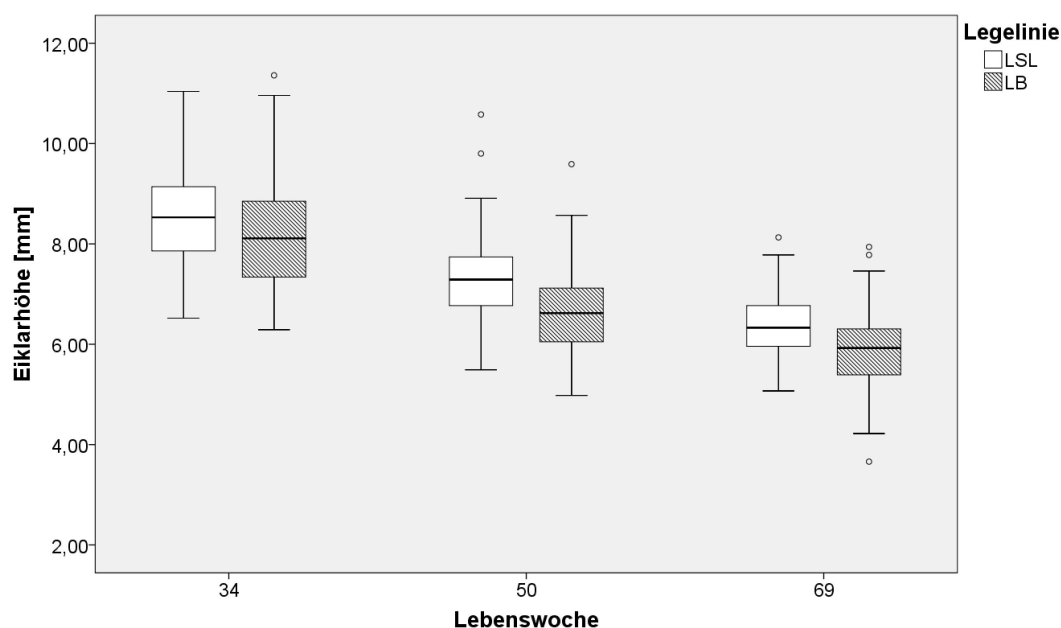


Abbildung 51: Die Verteilung der Eiklarhöhe in Abhängigkeit von der Legelinie und über die drei Untersuchungszeiträume, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 34: LSL n = 110/ LB n = 110; LW 50: LSL n = 110/ LB n = 110; LW 69 LSL n = 90/ LB n = 100)

Tabelle 34: Die jeweiligen mittleren Eiklarhöhen aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Eiklarhöhe [mm]						Eiklarhöhe [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
C	90	7,30	1,02	0,11	5,42	11,04	90	6,75	1,13	0,12	4,80	9,81
D	160	7,55	1,22	0,10	5,07	10,81	170	6,98	1,34	0,10	4,22	11,36
E	60	7,53	1,23	0,16	5,24	10,23	60	6,95	1,33	0,17	3,66	10,30

4.2.12 Haugh Units (HU)

Wie auch schon bei den Eiklarhöhen werden hier die Ergebnisse der Tagesgelege von drei Anlagentypen (C bis E) erläutert.

Zum ersten Untersuchungszeitraum hin zeigte die Legelinie LSL mittlere Haugh Units von 92,36 ($\pm 0,41$) (n = 110), die Legelinie LB Haugh Units von 89,98 ($\pm 0,51$ SEM) (n = 110). In der 49. LW hatten die Eier der Legelinie LSL mittlere Haugh Units von 84,53 ($\pm 0,45$ SEM) (n = 110), die

Eier der Legelinie LB von 79,99 ($\pm 0,52$ SEM) ($n = 110$). Zum dritten UZR hin fielen die Haugh Units beider Legelinien ab, die der Legelinie LSL auf 78,08 ($\pm 0,47$ SEM) ($n = 90$), die der Legelinie LB auf 74,17 ($\pm 0,58$ SEM) ($n = 100$). Insgesamt lag die Legelinie LSL mit 85,43 ($\pm 0,41$ SEM) höher als die Legelinie LB mit 81,61 ($\pm 0,48$ SEM). Ihr Maximum erreichten beide Legelinien in der 49. LW (LSL: 102,36/ LB: 104,71), ihr Minimum in der 69. LW (LSL: 68,03/ LB: 53,97). Auf Anlagenebene gesehen waren die Haugh Units der Anlage D mit 83,80 ($\pm 0,46$ SEM) genauso hoch wie die in der Anlage E (83,80 $\pm 0,80$ SEM). Am niedrigsten waren die Haugh Units in der Anlage C mit 82,71 ($\pm 0,54$ SEM).

Auch hier waren zwischen den unterschiedlichen Anlagentypen keine Signifikanzen erkennbar ($p = 0,198$). Die Unterschiede zwischen Legelinie und Lebenswochen/Untersuchungszeiträumen stellten sich jedoch mit einem p-Wert von kleiner 0,001 als signifikant dar.

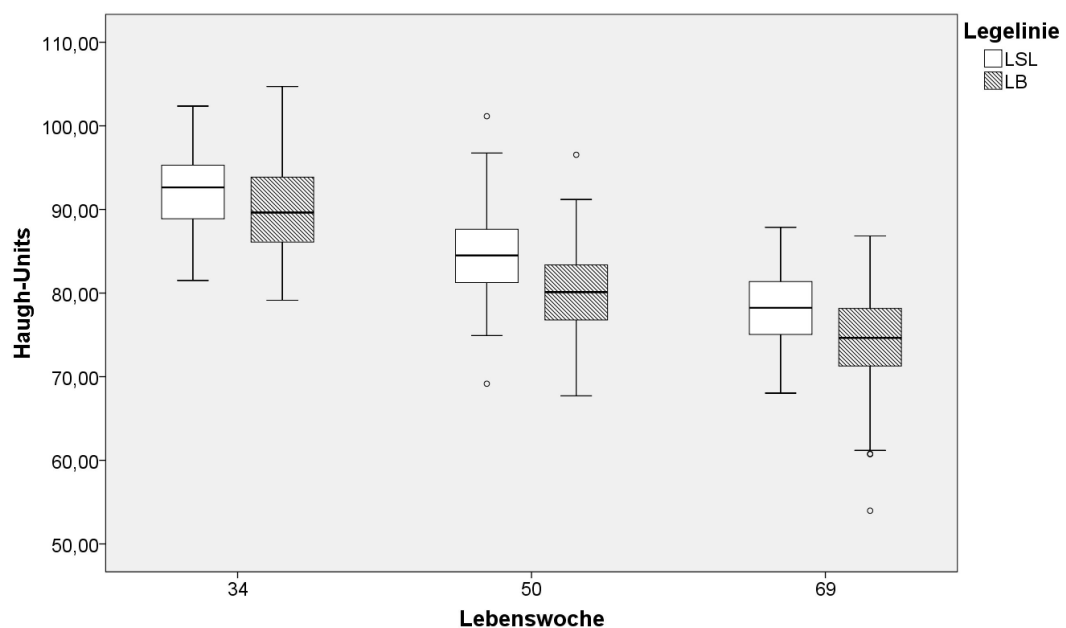


Abbildung 52: Die Verteilung der Haugh-Units in Abhängigkeit von der Legelinie und über die drei Untersuchungszeiträume, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; LW 34: LSL $n = 110$ / LB $n = 110$; LW 50: LSL $n = 110$ / LB $n = 110$; LW 69 LSL $n = 90$ / LB $n = 100$)

Tabelle 35: Die jeweiligen mittleren Haugh-Units aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Haugh Units						Haugh Units					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
C	90	84,56	6,26	0,66	71,2	101,9	90	80,87	7,75	0,82	64,94	98,8
D	160	85,80	7,58	0,60	69,2	102,4	170	81,91	8,74	0,67	60,73	104,7
E	60	85,77	7,97	1,03	68,0	100,9	60	81,83	9,13	1,18	53,97	100,6

4.2.13 *Fleischflecken (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)*

Im ersten Untersuchungszeitraum (30. LW) zeigten bei der Legelinie LSL nur 1,2 % (n = 4) der Eier Fleischflecken, bei der Legelinie LB waren es hingegen 27,9 % (n = 95). In der 49. LW war der Anteil an Eiern mit Fleischflecken bei der Legelinie LSL um 0,9 % auf 0,3 % (n = 1) gesunken, der der Legelinie LB fiel ebenso, jedoch im Vergleich zur anderen Legelinie auf deutlich höhere 11,2 % (n = 38). Zur 69. LW hin gab es bei der Legelinie LSL keine Eier mit Fleischflecken, bei der Legelinie LB jedoch stieg der Anteil an Eiern mit Fleischflecken auf 40,0 % (n = 136) an. Somit wiesen insgesamt 0,5 % (n = 5) aller von der Legelinie LSL untersuchten Eier Fleischflecken auf, bei der Legelinie LB waren dies im Vergleich dazu 26,4 % (n = 269). Über alle Untersuchungszeiträume gesehen war der Anteil an untersuchten Eiern mit Fleischflecken in der Anlage B mit 16,4 % (n = 110) am höchsten, gefolgt von der Anlage A mit 13,5 % (n = 73). In der Anlage D betrug der Anteil 12,8 % (n = 42), in der Anlage C 12,2 % (n = 22) und in der Anlage E 11,2 % (n = 27).

Bei der statistischen Analyse erwiesen sich sowohl die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien ($p < 0,001$), als auch die Unterschiede zwischen den Untersuchungszeiträumen ($p = 0,001$) als signifikant. Keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Fleischflecken konnten zwischen den unterschiedlichen Anlagentypen festgestellt werden ($p = 0,279$).

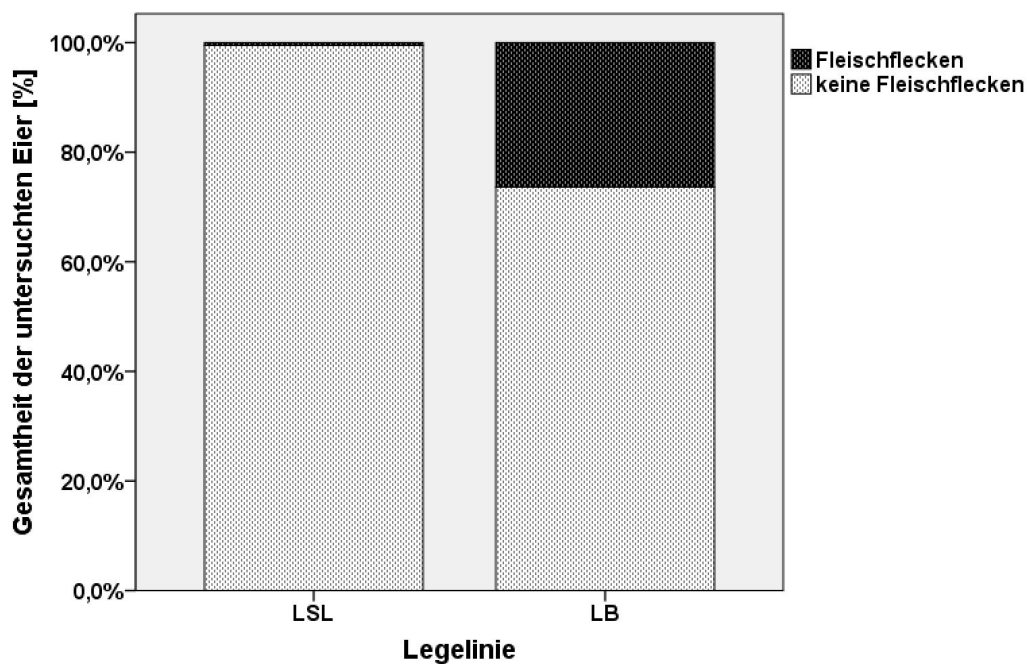


Abbildung 53: Der jeweilige Anteil an Eiern mit/ohne Fleischflecken nach Legelinie unterteilt, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; mit Fleischflecken LSL n = 5/ LB n = 269; ohne Fleischflecken LSL n = 933/ LB n = 751);

4.2.14 *Blutflecken (drei Untersuchungszeiträume, Anlage A-E)*

In der 30. LW zeigten bei der Legelinie LSL 1,5 % (n = 5) der Eier Blutflecken, bei der Legelinie LB waren dies 4,7 % (n = 16). Zum zweiten Untersuchungszeitraum hin wurden nur bei einem Ei der Legelinie LSL Blutflecken festgestellt (0,3 %), bei der Legelinie LB hingegen waren 57 Eier (16,8 %) mit Blutflecken versehen. In der 69. LW wiesen bei der Legelinie LSL 1,8 % (n = 5) der untersuchten Eier Blutflecken auf, bei der Legelinie LB waren dies geringgradig höhere 2,1 % (n = 7). Über den gesamten Untersuchungszeitraum betrachtet betrug der Anteil der Eier mit Blutflecken bei der Legelinie LSL 1,2 % (n = 11), der der Legelinie LB 7,8 % (n = 80). Auf Anlagenebene betrachtet war der jeweilige Anteil der untersuchten Eier mit Blutflecken in der Anlage E mit 7,9 % (n = 19) am höchsten. Etwas niedriger war dieser in der Anlage D mit 6,7 % (n = 22), gefolgt von der Anlage B mit 4,0 % (n = 27). Noch weniger Eier mit Blutflecken wies die Anlage A mit 3,3 % (n = 18) auf, am wenigsten die Anlage C mit 2,8 % (n = 5).

Die Unterschiede zwischen den Legelinien ($p < 0,001$), sowie den Anlagentypen ($p = 0,014$) erwiesen sich als signifikant. Die unterschiedlichen Häufigkeiten des Auftretens von Blutflecken zwischen den Untersuchungszeiträumen erwiesen sich hingegen als nicht signifikant ($p = 0,233$).

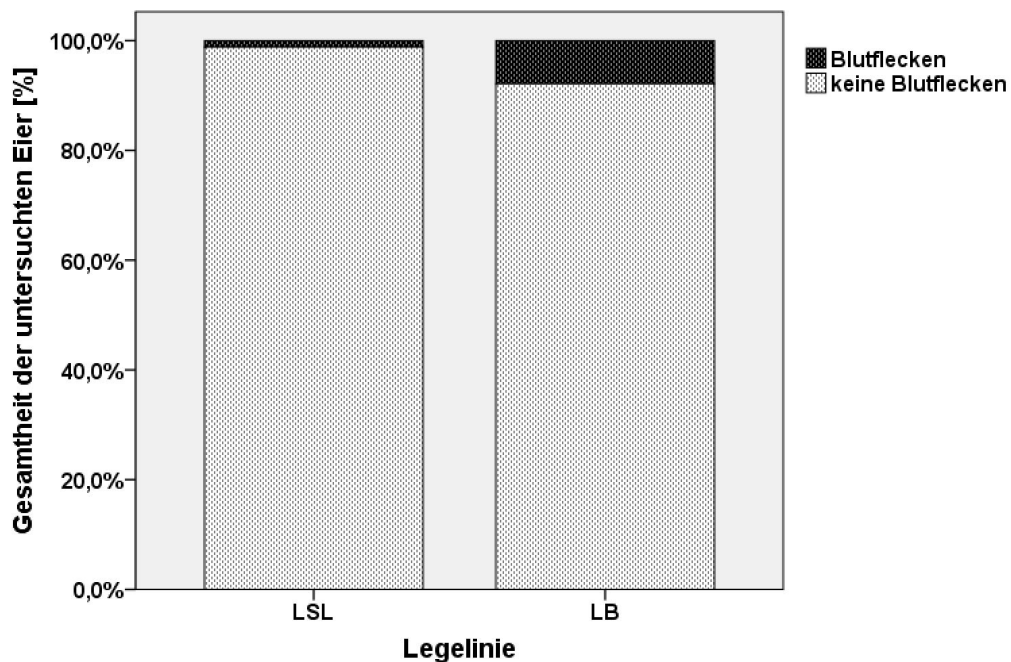


Abbildung 54: Der jeweilige Anteil an Eiern mit/ohne Blutflecken nach Legelinie unterteilt, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; mit Blutflecken LSL n = 11/ LB n = 80; ohne Blutflecken LSL n = 927/ LB n = 940)

4.2.15 *Fleischflecken (Tagesgelege, Anlage C-E)*

Im ersten Untersuchungszeitraum in der 34. LW und dem zweiten in der 50. LW zeigten bei der Legelinie LSL keine der Eier Fleischflecken, bei der Legelinie LB waren es hingegen in der 34. LW 30,0 % ($n = 33$) und in der 50. LW 39,1 % ($n = 43$). Zur 69. LW hin gab es bei der Legelinie LSL sowie bei der Legelinie LB keine Eier mit Fleischflecken. Somit wiesen alle von der Legelinie LSL untersuchten Eier keine Fleischflecken auf, bei der Legelinie LB waren dies im Vergleich dazu 23,8 % ($n = 76$). Über alle Untersuchungszeiträume gesehen war der Anteil an untersuchten Eiern mit Fleischflecken in der Anlage D mit 14,8 % ($n = 49$) am höchsten,

gefolgt von der Anlage C mit 9,4 % (n = 17) und der Anlage E mit 8,3 % (n = 10).

Die Unterschiede zwischen den Legelinien ($p = 0,996$), sowie den Anlagentypen ($p = 0,089$) erwiesen sich als nicht signifikant. Die unterschiedlichen Häufigkeiten des Auftretens von Fleischflecken zwischen den Untersuchungszeiträumen erwiesen sich hier hingegen als signifikant ($p < 0,001$).

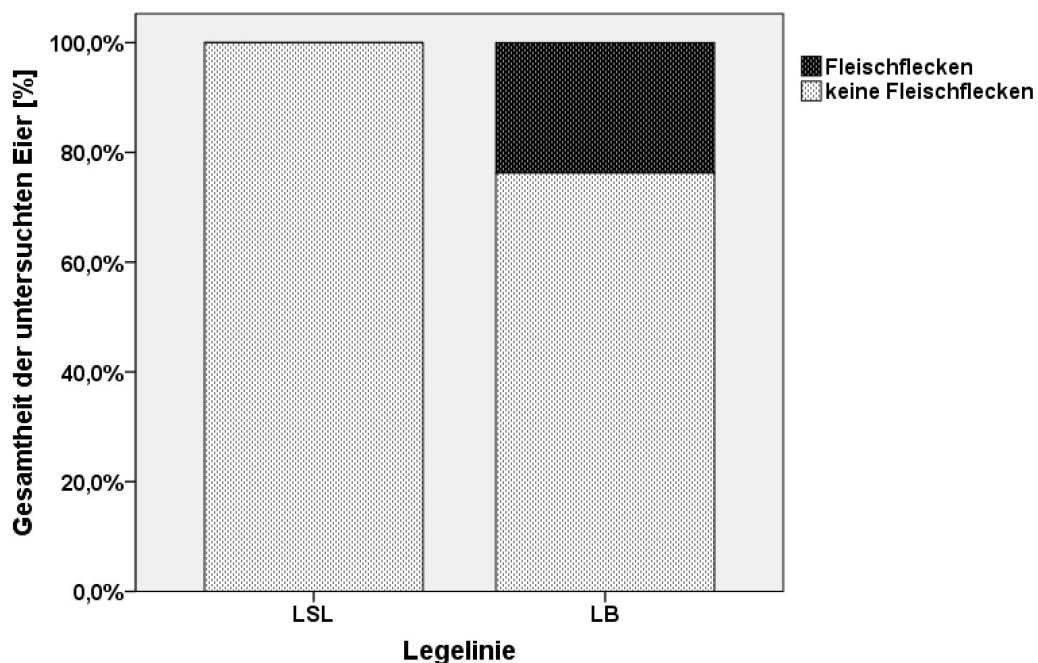


Abbildung 55: Der jeweilige Anteil an Eiern mit/ohne Fleischflecken nach Legelinie unterteilt, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; mit Fleischflecken LSL n = 0/ LB n = 76; ohne Fleischflecken LSL n = 310/ LB n = 244);

4.2.16 *Blutflecken (Tagesgelege, Anlage C-E)*

In der 34. und 50 LW. zeigte weder die Legelinie LSL noch die Legelinie LB jegliche Blutflecken. In der 69. LW wiesen bei der Legelinie LSL 7,8 % (n = 7) der untersuchten Eier Blutflecken auf, bei der Legelinie LB waren dies deutlich höhere 47,0 % (n = 47). Über den gesamten Untersuchungszeitraum betrachtet betrug der Anteil der Eier mit Blutflecken bei der Legelinie LSL 2,3 % (n = 7), der der Legelinie LB

14,7 % (n = 47). Auf Anlagenebene betrachtet war der jeweilige Anteil der untersuchten Eier mit Blutflecken in der Anlage E mit 9,2 % (n = 11) am höchsten. Etwas niedriger war dieser in der Anlage D mit 9,1 % (n = 30), gefolgt von der Anlage C mit 7,2 % (n = 13).

Bei der statistischen Analyse erwiesen sich die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien (p < 0,001) als signifikant. Sowohl die Unterschiede zwischen den Untersuchungszeiträumen (p = 0,996) als auch die Unterschiede zwischen den jeweiligen Anlagentypen stellten sich als nicht signifikant heraus (p = 0,376).

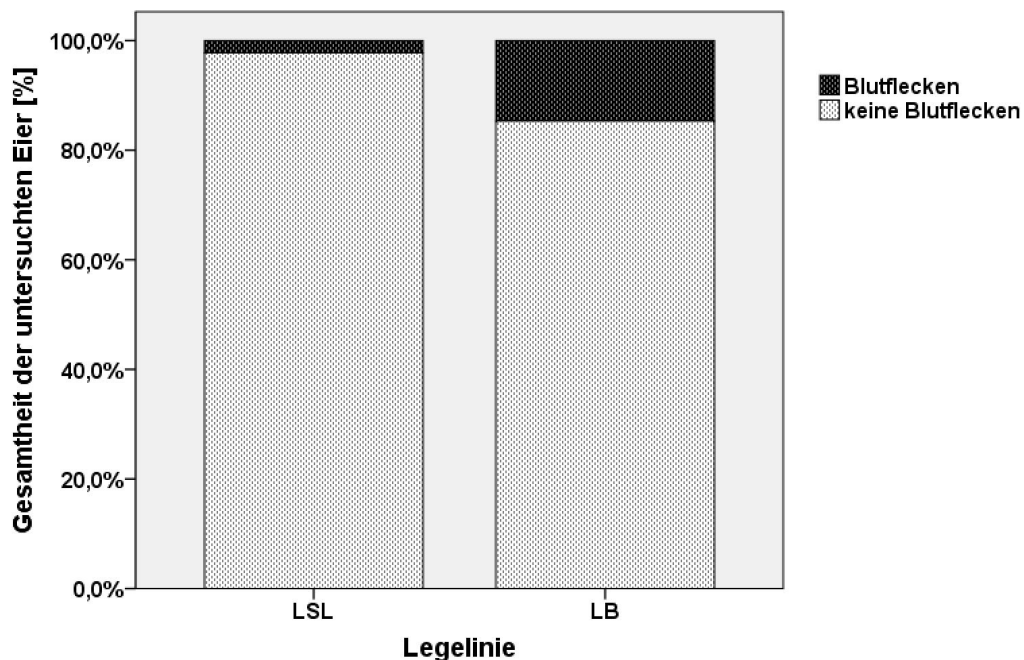


Abbildung 56: Der jeweilige Anteil an Eiern mit/ohne Blutflecken nach Legelinie unterteilt, **Anlage C - E** (n = Anzahl der untersuchten Eier; mit Blutflecken LSL n = 7/ LB n = 47; ohne Blutflecken LSL n = 303/ LB n = 273)

4.3 Hämatologie

Im Folgenden werden wieder die Ergebnisse aller fünf Anlagen aufgeführt.

4.3.1 *Hämatokrit*

Der mittlere Hämatokrit der Legelinie LSL betrug zu Beginn des Versuches in der 18. LW (Baseline) 34,47 % ($\pm 0,74$ SEM) ($n = 30$), der der Legelinie LB 35,67 % ($\pm 0,43$ SEM) ($n = 30$). Bis zur 30. LW fiel dieser auf durchschnittlich 27,32 % ($\pm 0,24$ SEM) ($n = 149$) bei der Legelinie LSL und 26,78 % ($\pm 0,21$ SEM) ($n = 150$) bei der Legelinie LB. Bei der zweiten Blutabnahme in der 49. LW war dieser bei beiden Legelinien wieder geringgradig angestiegen, der der Legelinie LSL auf 29,64 % ($\pm 0,34$ SEM) ($n = 149$), der der Legelinie LB auf 28,20 % ($\pm 0,26$ SEM) ($n = 149$). Zum letzten Untersuchungszeitraum hin stieg der Hämatokrit bei der Legelinie LSL nochmals auf 30,53 % ($\pm 0,27$ SEM) ($n = 150$) an, der der Legelinie LB fiel geringgradig auf 27,95 % ($\pm 0,24$ SEM) ($n = 150$) ab. Ohne Berücksichtigung des ersten Untersuchungszeitraumes (Baseline, hier nur 60 Tiere aus einer Anlage) lag der mittlere Hämatokrit der Legelinie LSL insgesamt bei 29,16 % ($\pm 0,18$ SEM), der der Legelinie LB bei 27,64 % ($\pm 0,16$ SEM). Das Maximum des Hämatokrits der Legelinie LSL lag bei 49,00 % in der 18. LW, das Minimum lag hier bei 7,00 % in der 49. LW. Bei der Legelinie LB lag das Maximum von 40,00 % ebenso in der 18. LW, wie das Minimum von 13,00 % in der 49. LW.

Bei Betrachtung des Hämatokrits auf Anlagenebene und über den gesamten Untersuchungszeitraum (ohne Berücksichtigung der Daten der 18. LW, welche nur in einem Stall erhoben wurden) war dieser in der Anlage D durchschnittlich mit 29,98 % ($\pm 0,26$ SEM) am höchsten, gefolgt von der Anlage A mit einem Hämatokrit von 28,72 % ($\pm 0,30$ SEM). In der Anlage B lag der mittlere Hämatokrit bei 28,70 % ($\pm 0,25$ SEM), in der Anlage E bei 27,59 % ($\pm 0,19$ SEM). Am niedrigsten war der mittlere Hämatokrit der Legehennen in der Anlage C, dieser lag bei durchschnittlich 27,03 % ($\pm 0,21$ SEM).

Der Hämatokrit wurde sowohl von der Legelinie als auch von dem Anlagentyp signifikant beeinflusst ($p < 0,001$). Die Schwankungen

zwischen den Untersuchungszeiträumen erwiesen sich als ebenso signifikant ($p < 0,001$).

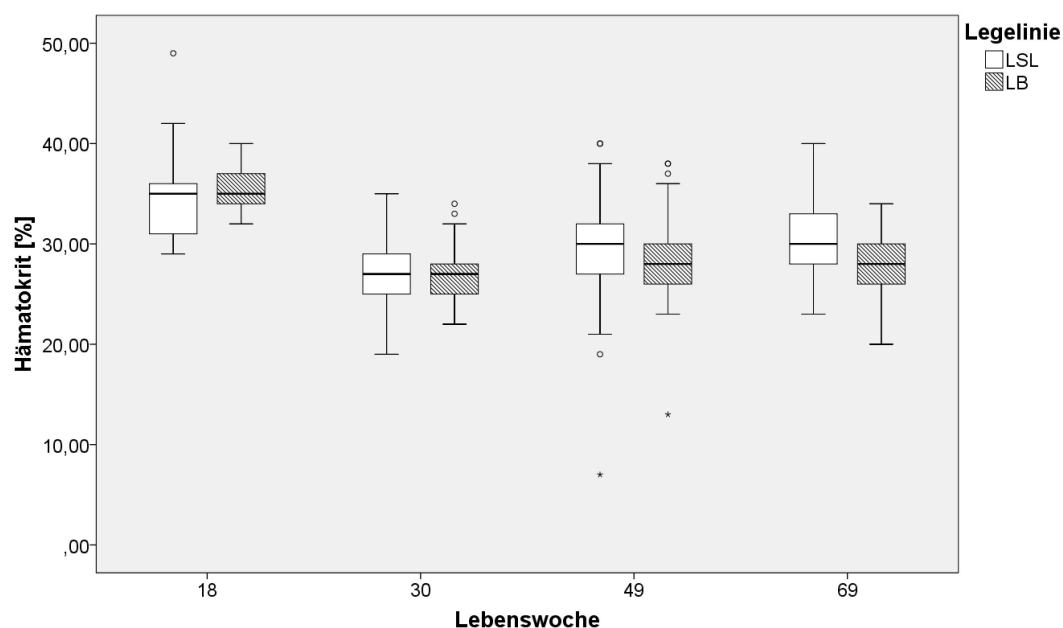


Abbildung 57: Die Verteilung des Hämatokrits in Abhängigkeit von der Legelinie und über die vier Untersuchungszeiträume, **LW 18 Anlage C, LW 30 – 69 Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 18: LSL n = 30/ LB n = 30; LW 30: LSL n = 149/ LB n = 150; LW 49: LSL n = 149/ LB n = 149; LW 69 LSL n = 150/ LB n = 150)

Tabelle 36: Der jeweilige mittlere Hämatokrit über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (ohne Baseline; n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Hämatokrit [%]						Hämatokrit [%]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	90	29,77	4,33	0,46	19,00	40,00	89	27,65	3,32	0,35	13,00	34,00
B	90	29,44	4,01	0,42	21,00	38,00	90	27,96	2,44	0,26	23,00	35,00
C	89	27,60	3,34	0,35	7,00	34,00	90	26,47	2,13	0,22	22,00	31,00
D	89	31,03	3,15	0,33	23,00	40,00	90	28,93	3,42	0,36	20,00	38,00
E	90	27,98	2,52	0,27	23,00	33,00	90	27,21	2,66	0,28	22,00	36,00

4.3.2 Hämoglobin

Die Hämoglobinkonzentration der Legelinie LSL nahm initial bei Anlieferung in der 18. LW Werte von 6,023 mmol/l ($\pm 0,076$ SEM) ($n = 30$), die der Legelinie LB Werte von 6,051 mmol/l ($\pm 0,089$ SEM) ($n = 30$) an. In der 30. LW sank diese bei beiden Legelinien geringgradig ab. Bei der Legelinie LSL auf 5,997 mmol/l ($\pm 0,051$ SEM) ($n = 147$), bei der Legelinie LB auf mittlere 5,588 mmol/l ($\pm 0,044$ SEM) ($n = 149$). In der 49. LW stieg die Hämoglobinkonzentration beider Legelinien wieder auf Werte von 6,086 mmol/l ($\pm 0,101$ SEM) (LSL, $n = 145$) bzw. 5,753 mmol/l ($\pm 0,113$ SEM) (LB, $n = 145$) an. Dieser Trend hielt sich auch bis zur 69. LW. Zu diesem Zeitpunkt lag die mittlere Hämoglobinkonzentration der Legelinie LSL bei 7,399 mmol/l ($\pm 0,074$ SEM) ($n = 148$), die der Legelinie LB bei 6,877 mmol/l ($\pm 0,076$ SEM) ($n = 149$). Die Legelinie LSL hatte über alle Untersuchungszeiträume (ohne Berücksichtigung der 18. LW, Begründung siehe oben) mittlere Hämoglobinwerte von 6,498 mmol/l ($\pm 0,054$ SEM), die Legelinie LB lag mit 6,075 mmol/l ($\pm 0,055$ SEM) gering darunter. Das Minimum der Hämoglobinkonzentration der Legelinie LSL mit 2,257 mmol/l wurde gleichermaßen in der 49. LW erreicht, wie das Maximum mit 13,540 mmol/l. Bei der Legelinie LB traten zu diesem Untersuchungszeitpunkt ebenso das Maximum mit 13,680 mmol/l, sowie das Minimum mit 3,215 mmol/l auf. Über den gesamten Untersuchungszeitraum (ohne Berücksichtigung der 18. LW) betrachtet war die Hämoglobinkonzentration in der Anlage D mit 6,516 mmol/l ($\pm 0,092$ SEM) am höchsten. In der Anlage A lag diese mit 6,326 mmol/l ($\pm 0,085$ SEM) geringfügig darunter, gefolgt von der Anlage C mit 6,309 mmol/l ($\pm 0,079$ SEM) und der Anlage E mit 6,167 mmol/l ($\pm 0,091$ SEM). Am niedrigsten war die mittlere Hämoglobinkonzentration in der Anlage B mit 6,107 mmol/l ($\pm 0,087$ SEM).

Die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien ($p < 0,001$), den Anlagentypen ($p = 0,001$) sowie den Lebenswochen ($p < 0,001$) erwiesen sich als signifikant.

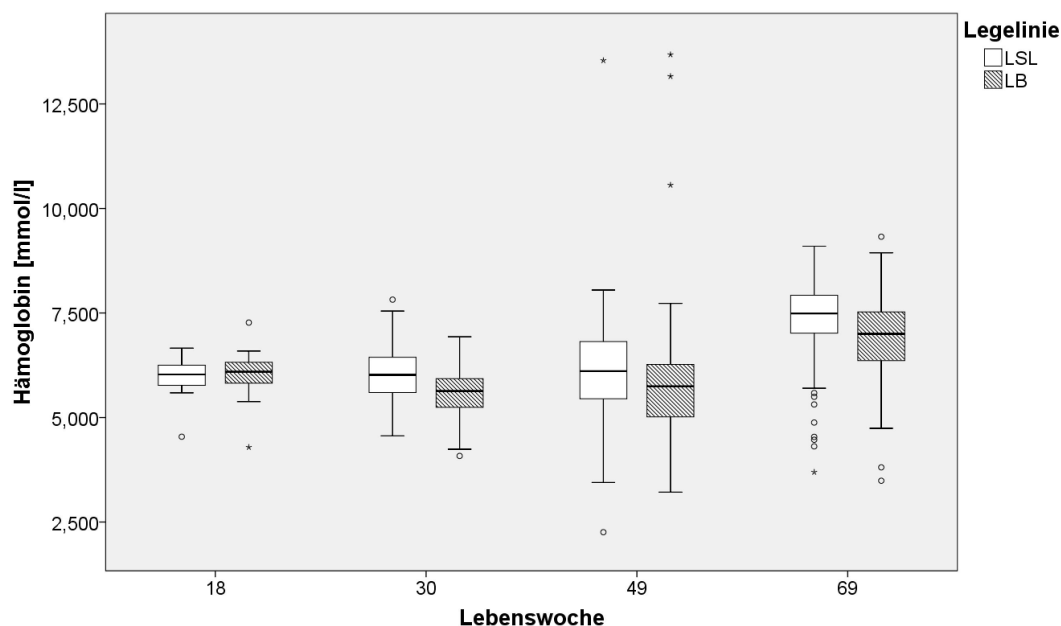


Abbildung 58: Die Verteilung der Hämoglobinkonzentration in Abhängigkeit von der Legelinie und über die vier Untersuchungszeiträume, **LW 18 Anlage C; LW 30 – 69 Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 18: LSL n = 30/ LB n = 30; LW 30: LSL n = 147/ LB n = 149; LW 49: LSL n = 145/ LB n = 145; LW 69 LSL n = 148/ LB n = 149)

Tabelle 37: Die jeweilige mittlere Hämoglobinkonzentration über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (ohne Baseline; n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Hämoglobin [mmol/l]						Hämoglobin [mmol/l]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	88	6,499	1,248	0,133	2,26	9,01	84	6,145	0,921	0,101	4,16	8,46
B	84	6,354	1,119	0,122	3,45	8,93	89	5,874	1,134	0,120	3,26	9,36
C	89	6,492	0,915	0,097	4,15	8,30	90	6,128	1,167	0,123	4,20	13,16
D	89	6,809	1,168	0,124	3,70	13,54	90	6,227	1,226	0,129	3,49	13,68
E	90	6,329	1,177	0,124	4,01	8,62	90	6,005	1,240	0,131	3,33	8,94

4.3.3 IgY- Konzentration im Serum

Die Konzentration der Immunglobuline lag zu Beginn der Versuchsreihe, bei der Erhebung der sogenannten Baseline, bei mittleren 15,51 mg/ml ($\pm 1,10$ SEM) (n = 30) bei der Legelinie LSL und 16,19 mg/ml ($\pm 0,97$ SEM) (n = 30) bei der Legelinie LB. Zur 30. LW hin fiel diese auf 11,13 mg/ml ($\pm 0,35$ SEM) (n = 149) bei der Legelinie LSL und mittlere

13,94 mg/ml ($\pm 0,44$ SEM) ($n = 150$) bei der Legelinie LB. Die IgY-Konzentration bei der Legelinie LSL stieg daraufhin zum zweiten Untersuchungszeitraum durchschnittlich auf 12,39 mg/ml ($\pm 0,43$ SEM) ($n = 143$) an, bei der Legelinie LB fiel diese weiterhin ab auf 12,84 mg/ml ($\pm 0,44$ SEM) ($n = 125$). Gegen Ende des Versuches, bei der letzten Blutabnahme, blieb die IgY-Konzentration bei der Legelinie LSL nahezu unverändert auf 12,70 mg/ml ($\pm 0,51$ SEM) ($n = 141$), bei der Legelinie LB stieg diese wieder leicht auf 13,00 mg/ml ($\pm 0,39$ SEM) ($n = 147$) an. Über alle Untersuchungszeiträume gesehen (ohne Berücksichtigung der 18. LW, Begründung siehe oben) war die IgY-Konzentration der Legelinie LB mit 13,28 mg/ml ($\pm 0,24$ SEM) höher als die der Legelinie LSL mit 12,06 mg/ml ($\pm 0,25$ SEM). Die höchste absolute IgY-Konzentration bei der Legelinie LSL betrug 57,16 mg/ml in der 69. LW, die niedrigste IgY-Konzentration wurde in der 49. LW mit 0,92 mg/ml erreicht. Bei der Legelinie LB wiederum wurde das Maximum der IgY-Konzentration mit 43,59 mg/ml in der 30. LW erreicht, das Minimum in der 49. LW mit 5,05 mg/ml. Über den gesamten Versuchszeitraum betrachtet (ohne Berücksichtigung der 18. LW) war die IgY-Konzentration in der Anlage A mit 14,08 mg/ml ($\pm 0,47$ SEM) am höchsten, gefolgt von der Anlage B mit 13,69 mg/ml ($\pm 0,40$ SEM) und der Anlage E mit 12,71 mg/ml ($\pm 0,43$ SEM). Am niedrigsten war die IgY-Konzentration in der Anlage D mit 11,55 mg/ml ($\pm 0,30$ SEM) und der Anlage C mit 11,37 mg/ml ($\pm 0,30$ SEM).

Zwischen den beiden Legelinien erwiesen sich die oben aufgeführten Unterschiede als signifikant ($p = 0,001$). Ebenso verhielt es sich mit den unterschiedlichen IgY-Konzentrationen in den verschiedenen Anlagentypen ($p < 0,001$), sowie den Schwankungen zwischen den Lebenswochen bzw. Untersuchungszeiträumen ($p = 0,015$).

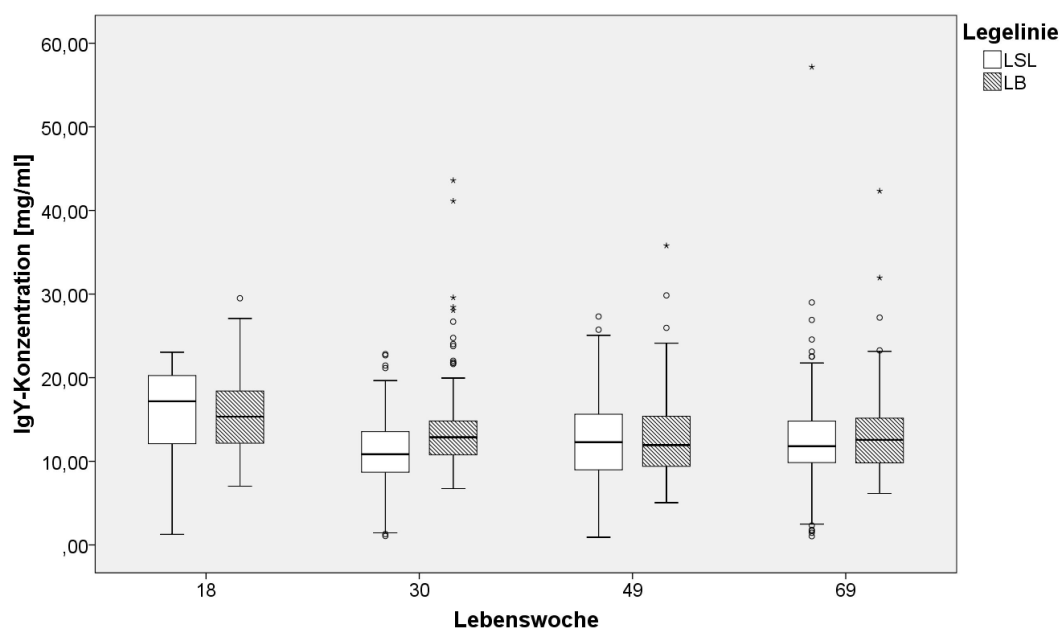


Abbildung 59: Die Verteilung der IgY-Konzentration (Serum) in Abhängigkeit von der Legelinie und über die vier Untersuchungszeiträume, **LW 18 Anlage C; LW 30 – 69 Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 18: LSL n = 30/ LB n = 30; LW 30: LSL n = 149/ LB n = 150; LW 49: LSL n = 143/ LB n = 125; LW 69 LSL n = 141/ LB n = 147)

Tabelle 38: Die jeweilige mittlere IgY-Konzentration (Serum) über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (ohne Baseline; n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	IgY- Konzentration [mg/ml]						IgY- Konzentration [mg/ml]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	88	13,47	6,84	0,73	1,30	57,16	83	14,72	5,35	0,59	6,68	35,79
B	88	12,88	5,08	0,54	1,91	25,74	79	14,59	5,06	0,57	7,39	43,59
C	89	10,85	4,29	0,45	0,92	29,00	90	11,88	3,80	0,40	6,09	28,44
D	87	11,37	4,42	0,47	1,14	24,57	84	11,73	3,44	0,38	5,05	21,78
E	81	11,68	4,61	0,51	1,07	22,68	86	13,68	6,23	0,67	6,15	42,33

4.3.4 Calciumkonzentration

Initial bei Einstellung der Tiere betrug die Calciumkonzentration im Blut der Legelinie LSL mittlere 2,99 mmol/l ($\pm 0,08$ SEM) (n = 30), die der Legelinie LB 2,94 mmol/l ($\pm 0,04$ SEM) (n = 30). Zum zweiten Untersuchungszeitraum hin stieg diese bei der Legelinie LSL auf mittlere 7,38 mmol/l ($\pm 0,15$ SEM) (n = 115), bei der Legelinie LB auf 6,40 mmol/l

($\pm 0,11$ SEM) ($n = 95$). In der 49. LW blieb die Calciumkonzentration der Legelinie LSL bei mittleren $7,33 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,15$ SEM) ($n = 110$), die der Legelinie LB auf $6,69 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,12$ SEM) ($n = 75$). Zum Ende des Versuches lag diese bei der Legelinie LSL bei $7,50 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,20$ SEM) ($n = 66$), bei der Legelinie LB bei $6,55 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,20$ SEM) ($n = 64$). Die Calciumkonzentration über den gesamten Beobachtungszeitraum gesehen (ohne Berücksichtigung der 18. LW, Begründung siehe oben) war durchschnittlich bei der Legelinie LSL mit $7,39 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,09$ SEM) etwas höher als bei der Legelinie LB mit $6,53 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,08$ SEM). Die Legelinie LSL erreichte ihr Maximum an Calciumkonzentration in der 30. LW mit $16,17 \text{ mmol/l}$, ihr Minimum in der 18. LW mit $3,82 \text{ mmol/l}$. Bei der Legelinie LB wurde die absolut höchste Calciumkonzentration in der 69. LW mit $10,73 \text{ mmol/l}$ erreicht, die absolut niedrigste in derselben LW mit $0,12 \text{ mmol/l}$. Auf Anlagenebene und über drei Untersuchungszeitpunkte gesehen (ohne Berücksichtigung der 18. LW) war die Calciumkonzentration in der Anlage D mit mittleren $7,47 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,22$ SEM) am höchsten, gefolgt von der Anlage A mit $7,03 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,14$ SEM). In der Anlage B lag die Calciumkonzentration durchschnittlich bei $6,96 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,13$ SEM), in der Anlage C bei $6,94 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,13$ SEM). Am niedrigsten war die mittlere Calciumkonzentration in der Anlage E mit $6,81 \text{ mmol/l}$ ($\pm 0,13$ SEM).

Bei der statistischen Analyse erwiesen sich die Unterschiede zwischen den Legelinien als signifikant ($p < 0,001$). Der Anlagentyp ($p = 0,074$) sowie die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume ($p = 0,544$) hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Calciumkonzentrationen.

Um einen möglichen Zusammenhang von Calciumgehalt im Blut und Eischalendicke der Eier zu finden, welche zu den gleichen Zeitpunkten gesammelt wurden, zu denen auch Blut abgenommen wurde, wurde auch hier der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Dieser nahm einen Wert von $r = 0,026$ an, weswegen von keinem linearen Zusammenhang ausgegangen werden kann.

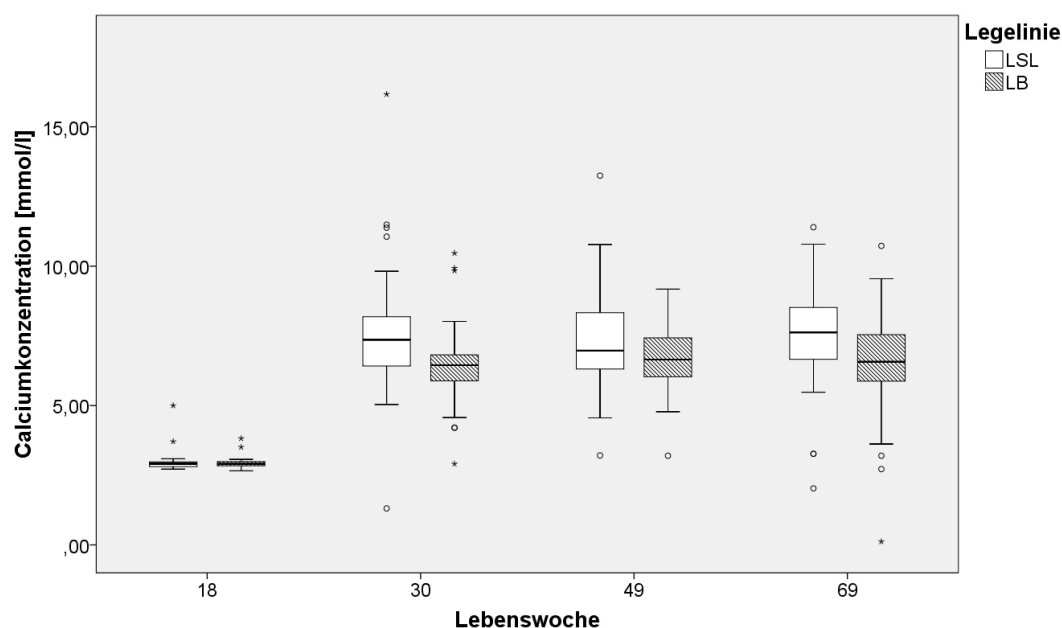


Abbildung 60: Die Verteilung der Calciumkonzentration in Abhängigkeit von der Legelinie und über die vier Untersuchungszeiträume, **LW 18 Anlage C; LW 30 – 69 Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 18: LSL n = 30/ LB n = 30; LW 30: LSL n = 115/ LB n = 95; LW 49: LSL n = 110/ LB n = 75; LW 69 LSL n = 66/ LB n = 64)

Tabelle 39: Die jeweilige mittlere Calciumkonzentration über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (ohne Baseline; n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Ca-Konzentration [mmol/l]						Ca-Konzentration [mmol/l]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	67	7,54	1,58	0,19	3,27	13,25	56	6,43	1,37	0,18	0,12	9,18
B	55	7,15	1,16	0,16	4,81	9,73	35	6,66	1,35	0,23	2,91	10,73
C	61	7,44	1,39	0,18	3,21	11,06	50	6,33	0,95	0,13	3,20	8,43
D	43	7,84	2,18	0,33	1,31	16,17	32	6,99	1,39	0,25	2,72	9,84
E	65	7,10	1,69	0,21	2,03	10,79	61	6,49	1,14	0,15	4,21	9,93

4.3.5 Phosphorkonzentration

Die Phosphorkonzentration im Blut lag bei Einstellung der Legehennen in der 18. LW bei mittleren 1,710 mmol/l ($\pm 0,030$ SEM) (n = 30) bei der Legelinie LSL und 1,791 mmol/l ($\pm 0,054$ SEM) (n = 30) bei der Legelinie LB. In der 30. LW war diese bei der Legelinie LSL geringgradig auf

1,807 mmol/l ($\pm 0,040$ SEM) ($n = 115$) gestiegen, bei der Legelinie LB hingegen geringgradig auf 1,747 mmol/l ($\pm 0,04$ SEM) ($n = 95$) gesunken. Zum dritten Untersuchungszeitraum hin stieg die mittlere Phosphorkonzentration im Blut der Legelinie LSL wiederum auf 1,854 mmol/l ($\pm 0,042$ SEM) ($n = 110$), die der Legelinie LB gleichermaßen auf 1,801 mmol/l ($\pm 0,049$ SEM) ($n = 75$). In der 69. LW schließlich stieg diese noch einmal auf 2,023 mmol/l ($\pm 0,046$ SEM) ($n = 65$) bei der Legelinie LSL und 1,947 mmol/l ($\pm 0,064$ SEM) ($n = 64$) bei der Legelinie LB. Über alle Untersuchungszeiträume gesehen (ohne Berücksichtigung der 18. LW, Begründung siehe oben) lag die mittlere Phosphorkonzentration der Legelinie LSL bei 1,874 mmol/l ($\pm 0,025$ SEM), die der Legelinie LB bei 1,819 mmol/l ($\pm 0,029$ SEM). Die höchste absolute Phosphorkonzentration im Blut erreichte die Legelinie LSL in der 30. LW mit 4,399 mmol/l, die niedrigste in der 49. LW mit 0,504 mmol/l. Bei der Legelinie LB wurde das Maximum in der 69. LW erreicht, das Minimum in der 30. LW. Über den gesamten Versuchszeitraum betrachtet (ohne Berücksichtigung der 18. LW) war die Phosphorkonzentration in der Anlage D mit 2,081 mmol/l ($\pm 0,058$ SEM) am höchsten, die der Anlage A lag etwas darunter mit 1,846 mmol/l ($\pm 0,036$ SEM). Darauf folgend war die Anlage B mit mittleren 1,830 mmol/l ($\pm 0,040$ SEM) und die Anlage C mit 1,813 mmol/l ($\pm 0,036$ SEM). Am niedrigsten war die Phosphorkonzentration in der Anlage E mit 1,760 mmol/l ($\pm 0,042$ SEM).

Die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien stellten sich hier als nicht signifikant dar ($p = 0,160$). Der Einfluss von Anlagentyp und Untersuchungszeitraum auf die Phosphorkonzentration war hingegen signifikant ($p < 0,001$).

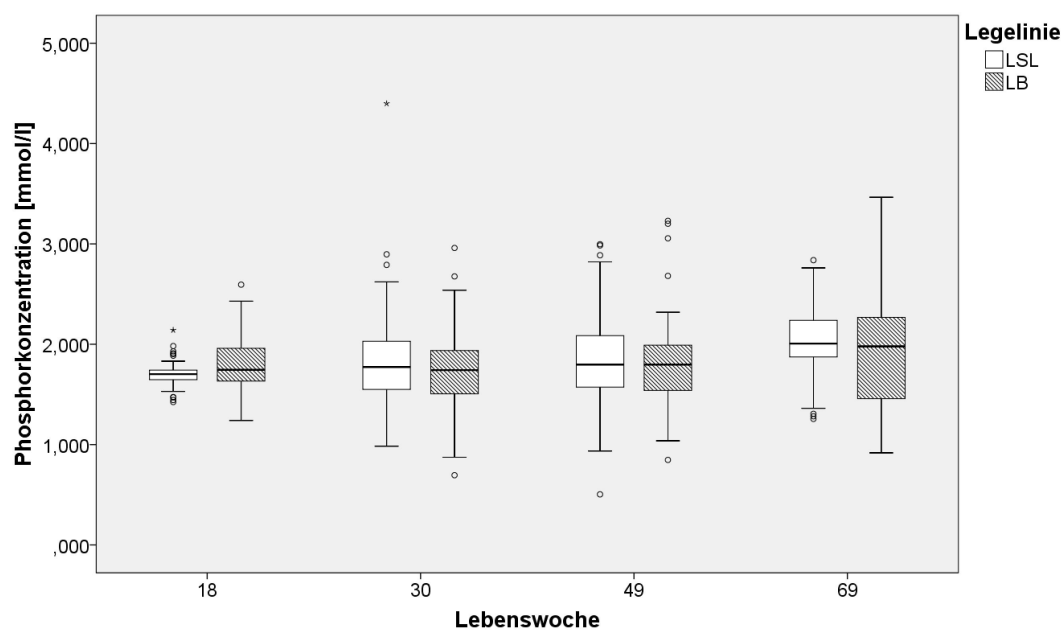


Abbildung 61: Die Verteilung der Phosphorkonzentration in Abhängigkeit von der Legelinie und über die vier Untersuchungszeiträume, **LW 18 Anlage C; LW 30 – 69 Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 18: LSL n = 30/ LB n = 30; LW 30: LSL n = 115/ LB n = 95; LW 49: LSL n = 110/ LB n = 75; LW 69 LSL n = 65/ LB n = 64)

Tabelle 40: Die jeweilige mittlere Phosphorkonzentration über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (ohne Baseline; n = Anzahl der untersuchten Tiere; P = Phosphor)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	P-Konzentration [mmol/l]						P-Konzentration [mmol/l]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	66	1,902	0,356	0,044	1,256	2,838	56	1,780	0,441	0,059	0,918	3,230
B	55	1,851	0,393	0,053	0,984	2,985	35	1,797	0,367	0,062	1,033	2,716
C	61	1,798	0,365	0,047	0,504	2,791	50	1,830	0,410	0,058	1,038	3,033
D	43	2,102	0,538	0,082	1,307	4,399	32	2,054	0,450	0,079	1,243	3,465
E	65	1,783	0,443	0,055	1,130	2,821	61	1,735	0,493	0,063	0,695	3,056

4.4 Bonitur

4.4.1 *Gesamteindruck*

Der Gesamteindruck beider Legelinien wurde insgesamt bei 99,8 % der Tiere als 'gut' befunden, nur jeweils 0,2 % der Legelinie LSL (n = 2) bzw. der Legelinie LB (n = 2) machten einen schlechten Gesamteindruck. In den Anlagen B und C wurde dieser bei allen Legehennen als 'gut' eingestuft, in den Anlagen A (n = 2), D (n = 1), E (n = 1) zeigten nur jeweils 0,3 % aller untersuchten Legehennen einen schlechten Gesamteindruck. Sowohl zwischen den Stallanlagen, als auch den Legelinien und den jeweiligen Lebenswochen gab es keine signifikanten Unterschiede.

4.4.2 *Bewertung Kamm*

In der 30. LW zeigten 93,7 % (n = 387) der untersuchten Legehennen der Legelinie LSL und 81,6 % (n = 338) der Legelinie LB verkrustete Veränderungen am Kamm. Der Anteil der Kämme mit blutigen Veränderungen betrug bei der Legelinie LSL 3,4 % (n = 14), der der Legelinie LB 0,7 % (n = 3). Bis zum zweiten Untersuchungszeitraum stieg der Anteil der verkrusteten Veränderungen bei der Legelinie LSL um 1,0 % auf 94,7 % (n = 374), der der Legelinie LB wiederum stieg um fast 10,0 % auf 91,2 % (n = 382). Der Anteil an blutigen Veränderungen fiel bei der Legelinie LSL auf 2,8 % ab (n = 11), der der Legelinie LB stieg geringgradig auf 1,2 % (n = 5) an. In der 69. LW fiel der Anteil an verkrusteten Kammveränderungen schließlich bei beiden Legelinien geringgradig ab, der der Legelinie LSL auf 90,8 % (n = 316), der der Legelinie LB auf 90,4 % (n = 377). Umso mehr stieg jedoch der Anteil an blutigen Veränderungen am Kamm. Dieser war bei der Legelinie LSL auf 7,5 % (n = 26), bei der Legelinie LB auf 5,5 % (n = 23) gestiegen. Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen zeigten 93,2 % (n = 1077) aller untersuchten Hennen der Legelinie LSL verkrustete Veränderungen am Kamm, bei der Legelinie LB waren dies 87,8 % (n = 1097). Der Anteil an blutigen Veränderungen lag bei der Legelinie LSL bei mittleren 4,4 % (n = 51), bei der Legelinie LB bei durchschnittlich 2,5 % (n = 31). In der

Anlage E gab es mit 84,3 % (n = 305) am wenigsten verkrustete Veränderungen, in der Anlage C war dieser Anteil mit 86,7 % (n = 234) geringgradig höher. In der Anlage A zeigten 87,6 % (n = 567) der untersuchten Legehennen verkrustete Veränderungen am Kamm, gefolgt von der Anlage B mit deutlich höheren 94,4 % (n = 690). In der Anlage D war der Anteil an verkrusteten Veränderungen mit 95,5 % (n = 378) am höchsten. Nahezu umgekehrt verhielt es sich mit den blutigen Veränderungen am Kamm. Hier war der Anteil in der Anlage B mit 2,2 % (n = 16) am niedrigsten, gefolgt von der Anlage D mit 2,3 % (n = 9). In der Anlage A konnten bei 2,6 % (n = 17) der untersuchten Legehennen blutige Veränderungen an den Kämmen festgestellt werden, in der Anlage C bei 6,3 % (n = 17). Am größten war der Anteil an blutigen Veränderungen in der Anlage E mit 6,4 % (n = 23).

Zwischen den Legelinien, sowie den Anlagentypen und Lebenswochen konnten bei der statistischen Auswertung signifikante Unterschiede festgestellt werden ($p = <0,001$).

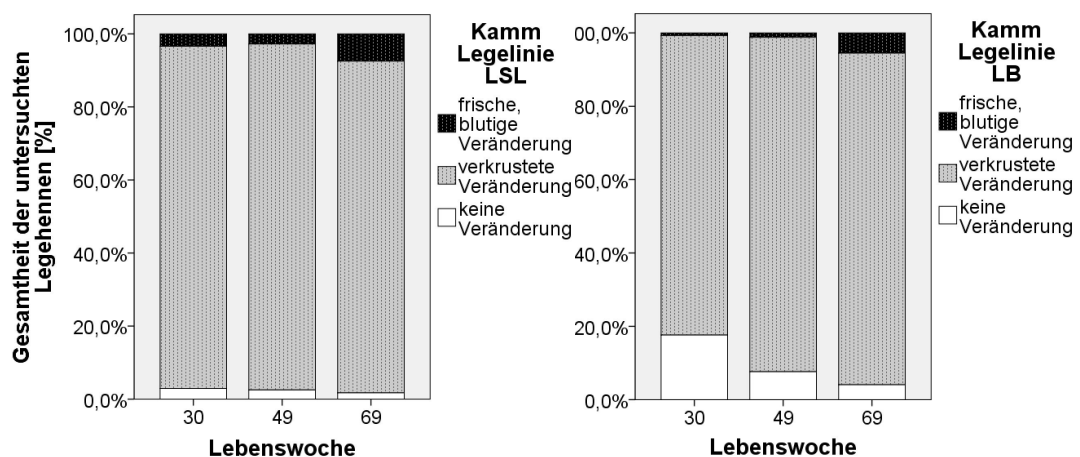


Abbildung 62: Der jeweilige Anteil an Kämmen ohne/mit verkrusteter oder blutiger Veränderung nach Untersuchungszeiträumen/ Lebenswochen aufgeteilt in den **Anlagen A - E**; links Legelinie LSL (n = Anzahl der Tiere; keine Veränderung n = 28/ verkrustete Veränderung n = 1077/ blutige Veränderung n = 51), rechts Legelinie LB (keine Veränderung n = 122/ verkrustete Veränderung n = 1097/ blutige Veränderung n = 31)

4.4.3 Kopfbefiederung

Im ersten Untersuchungszeitraum lag der Anteil an Köpfen mit beschädigten Federn und/oder federlosen Stellen nur bei 1,0 % ($n = 4$) bei der Legelinie LSL, bei der Legelinie LB bei geringgradig höheren 1,7 % ($n = 7$). In der 49. LW war dieser bei der Legelinie LSL auf 27,3 % ($n = 108$) angestiegen, der der Legelinie LB auf 26,3 % ($n = 110$). Bei der letzten Untersuchung in der 69. LW waren 69,0 % ($n = 240$) der untersuchten Köpfe der Legelinie LSL mit beschädigten Federn und/oder federlosen Stellen versehen, bei der Legelinie LB waren dies 67,9 % ($n = 283$). Insgesamt betrug der Anteil der Köpfe mit beschädigten Federn und/oder federlosen Stellen bei der Legelinie LSL 30,4 % ($n = 352$), der der Legelinie LB 32,0 % ($n = 400$). Auf Anlagenebene gesehen wiesen die Köpfe in der Anlage B mit 43,2 % ($n = 316$) die meisten Schäden auf, gefolgt von der Anlage A mit 30,8 % ($n = 199$) und der Anlage D mit 30,3 % ($n = 120$). In der Anlage C lag der Anteil an Köpfen mit beschädigten Federn und/oder federlosen Stellen noch bei 25,6 % ($n = 69$), in der Anlage E hingegen war dieser am geringsten und betrug nur 13,3 % ($n = 48$).

Die Unterschiede zwischen den Legelinien stellten sich als nicht signifikant heraus ($p = 0,285$). Zwischen den Anlagentypen und den jeweiligen Lebenswochen/ Untersuchungszeiträumen konnten hingegen signifikante Unterschiede nachgewiesen werden ($p < 0,001$).

4.4.4 Körperbefiederung

Um die Gefiederqualität im Laufe der Untersuchungsperiode besser bewerten zu können, wurde ein sogenannter Gefiederscore aus den Befiederungsnoten des Halses, des Rückens, des Schwanzes, des Flügels, der Brust und des Bauches gebildet. Somit konnte ein maximaler Gesamtgefiederscore von 24 erreicht werden.

In der 30. LW betrug der mittlere Gefiederscore der Legelinie LSL 21,45 ($\pm 0,10$ SEM) ($n = 413$), der der Legelinie LB 23,57 ($\pm 0,04$ SEM) ($n = 414$). Bis zum zweiten Untersuchungszeitraum fiel der Gefiederscore bei der Legelinie LSL auf 13,53 ($\pm 0,25$ SEM) ($n = 395$), der der Legelinie

LB fiel ebenso auf 18,97 ($\pm 0,15$ SEM) ($n = 419$). In der 69. LW war der Gefiederscore der Legelinie LSL schließlich auf mittlere 11,42 ($\pm 0,22$ SEM) ($n = 348$), der der Legelinie LB auf 13,41 ($\pm 0,21$ SEM) ($n = 417$) gesunken. Über alle Untersuchungszeiträume gesehen lag der mittlere Gefiederscore der Legelinie LSL bei 15,73 ($\pm 0,17$ SEM), der der Legelinie LB bei durchschnittlich höheren 18,64 ($\pm 0,15$ SEM). In den ersten zwei Untersuchungszeiträumen erreichte die Legelinie LSL noch die maximale Punktzahl von 24, im dritten konnte nur ein Maximum von 23 erreicht werden. Ihr Minimum von 6 erreichte sie bereits im zweiten Untersuchungszeitraum. Die Legelinie LB konnte bei allen drei Untersuchungen die maximale Punktzahl von 24 erreichen, ihren niedrigsten Gefiederscore von 6 erreichte sie erst in der 69. LW. Betrachtet man die durchschnittlichen Gefiederscores in den unterschiedlichen Anlagen, so betrug der Gefiederscore in der Anlage B nur 15,85 ($\pm 0,23$ SEM), der der Anlage D 16,38 ($\pm 0,28$ SEM). In der Anlage A erreichte der Gefiederscore durchschnittliche 16,44 ($\pm 0,23$ SEM). Etwas höher hingegen waren die Gefiederscores in der Anlage C mit 18,48 ($\pm 0,26$ SEM) und der Anlage E mit mittleren 21,49 ($\pm 0,14$ SEM).

Sowohl die Unterschiede zwischen den Legelinien als auch zwischen den Anlagentypen sowie den Lebenswochen/Untersuchungszeiträumen stellten sich als signifikant dar ($p < 0,001$).

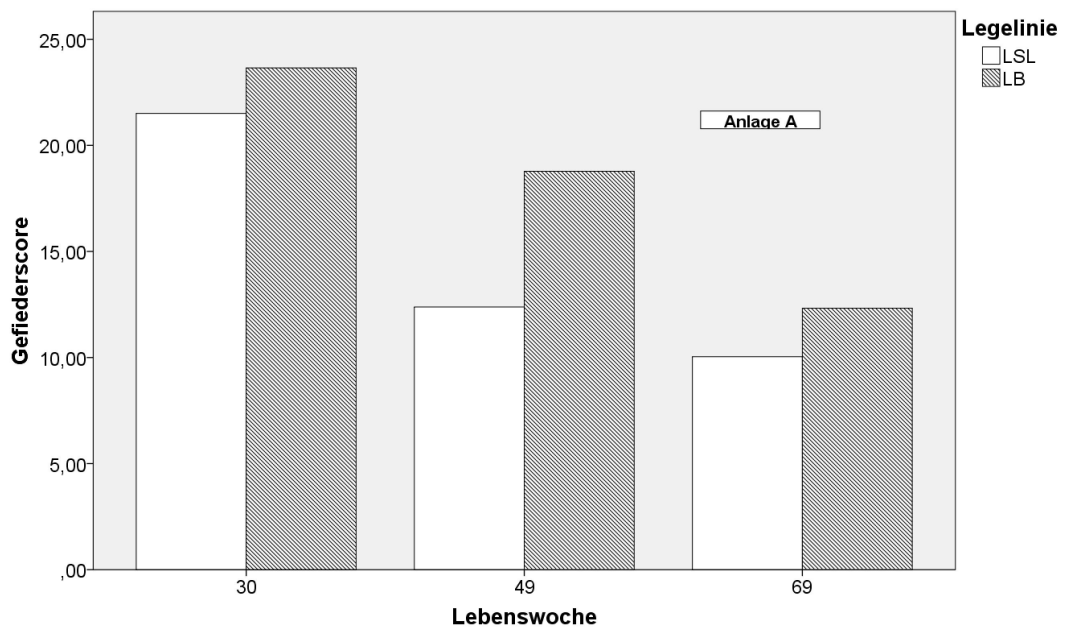


Abbildung 63: Durchschnittlicher Gefiederscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Untersuchungszeiträumen (UZR) in der **Anlage A** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 107/ LB n = 108; LW 49 LSL n = 108/ LB n = 108; LW 69 LSL n = 108/ LB n = 108)

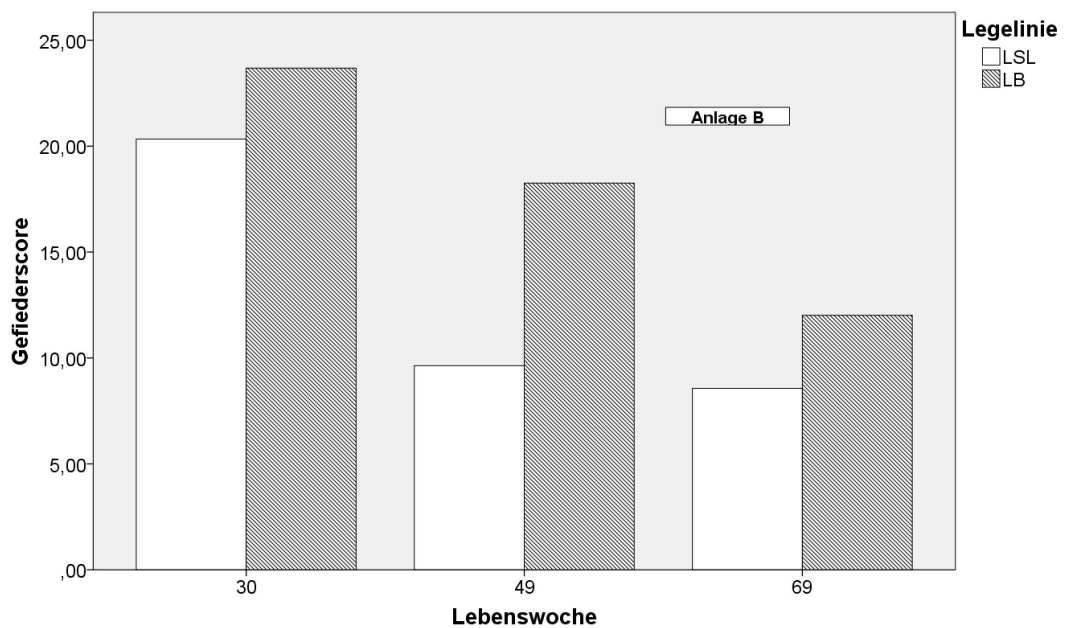


Abbildung 64: Durchschnittlicher Gefiederscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und UZR in der **Anlage B** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 129/ LB n = 129; LW 49 LSL n = 109/ LB n = 133; LW 69 LSL n = 99/ LB n = 132)

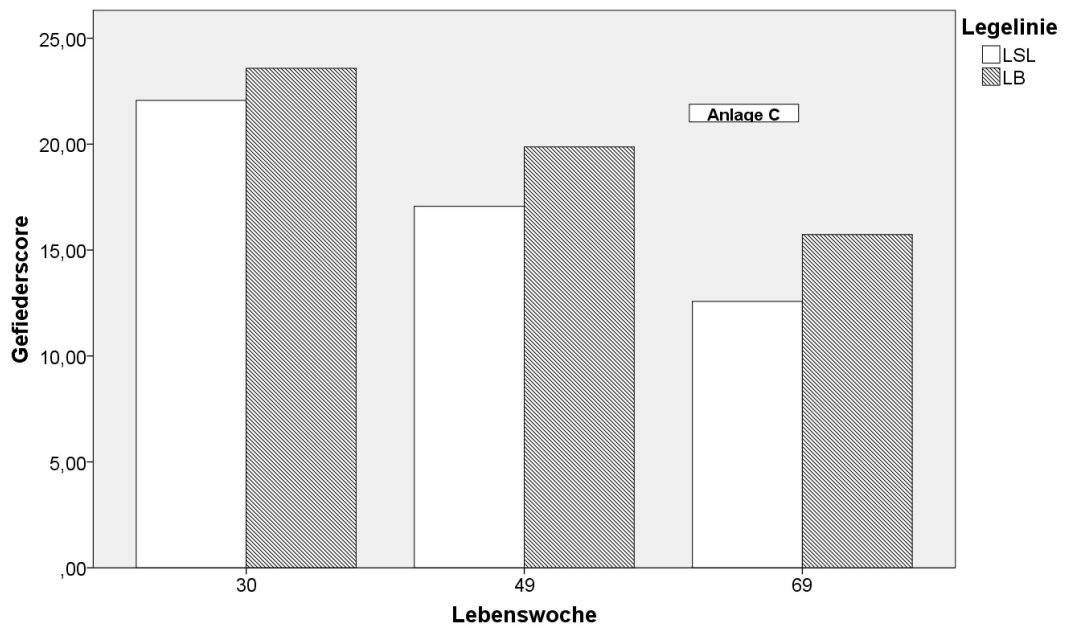


Abbildung 65: Durchschnittlicher Gefiederscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und UZR in der **Anlage C** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 45/ LB n = 45; LW 49 LSL n = 45/ LB n = 45; LW 69 LSL n = 45/ LB n = 45)

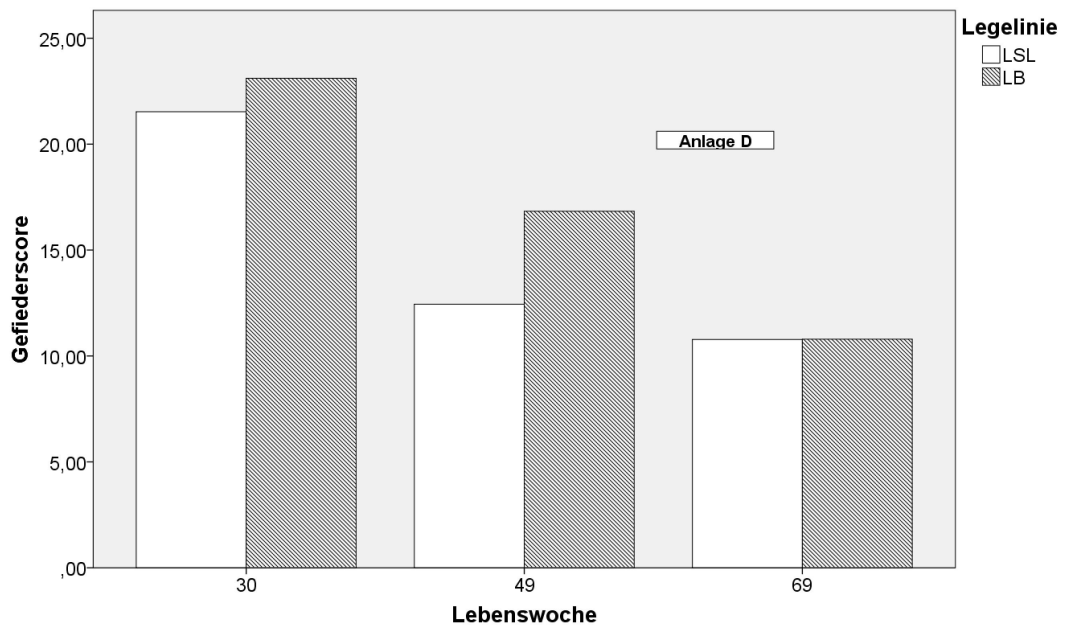


Abbildung 66: Durchschnittlicher Gefiederscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und UZR in der **Anlage D** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 72/ LB n = 72; LW 49 LSL n = 72/ LB n = 72; LW 69 LSL n = 36/ LB n = 36)

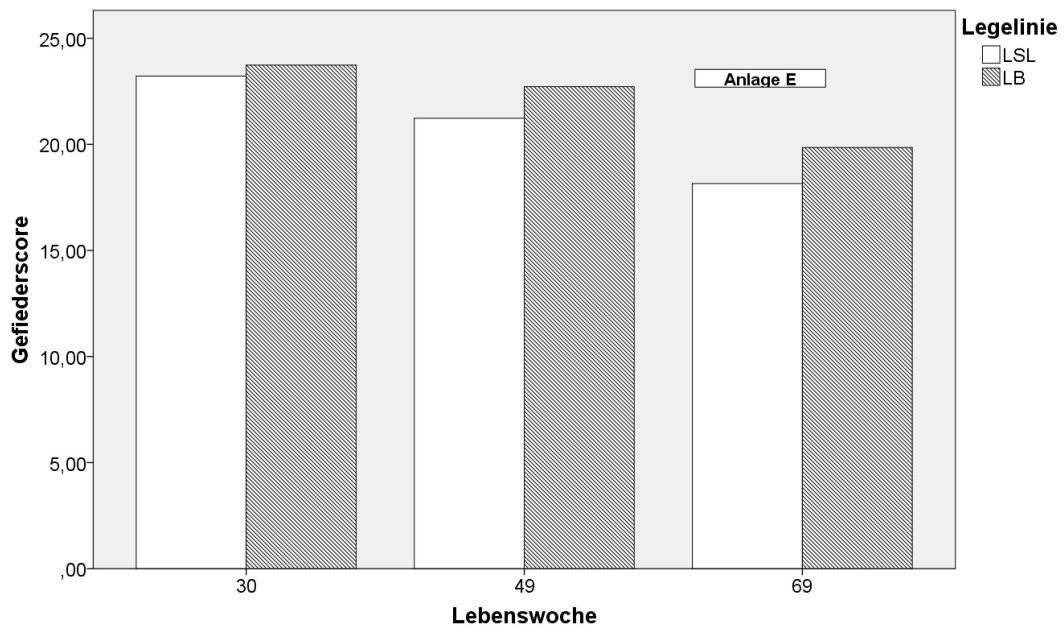


Abbildung 67: Durchschnittlicher Gefiederscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und UZR in der **Anlage E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 60/ LB n = 60; LW 49 LSL n = 61/ LB n = 61; LW 69 LSL n = 60/ LB n = 60)

Tabelle 41: Der jeweilige mittlere Gefiederscore über alle drei UZR aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E**; (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Gefiederscore						Gefiederscore					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	323	14,62	5,70	0,32	6,00	24,00	324	18,25	5,18	0,29	6,00	24,00
B	337	13,42	6,01	0,33	6,00	24,00	394	17,94	5,39	0,27	6,00	24,00
C	135	17,24	4,27	0,37	9,00	24,00	135	19,73	3,94	0,34	10,00	24,00
D	180	15,74	5,46	0,41	6,00	24,00	216	16,91	5,51	0,37	7,00	24,00
E	182	20,87	2,65	0,20	12,00	24,00	181	22,10	2,54	0,19	12,00	24,00

In den folgenden Abbildungen wird nun ein Überblick über die jeweilige Entwicklung des Gefiederscores, nach Körperregionen der jeweiligen Legelinie aufgeteilt und den jeweiligen Anlagentypen zugeordnet, gegeben.

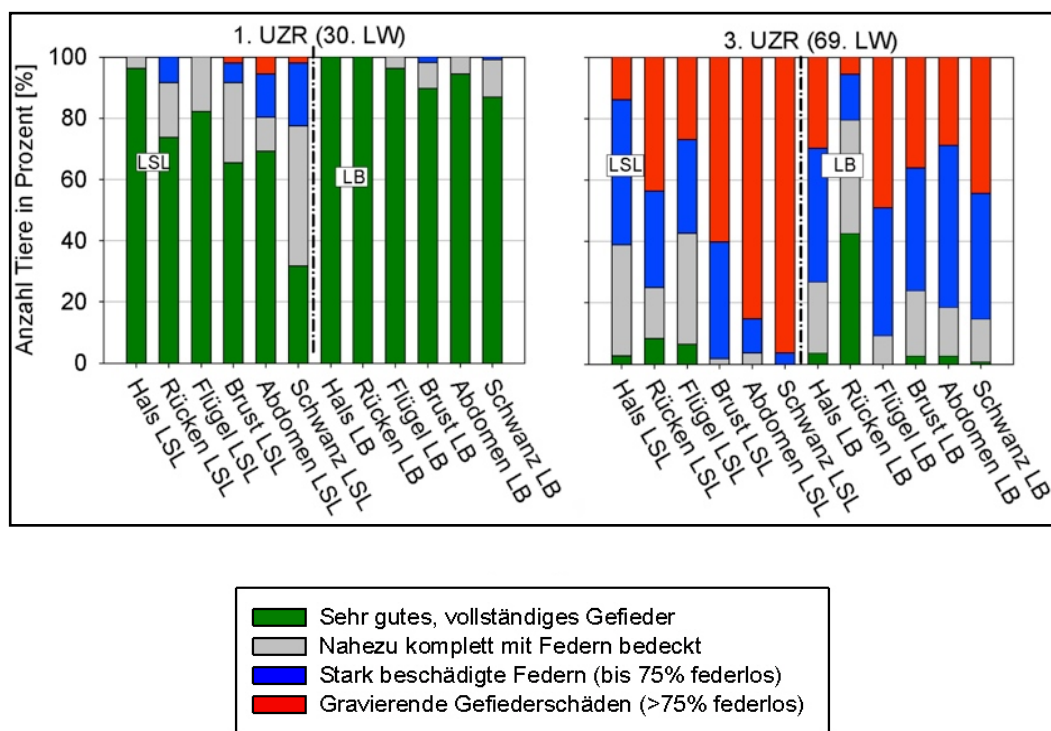


Abbildung 68: Die Entwicklung des Gefiederscores in der **Anlage A** aufgeteilt nach Körperregionen und Legelinie entsprechend den Noten ,4' (grün), ,3' (grau), ,2' (blau) und ,1' (rot) (siehe auch Legende); links Untersuchungszeitraum 1, rechts Untersuchungszeitraum 3

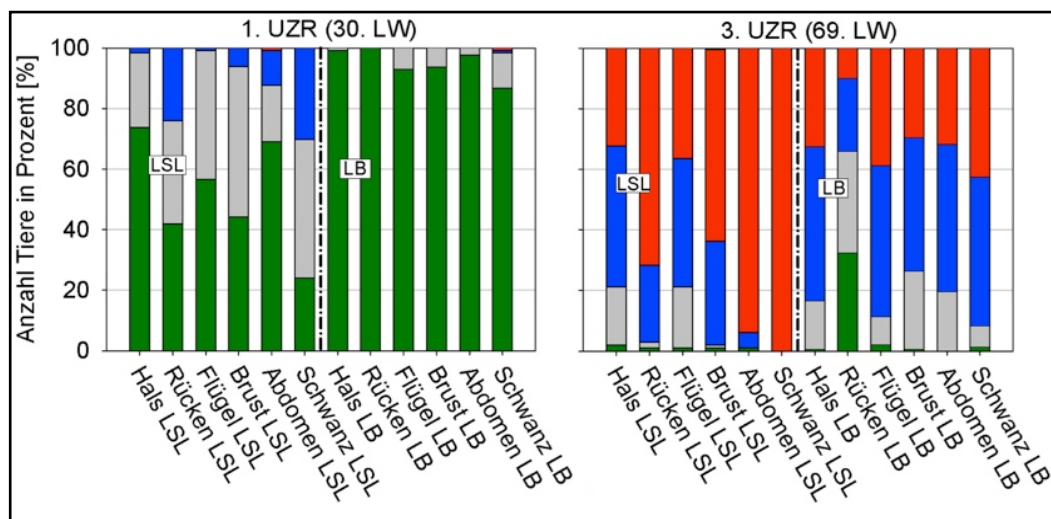


Abbildung 69: Die Entwicklung des Gefiederscores in der **Anlage B** aufgeteilt nach Körperregionen und Legelinie entsprechend den Noten ,4' (grün), ,3' (grau), ,2' (blau) und ,1' (rot) (siehe Legende oben); links Untersuchungszeitraum 1, rechts Untersuchungszeitraum 3

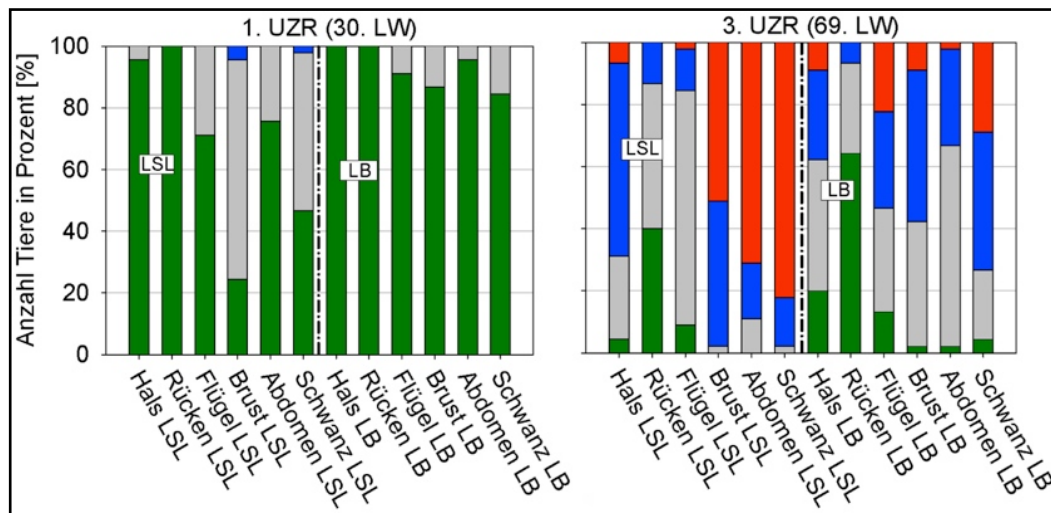


Abbildung 70: Die Entwicklung des Gefiederscores in der **Anlage C** aufgeteilt nach Körperregionen und Legelinie entsprechend den Noten ,4' (grün), ,3' (grau), ,2' (blau) und ,1' (rot) (siehe Legende oben); links Untersuchungszeitraum 1, rechts Untersuchungszeitraum 3

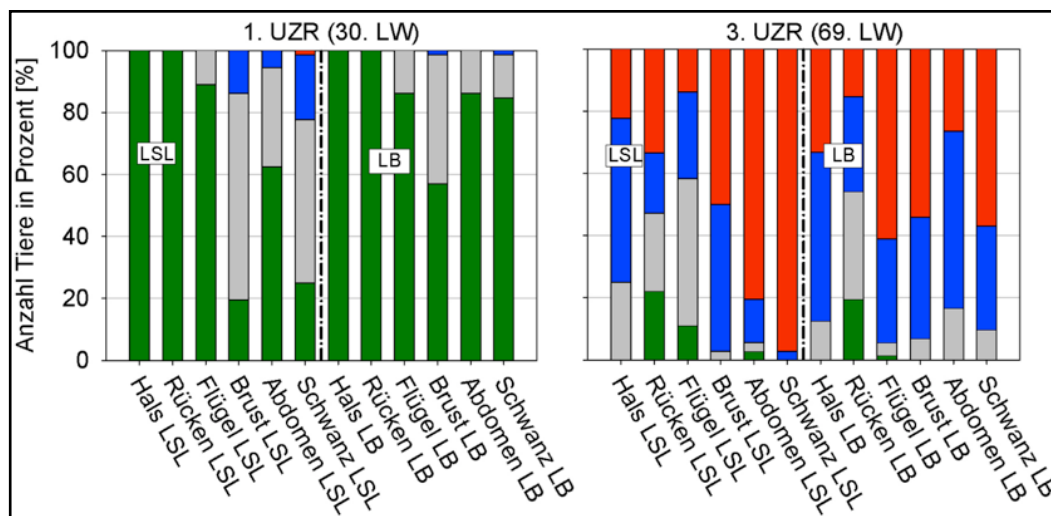


Abbildung 71: Die Entwicklung des Gefiederscores in der **Anlage D** aufgeteilt nach Körperregionen und Legelinie entsprechend den Noten ,4' (grün), ,3' (grau), ,2' (blau) und ,1' (rot) (siehe Legende oben); links Untersuchungszeitraum 1, rechts Untersuchungszeitraum 3

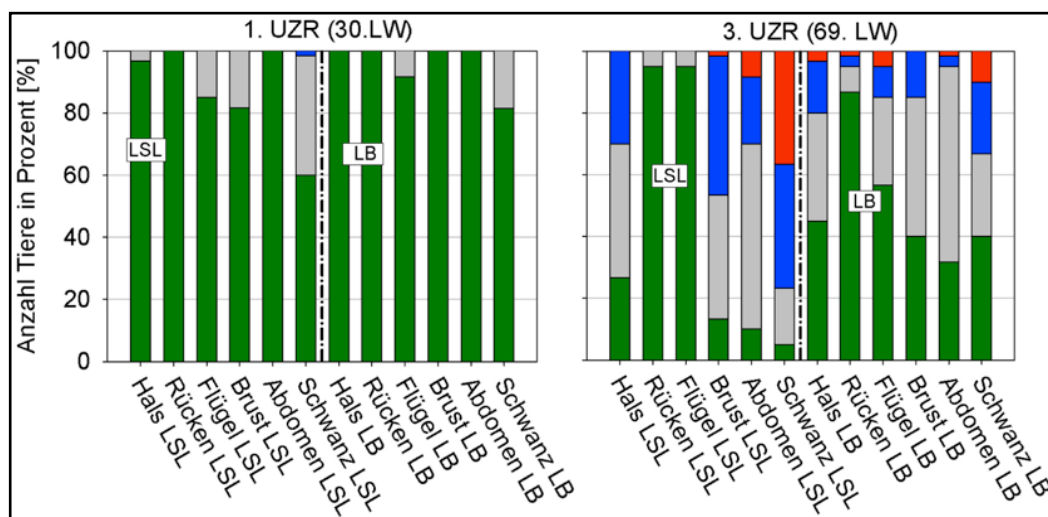


Abbildung 72: Die Entwicklung des Gefiederscores in der **Anlage E** aufgeteilt nach Körperregionen und Legelinie entsprechend den Noten ,4' (grün), ,3' (grau), ,2' (blau) und ,1' (rot); links Untersuchungszeitraum 1, rechts Untersuchungszeitraum 3

4.4.5 Brustbeinstatus

Im ersten Untersuchungszeitraum zeigten bei der Legelinie LSL 78,5 % (n = 324) der untersuchten Legehennen keine Veränderung am Brustbein, 20,8 % (n = 86) eine leichte und nur 0,7 % (n = 3) eine mittel- bis hochgradige Veränderung. Ähnlich verhielt es sich bei der Legelinie LB. Hier zeigten sogar 86,5 % (n = 358) der Legehennen keine Veränderung am Brustbein, 13,0 % (n = 54) nur eine geringgradige und 0,5 % (n = 2) eine mittel- bis hochgradige Veränderung. In der 49. LW war der Anteil an Legehennen ohne Veränderung des Brustbeins bei beiden Legelinien deutlich gesunken. Bei der Legelinie LSL waren nur noch 54,2 % (n = 214) ohne Veränderung des Brustbeins, 35,4 % (n = 140) zeigten eine geringgradige und 10,4 % (n = 41) eine mittel- bis hochgradige Veränderung des Brustbeins. Bei der Legelinie LB fiel der Anteil der Brustbeine ohne Veränderung deutlich auf 47,5 % (n = 199), der Anteil der Brustbeine mit geringgradiger Veränderung stieg dafür auf 37,0 % (n = 155), der Anteil mit mittel- bis hochgradiger Veränderung auf 15,5 % (n = 65). Im dritten Untersuchungszeitraum war der Anteil an Legehennen mit unveränderten sowie geringgradig veränderten Brustbeinen bei beiden Legelinien ein wenig abgesunken, umso mehr Legehennen zeigten hier jedoch mittel- bis hochgradige Veränderungen. Bei der Legelinie LSL fiel

der Anteil der Brustbeine ohne Veränderung auf 51,1 % (n = 178), der Anteil an geringgradig veränderten Brustbeinen auf 28,7 % (n = 100), der Anteil an mittel- bis hochgradig veränderten Brustbeinen stieg auf 20,1 % (n = 70). Ähnlich verhielt es sich bei der Legelinie LB. Hier fiel der Anteil an Brustbeinen ohne Veränderung auf 42,9 % (n = 179), der Anteil an Brustbeinen mit geringgradiger Veränderung auf 31,4 % (n = 131). Der Anteil an Brustbeinen mit mittel- bis hochgradiger Veränderung stieg jedoch auf 25,7 % (n = 107). Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen lag der Anteil an Brustbeinen ohne Veränderung bei der Legelinie LSL bei 61,9 % (n = 716), der der Legelinie LB bei 58,9 % (n = 736). Der Anteil an Brustbeinen mit geringgradiger Veränderung lag bei der Legelinie LSL bei 28,2 % (n = 326), der der Legelinie LB bei 27,2 % (n = 340). Bei den Anteilen an Brustbeinen mit mittel- bis hochgradigen Veränderungen unterschieden sich die beiden Legelinien um 4,0 %, bei der Legelinie LSL betrug dieser 9,9 % (n = 114), bei der Legelinie LB sogar 13,9 % (n = 174).

Auf Anlagenebene gesehen war der Anteil an Brustbeinen ohne Veränderungen in der Anlage D mit 76,5 % (n = 303) am höchsten, gefolgt von der Anlage B mit 59,9 % (n = 438). In der Anlage A zeigten 58,1 % (n = 376) der Legehennen keine Veränderung am Brustbein, in der Anlage C 57,8 % (n = 156). Am niedrigsten war der Anteil der unveränderten Brustbeine in der Anlage E mit 49,4 % (n = 179). Die Anteile an Brustbeinen mit geringgradiger Veränderung waren hingegen in der Anlage C mit 37,4 % (n = 101) am höchsten, gefolgt von der Anlage E mit 34,8 %. In der Anlage B betrug der Anteil an geringgradig veränderten Brustbeinen 29,0 % (n = 212), in der Anlage A 22,7 % (n = 147). Am wenigsten geringgradige Veränderungen am Brustbein zeigte die Anlage D mit 20,2 % (n = 80). Die meisten mittel- bis hochgradigen Brustbeinveränderungen zeigte die Anlage A mit 19,2 % (n = 124), gefolgt von der Anlage E mit 15,7 % (n = 57). In der Anlage B betrug dieser Anteil nur noch 11,1 % (n = 81), in der Anlage C 4,8 % (n = 13). In der Anlage D war dieser Anteil mit 3,3 % (n = 13) am niedrigsten.

In Bezug auf die Verformungen der Brustbeine traten bei der Legelinie LB signifikant häufiger Brustbeinverformungen auf als bei der Legelinie LSL ($p = 0,006$). Die Unterschiede zwischen Anlagentyp und Lebenswoche/ Untersuchungszeitraum stellten sich ebenso als signifikant heraus ($p < 0,001$)

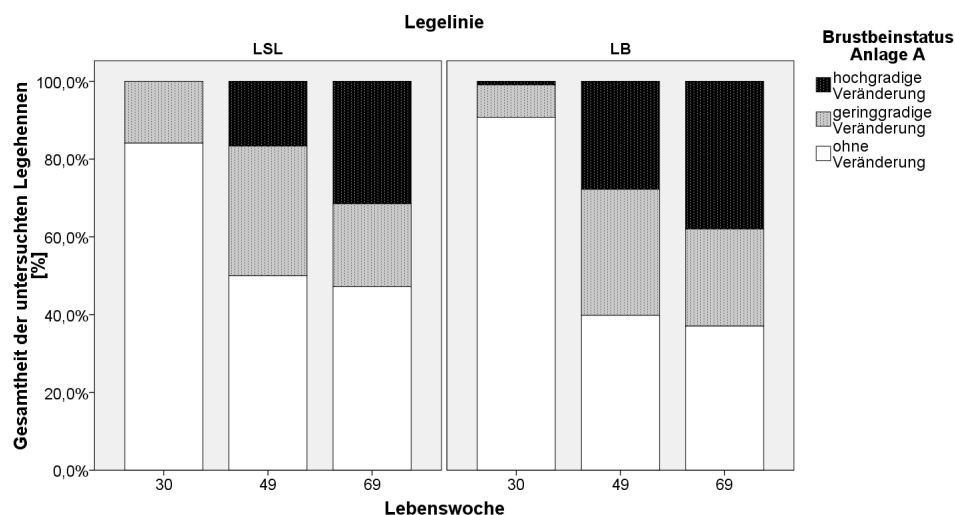


Abbildung 73: Der jeweilige Anteil an Brustbeinen ohne/ mit geringgradiger/ mittel- bis hochgradiger Veränderung aufgeteilt nach Legelinie und Untersuchungszeiträumen/ Lebenswochen in der **Anlage A** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL ohne n = 90/ mit geringgradiger n = 17/ mit hochgradiger Veränderung n = 0, LB ohne n = 98/ mit geringgradiger n = 9/ mit hochgradiger Veränderung n = 1; LW 49 LSL ohne n = 54/ mit geringgradiger n = 36/ mit hochgradiger Veränderung n = 18, LB ohne n = 43/ mit geringgradiger n = 35/ mit hochgradiger Veränderung n = 30; LW 69 LSL ohne n = 51/ mit geringgradiger n = 23/ mit hochgradiger Veränderung n = 34, LB ohne n = 40/ mit geringgradiger n = 27/ mit hochgradiger Veränderung n = 41)

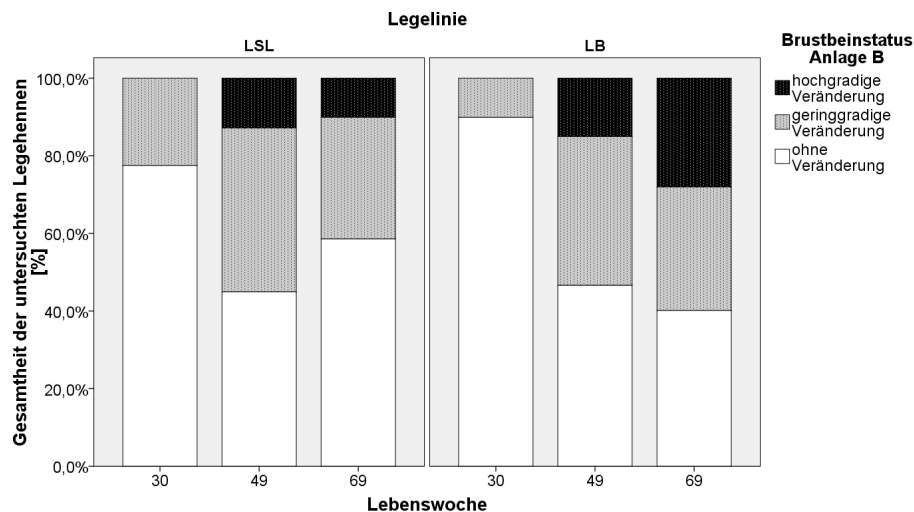


Abbildung 74: Der jeweilige Anteil an Brustbeinen ohne/ mit geringgradiger/ mittel- bis hochgradiger Veränderung aufgeteilt nach Legelinie und Untersuchungszeiträumen/ Lebenswochen in der **Anlage B** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL ohne n = 100/ mit geringgradiger n = 29/ mit hochgradiger Veränderung n = 0, LB ohne n = 116/ mit geringgradiger n = 13/ mit hochgradiger Veränderung n = 0; LW 49 LSL ohne n = 49/ mit geringgradiger n = 46/ mit hochgradiger Veränderung n = 14, LB ohne n = 62/ mit geringgradiger n = 51/ mit hochgradiger Veränderung n = 20; LW 69 LSL ohne n = 58/ mit geringgradiger n = 31/ mit hochgradiger Veränderung n = 10, LB ohne n = 53/ mit geringgradiger n = 42/ mit hochgradiger Veränderung n = 37)

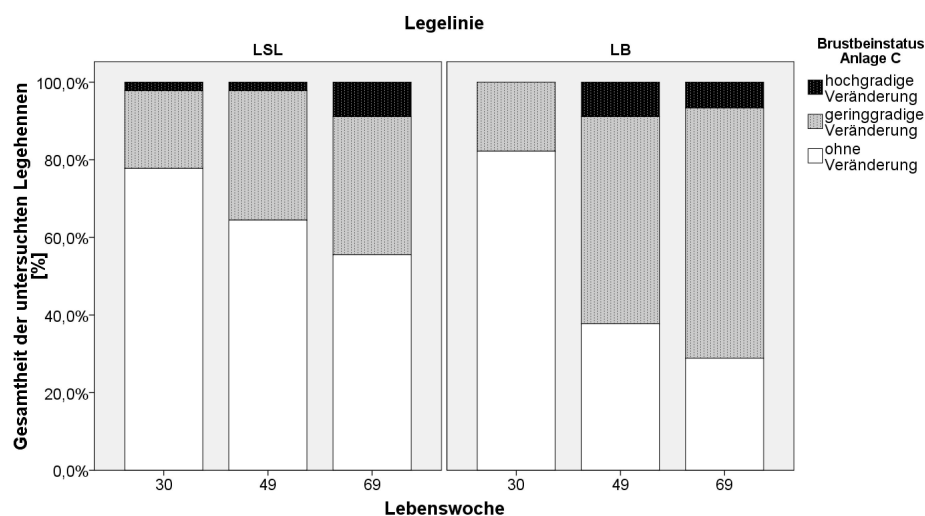


Abbildung 75: Der jeweilige Anteil an Brustbeinen ohne/ mit geringgradiger/ mittel- bis hochgradiger Veränderung aufgeteilt nach Legelinie und Untersuchungszeiträumen/ Lebenswochen in der **Anlage C** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL ohne n = 35/ mit geringgradiger n = 9/ mit hochgradiger Veränderung n = 1, LB ohne n = 37/ mit geringgradiger n = 8/ mit hochgradiger Veränderung n = 0; LW 49 LSL ohne n = 29/ mit geringgradiger n = 15/ mit hochgradiger Veränderung n = 1, LB ohne n = 17/ mit geringgradiger n = 24/ mit hochgradiger Veränderung n = 4; LW 69 LSL ohne n = 25/ mit geringgradiger n = 16/ mit hochgradiger Veränderung n = 4, LB ohne n = 13/ mit geringgradiger n = 29/ mit hochgradiger Veränderung n = 3)

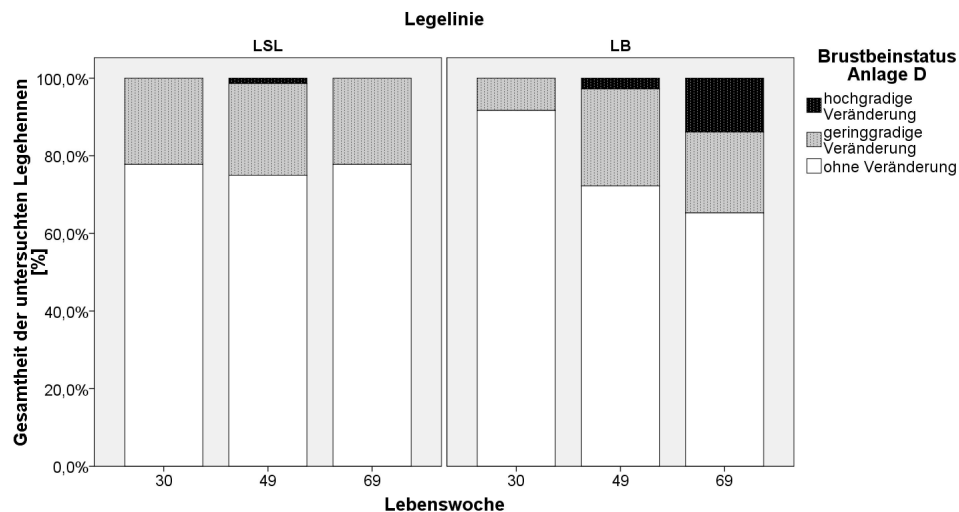


Abbildung 76: Der jeweilige Anteil an Brustbeinen ohne/ mit geringgradiger/ mittel- bis hochgradiger Veränderung aufgeteilt nach Legelinie und Untersuchungszeiträumen/ Lebenswochen in der **Anlage D** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL ohne n = 56/ mit geringgradiger n = 16/ mit hochgradiger Veränderung n = 0, LB ohne n = 66/ mit geringgradiger n = 6/ mit hochgradiger Veränderung n = 0; LW 49 LSL ohne n = 54/ mit geringgradiger n = 17/ mit hochgradiger Veränderung n = 1, LB ohne n = 52/ mit geringgradiger n = 18/ mit hochgradiger Veränderung n = 2; LW 69 LSL ohne n = 28/ mit geringgradiger n = 8/ mit hochgradiger Veränderung n = 0, LB ohne n = 47/ mit geringgradiger n = 15/ mit hochgradiger Veränderung n = 10)

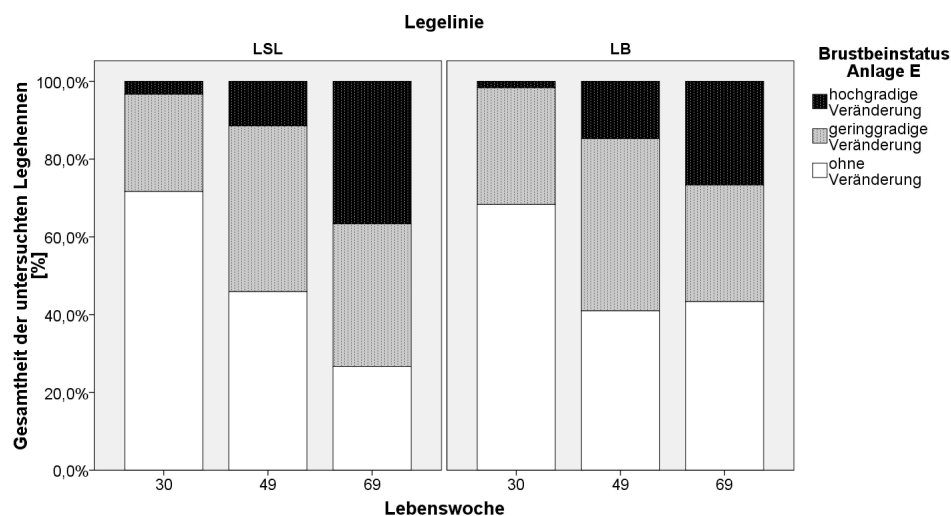


Abbildung 77: Der jeweilige Anteil an Brustbeinen ohne/ mit geringgradiger/ mittel- bis hochgradiger Veränderung aufgeteilt nach Legelinie und Untersuchungszeiträumen/ Lebenswochen in der **Anlage E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL ohne n = 43/ mit geringgradiger n = 15/ mit hochgradiger Veränderung n = 2, LB ohne n = 41/ mit geringgradiger n = 18/ mit hochgradiger Veränderung n = 1; LW 49 LSL ohne n = 28/ mit geringgradiger n = 26/ mit hochgradiger Veränderung n = 7, LB ohne n = 25/ mit geringgradiger n = 27/ mit hochgradiger Veränderung n = 9; LW 69 LSL ohne n = 16/ mit geringgradiger n = 22/ mit hochgradiger Veränderung n = 22, LB ohne n = 26/ mit geringgradiger n = 18/ mit hochgradiger Veränderung n = 16)

Neben der Beurteilung, ob keine, eine leichte oder eine starke Abweichung in Form und/oder Struktur des Brustbeins vorhanden war, wurde zusätzlich notiert, ob mögliche Aufbiegungen der Brustbeinspitze palpierbar waren. Hier zeigten im ersten Untersuchungszeitraum nur 0,7 % ($n = 3$) der Legelinie LSL und 0,2 % der Legelinie LB eine Aufbiegung. In der 49. LW stieg der Anteil bei der Legelinie LSL auf 2,5 % ($n = 10$), bei der Legelinie LB auf 4,5 % ($n = 19$). Im letzten Untersuchungszeitraum zeigten schließlich 5,2 % ($n = 18$) der untersuchten LSL und 5,8 % ($n = 24$) der LB Legehennen eine Aufbiegung der Brustbeinspitze. Insgesamt gesehen lag der durchschnittliche Anteil an untersuchten Legehennen mit Aufbiegung bei der Legelinie LSL bei 2,7 % ($n = 31$), bei der Legelinie LB bei geringgradig höheren 3,5 % ($n = 44$). Hierbei gab es in der Anlage B mit 5,6 % ($n = 40$) den höchsten Anteil an Legehennen mit einer Aufbiegung der Brustbeinspitze, gefolgt von der Anlage A mit 3,6 % ($n = 23$) und der Anlage E mit 2,2 % ($n = 8$). In der Anlage D betrug dieser Anteil nur noch 1,0 % ($n = 4$) und in der Anlage C konnte kein Fall von einer Aufbiegung der Brustbeinspitze beobachtet werden.

4.4.6 Verletzungsscore

Ähnlich wie bei der Gefiederbeurteilung/ Bonitur wurde auch hier ein Score gebildet um die Verletzungen zwischen den Legelinien und Stallanlagen besser vergleichen zu können. Ein höherer Score indizierte hier aber eine Zunahme an Verletzungen.

Im ersten Untersuchungszeitraum lag der mittlere Verletzungsscore der Legelinie LSL bei 0,32 ($\pm 0,03$ SEM), der der Legelinie LB bei 0,10 ($\pm 0,02$ SEM). In der 49. LW war dieser bei der Legelinie LSL auf 0,79 ($\pm 0,06$ SEM) gestiegen, der der Legelinie LB fiel auf 0,04 ($\pm 0,01$ SEM) ab. Im letzten Untersuchungszeitraum erlangte die Legelinie LSL schließlich einen Verletzungsscore von 0,62 ($\pm 0,05$ SEM), die Legelinie LB einen Score von 0,08 ($\pm 0,02$ SEM). Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen erreichte somit die Legelinie LSL einen mittleren Verletzungsscore von 0,57 ($\pm 0,03$ SEM), die Legelinie LB lag mit

mittleren 0,07 ($\pm 0,01$ SEM) deutlich darunter. Den höchsten absoluten Verletzungsscore erreichte die Legelinie LSL mit 8,0, ebenso wie die Legelinie LB mit 3,0 in der 49. LW. Auf Anlagenebene gesehen war der Verletzungsscore in der Anlage B mit 0,58 ($\pm 0,04$ SEM) am höchsten, gefolgt von der Anlage D mit einem Score von 0,31 ($\pm 0,03$ SEM). In der Anlage A betrug der Verletzungsscore 0,24 ($\pm 0,02$ SEM), in der Anlage C nur noch 0,10 ($\pm 0,02$ SEM). Am niedrigsten war der Verletzungsscore in der Anlage E mit nur noch 0,05 ($\pm 0,01$ SEM).

Die Unterschiede der Verletzungsscores zwischen den Legelinien, Stallanlagen und den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten/ Lebenswochen erwiesen sich bei der statistischen Analyse als signifikant ($p < 0,001$).

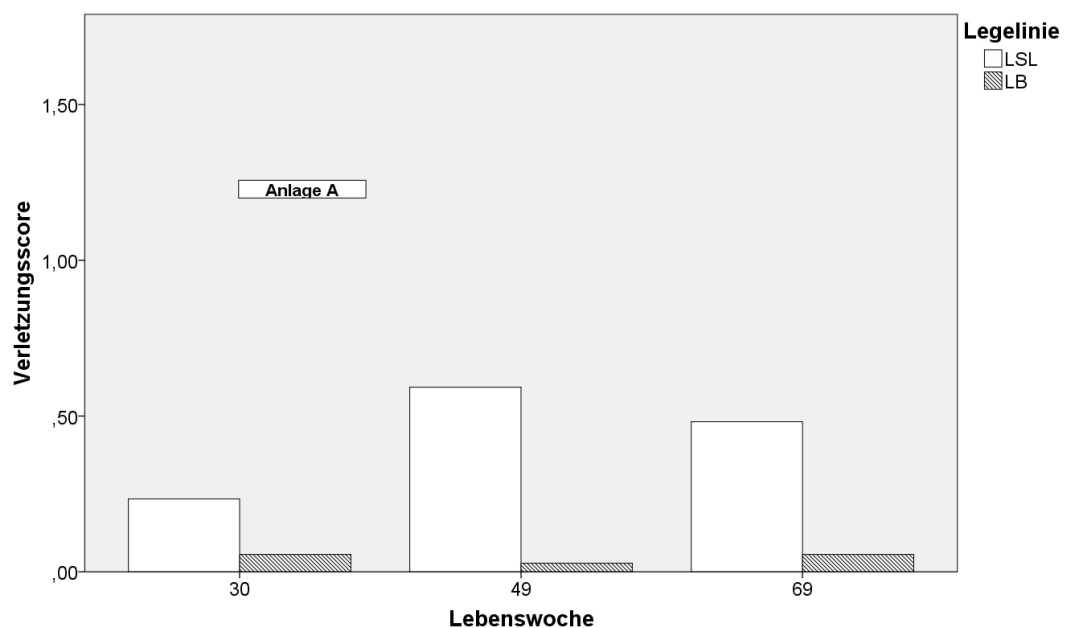


Abbildung 78: Durchschnittlicher Verletzungsscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Untersuchungszeiträumen (UZR) in der **Anlage A** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 107/ LB n = 108; LW 49 LSL n = 108/ LB n = 108; LW 69 LSL n = 108/ LB n = 108)

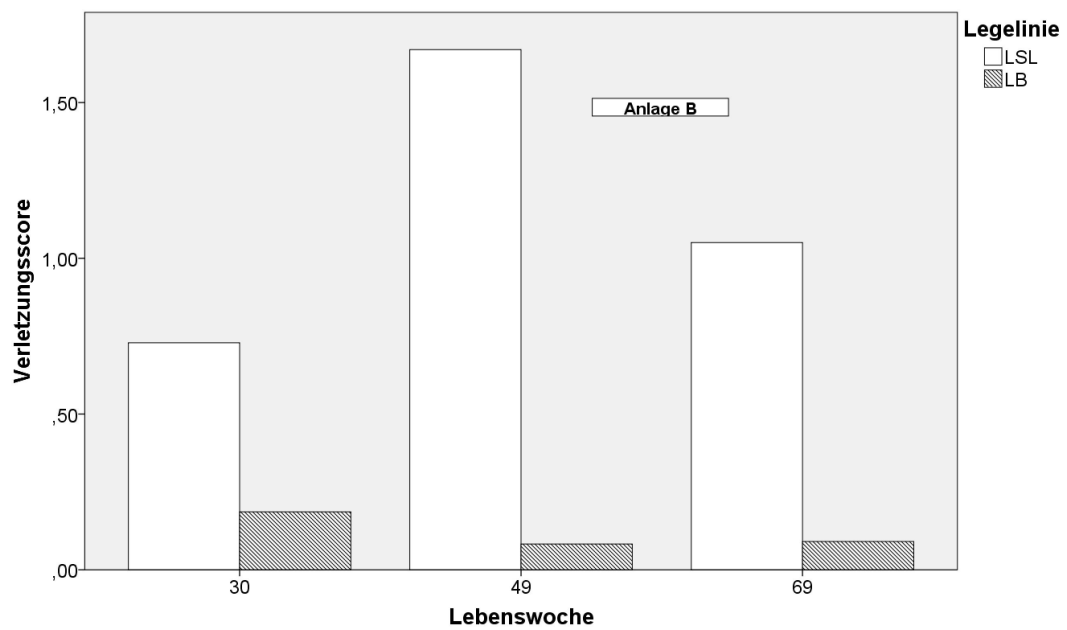


Abbildung 79: Durchschnittlicher Verletzungsscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und UZR in der **Anlage B** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 129/ LB n = 129; LW 49 LSL n = 109/ LB n = 133; LW 69 LSL n = 99/ LB n = 132)

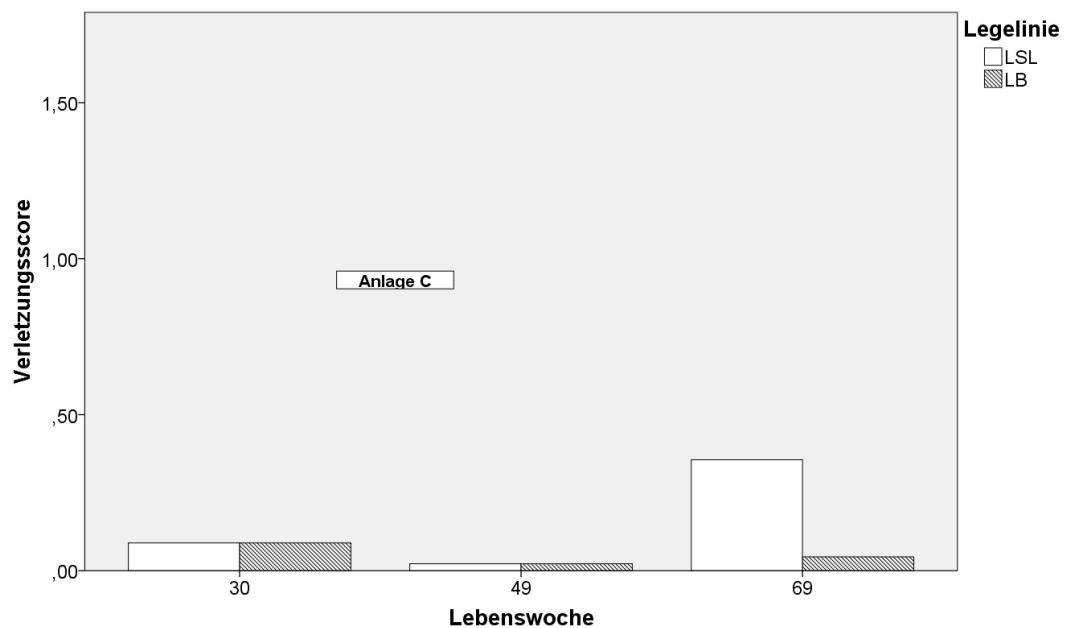


Abbildung 80: Durchschnittlicher Verletzungsscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und UZR in der **Anlage C** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 45/ LB n = 45; LW 49 LSL n = 45/ LB n = 45; LW 69 LSL n = 45/ LB n = 45)

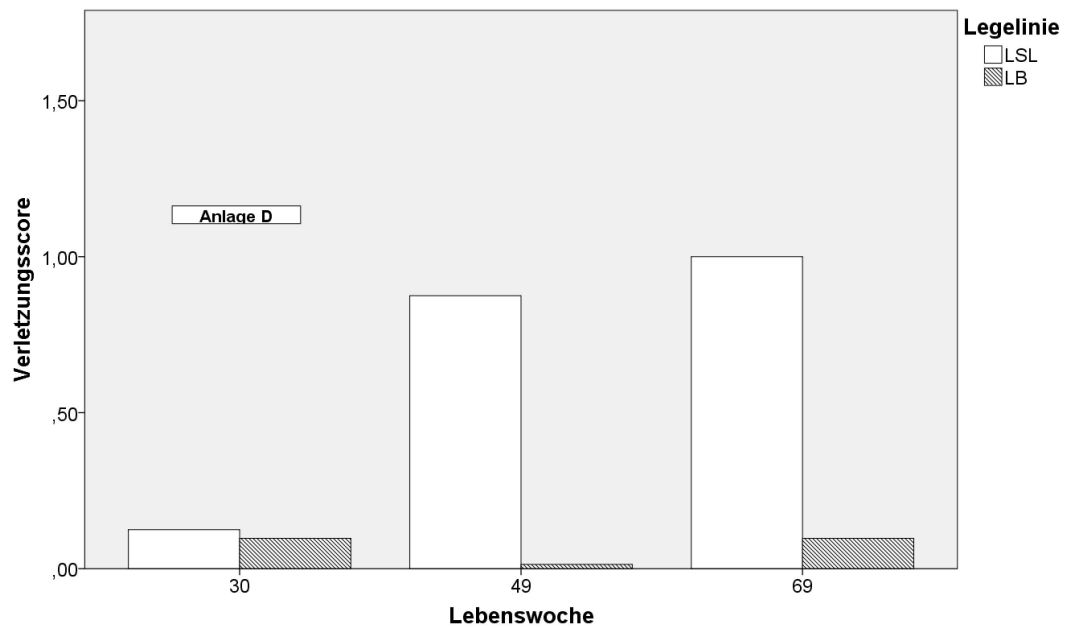


Abbildung 81: Durchschnittlicher Verletzungsscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und UZR in der **Anlage D** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 72/ LB n = 72; LW 49 LSL n = 72/ LB n = 72; LW 69 LSL n = 36/ LB n = 36)

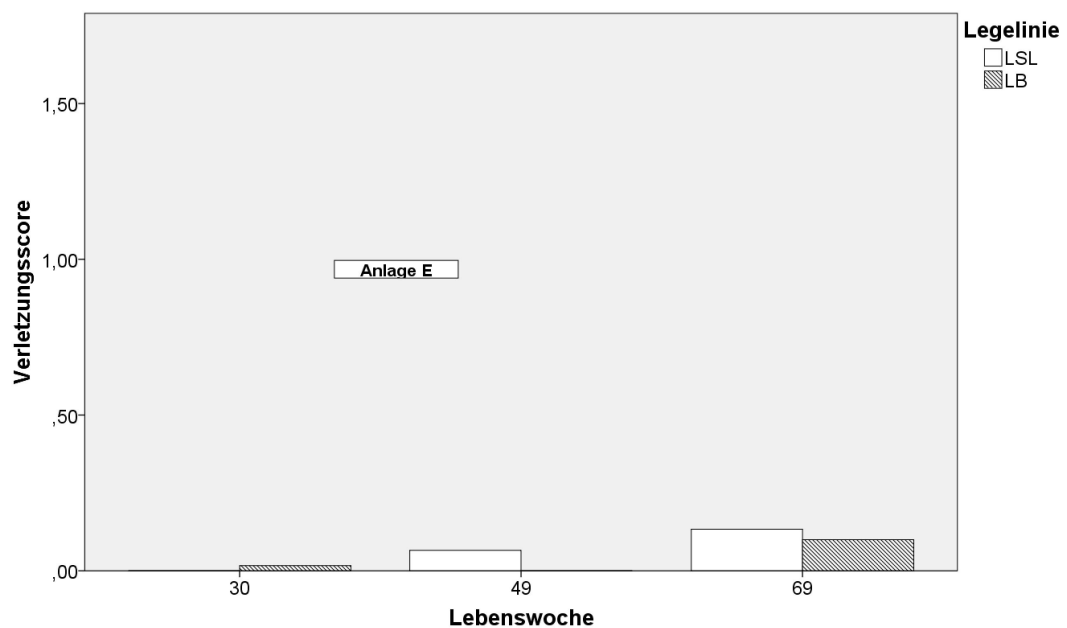


Abbildung 82: Durchschnittlicher Verletzungsscore im zeitlichen Verlauf der Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und UZR in der **Anlage E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30 LSL n = 60/ LB n = 60; LW 49 LSL n = 61/ LB n = 61; LW 69 LSL n = 60/ LB n = 60)

Tabelle 42: Der jeweilige mittlere Verletzungsscore über alle drei UZR aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E**; (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Verletzungsscore						Verletzungsscore					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	323	0,44	0,72	0,04	0,00	4,00	324	0,05	0,22	0,01	0,00	2,00
B	337	1,13	1,16	0,06	0,00	8,00	394	0,12	0,38	0,02	0,00	3,00
C	135	0,16	0,45	0,04	0,00	3,00	135	0,05	0,22	0,02	0,00	1,00
D	180	0,60	0,87	0,06	0,00	3,00	216	0,07	0,30	0,02	0,00	2,00
E	182	0,07	0,29	0,02	0,00	2,00	181	0,04	0,19	0,01	0,00	1,00

Betrachtet man nun die unterschiedlichen Regionen, an denen Verletzungen auftreten konnten, so traten bei der Legelinie LSL am häufigsten verkrustete Veränderungen am Rücken auf (20,2 %, n = 233). Bei 12,7 % (n = 147) der untersuchten LSL Legehennen traten verkrustete Verletzungen an der Brust auf, 10,4 % (n = 120) zeigten verkrustete Veränderungen am Bauch. Bei 4,5 % (n = 52) traten verkrustete Verletzungen an der Kloake auf, 1,6 % (n = 18) zeigten ältere Verletzungen an den Ständern und dem Hals. Noch weniger verkrustete Veränderungen zeigten die untersuchten Legehennen der Legelinie LSL am Kopf (1,1 %, n = 13) und am Flügel (0,8 %, n = 9). Ähnlich verhielt es sich mit den frischen, blutigen Verletzungen. Hier gab es ebenso häufiger Verletzungen am Rücken (1%, n = 11), gefolgt von Verletzungen an den Körperregionen Flügel (0,4 %, n = 5), Kloake (0,3 %, n = 4), Bauch, Ständer (jeweils 0,2 %, n = 2), Hals und Brust (jeweils 0,1 %, n = 1). An der Region Kopf waren bei keiner der untersuchten Legehennen frische Verletzungen erkennbar.

Weitaus weniger verkrustete Veränderungen zeigte die Legelinie LB. Hier gab es die meisten Veränderungen im Kloakenbereich (1,6 %, n = 20), gefolgt von den Regionen Brust (1,3 %, n = 16), Ständer (1,2 %, n = 15), Bauch (1,1 %, n = 14), Kopf, Flügel (jeweils 0,5 %, n = 6) und Rücken (0,3%, n = 4). Keine älteren Verletzungen konnten hingegen am Hals festgestellt werden. Noch weniger war an frischen, blutigen

Veränderungen zu verzeichnen. Hier zeigten nur 0,2 % (n = 2) frische Verletzungen am Hals und ebenso 0,2 % (n = 3) blutige Verletzungen am Ständer.

4.4.7 Veränderungen an den Füßen

4.4.7.1 Fußballen

Im ersten Untersuchungszeitraum zeigten 76,5 % (n = 316) der Fußballen der Legelinie LSL keine oder nur eine geringgradige Hyperkeratose, die übrigen 23,5 % (n = 97) wiesen bereits eine mittel- bis hochgradige Hyperkeratose auf. Bei der Legelinie LB hingegen lag der Anteil an Fußballen mit dem Merkmal keine/ geringgradige Hyperkeratose bei 87,0 % (n = 360), der übrige Anteil von 13,0 % (n = 54) wies Fußballen mit mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose auf. In der 49. LW war der Anteil mit dem Merkmal keine/ geringgradige Hyperkeratose bei der Legelinie LSL auf 80,3 % (n = 317) gestiegen, der Anteil an mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose dementsprechend auf 19,7 % (n = 78) gesunken. Bei der Legelinie LB hingegen sank der Anteil an Fußballen mit dem Merkmal keine/geringgradige Hyperkeratose auf 80,7 % (n = 338), der Anteil mit mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose stieg dafür auf 19,3 % (n = 81). Im letzten Untersuchungszeitraum blieben die Anteile an Fußballen mit dem Merkmal keine/geringgradige Hyperkeratose bei der Legelinie LSL bei 80,5 % (n = 280), der Anteil mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose bei 19,5 % (n = 68). Bei der Legelinie LB fiel der Anteil an Fußballen mit dem Merkmal keine/geringgradige Hyperkeratose weiter auf 78,7 % (n = 328) ab, umso mehr stieg dementsprechend der Anteil an mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose auf 21,3 % (n = 89). Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen lag der Anteil an Fußballen mit dem Merkmal keine/geringgradige Hyperkeratose bei der Legelinie LSL bei 79,0 % (n = 913), der der Legelinie LB war mit 82,1 % (n = 1026) leicht höher. Dementsprechend belief sich der Anteil an mittel- bis hochgradigen Veränderungen bei der Legelinie LSL auf 21,0 % (n = 243), der der Legelinie LB auf 17,9 % (n = 224). Am höchsten war der Anteil an mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose in der Anlage B mit 28,9 % (n = 211),

gefolgt von der Anlage A mit 21,3 % (n = 138) und der Anlage D mit 17,2 % (n = 68). In der Anlage E machte dieser Anteil noch 11,9 % (n = 43) aus, in der Anlage C wiederum nur noch 2,6 % (n = 7). Genau in umgekehrter Reihenfolge verhielt es sich mit den Anteilen an Fußballen mit dem Merkmal keine/geringgradige Hyperkeratose [Anlage C (97,4 %, n = 263), Anlage E (88,1 %, n = 319), Anlage D (82,8 %, n = 328), Anlage A (78,8 %, n = 509), Anlage B (71,1 %, n = 520)].

Sowohl zwischen den Legelinien (p = 0,023) als auch den Anlagentypen (p < 0,001) gab es signifikante Unterschiede in Bezug auf die Hyperkeratose an den Fußballen. Zwischen den Ausprägungen der Hyperkeratose in den jeweiligen Lebenswochen / Untersuchungszeiträumen stellten sich bei der statistischen Analyse keine signifikanten Unterschiede heraus (p = 0,168).

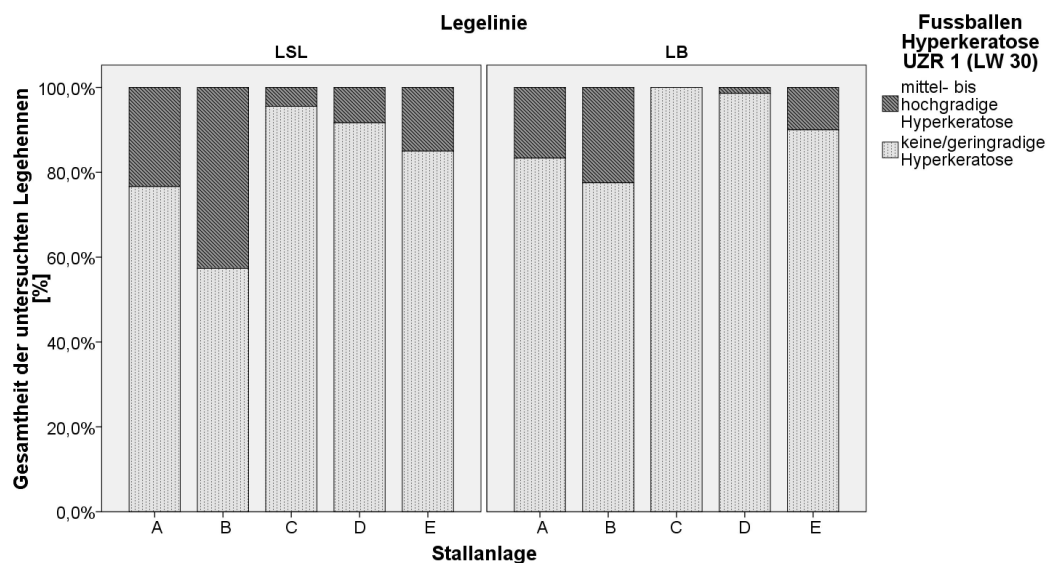


Abbildung 83: Das Auftreten von Fußballen ohne/ geringgradiger (,0') bzw. mittel- bis hochgradiger (,1') Hyperkeratose zum **ersten UZR** (LW 30), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,0' n = 82, ,1' n = 25; Anlage B ,0' n = 74, ,1' n = 55; Anlage C ,0' n = 43, ,1' n = 2; Anlage D ,0' n = 66, ,1' n = 6; Anlage E ,0' n = 51, ,1' n = 9; LB Anlage A ,0' n = 90, ,1' n = 18; Anlage B ,0' n = 100, ,1' n = 29; Anlage C ,0' n = 45, ,1' n = 0; Anlage D ,0' n = 71, ,1' n = 1; Anlage E ,0' n = 54, ,1' n = 6)

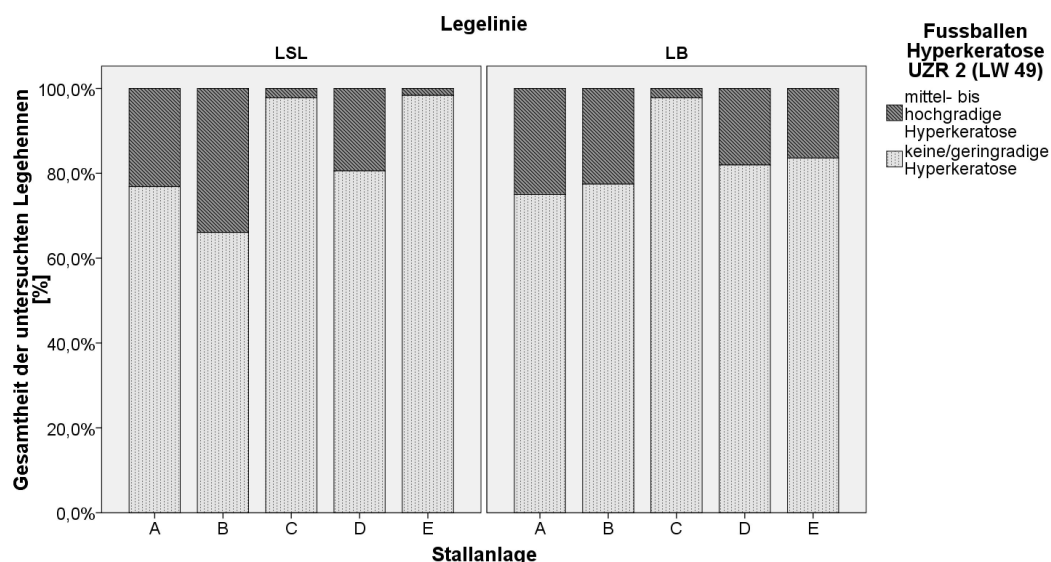


Abbildung 84: Das Auftreten von Fußballen ohne/ geringgradiger (,0') bzw. mittel- bis hochgradiger (,1') Hyperkeratose zum **zweiten UZR** (LW 49), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,0' n = 83, ,1' n = 25; Anlage B ,0' n = 72, ,1' n = 37; Anlage C ,0' n = 44, ,1' n = 1; Anlage D ,0' n = 58, ,1' n = 14; Anlage E ,0' n = 60, ,1' n = 1; LB Anlage A ,0' n = 81, ,1' n = 27; Anlage B ,0' n = 103, ,1' n = 30; Anlage C ,0' n = 44, ,1' n = 1; Anlage D ,0' n = 59, ,1' n = 13; Anlage E ,0' n = 51, ,1' n = 10)

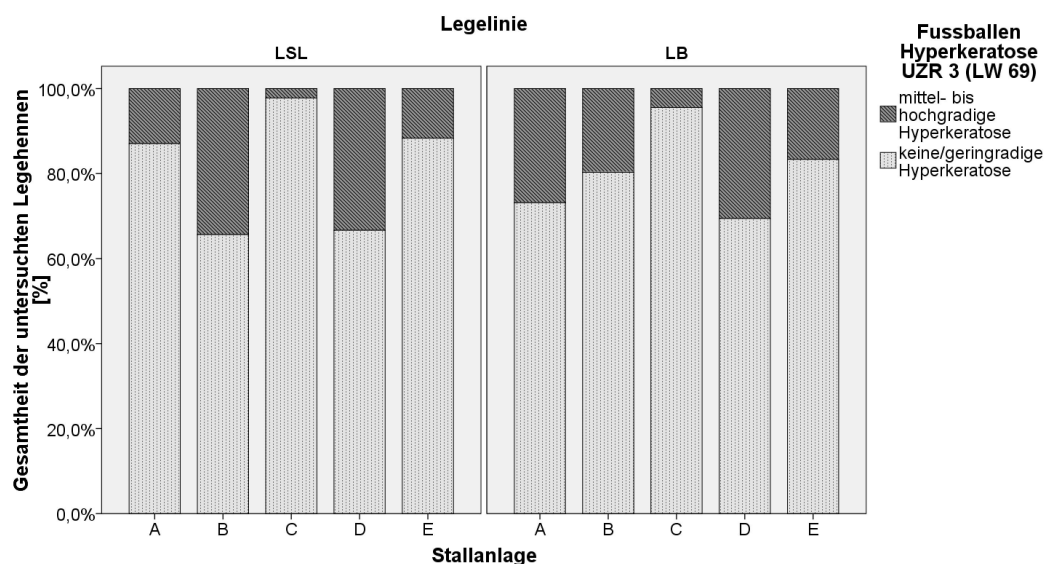


Abbildung 85: Das Auftreten von Fußballen ohne/ geringgradiger (,0') bzw. mittel- bis hochgradiger (,1') Hyperkeratose zum **dritten UZR** (LW 69), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,0' n = 94, ,1' n = 14; Anlage B ,0' n = 65, ,1' n = 34; Anlage C ,0' n = 44, ,1' n = 1; Anlage D ,0' n = 24, ,1' n = 12; Anlage E ,0' n = 53, ,1' n = 7; LB Anlage A ,0' n = 79, ,1' n = 29; Anlage B ,0' n = 106, ,1' n = 26; Anlage C ,0' n = 43, ,1' n = 2; Anlage D ,0' n = 50, ,1' n = 22; Anlage E ,0' n = 50, ,1' n = 10)

Die jeweilige Verteilung der Epithelläsionen an den Fußballen zu den unterschiedlichen Untersuchungszeiträumen kann der Tabelle 43 entnommen werden.

Tabelle 43: Die Verteilung der jeweiligen Schweregrade von Epithelläsionen an den Fußballen, aufgeteilt nach Legelinie (LL) und dem jeweiligen Untersuchungszeitraum (UZR)/Lebenswoche (LW) zugeordnet

UZR	LW	LL	Fußballen Epithelläsionen							
			keine Läsionen (Score 4)		geringgradige, oberflächliche Läsion, bis 2 mm (Score 3)		Läsion ab 2 mm, Schwellung nicht von dorsal sichtbar (Score 2)		hochgradige Läsion, von dorsal sichtbare Schwellung (Score 1)	
			Anzahl der Tiere		Anzahl der Tiere		Anzahl der Tiere		Anzahl der Tiere	
			[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]
1	30	LSL	110	26,6	87	21,1	212	51,3	4	1,0
		LB	194	46,9	77	18,6	143	34,5	0	0,0
2	49	LSL	249	63,0	27	6,8	108	27,3	11	2,8
		LB	238	56,8	50	11,9	130	31,0	1	0,2
3	69	LSL	256	73,6	12	3,4	64	18,4	16	4,6
		LB	281	67,4	36	8,6	97	23,3	3	0,7

Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen zeigten 53,2 % (n = 615) der Legelinie LSL und 57,0 % (n = 713) der Legelinie LB keine Epithelläsionen. Der Anteil an Fußballen mit geringgradiger, oberflächlicher Läsion betrug bei der Legelinie LSL 10,9 % (n = 126), bei der Legelinie LB 13,0 % (n = 163). Umso höher waren die jeweiligen Anteile an Fußballen mit Epithelläsionen, die größer als 2 mm waren. Hier zeigten bei der Legelinie LSL 33,2 % (n = 384), bei der Legelinie LB 29,6 % (n = 370) derartige Veränderungen. Der Anteil an hochgradigen Läsionen lag bei der Legelinie LSL wiederum bei 2,7 % (n = 31), bei der Legelinie LB bei deutlich geringeren 0,3 % (n = 4).

Auf Anlagenebene gesehen gab es in der Anlage B mit 15,3 % (n = 112) die meisten oberflächlichen Läsionen am Fußballen, gefolgt von der Anlage E mit 13,5 % (n = 49) und der Anlage A mit 11,3 % (n = 73). In der Anlage D betrug dieser Anteil noch 8,3 % (n = 33), in der Anlage C nur

noch 8,1 % (n = 22). Nahezu umgekehrt verhielt es sich mit den Läsionen, die größer als 2 mm waren. In der Anlage C betrug dieser Anteil 43,7 % (n = 118), in der Anlage D 36,6 % (n = 145) und in der Anlage B 30,2 % (n = 221). In der Anlage A zeigten noch 26,9 % (n = 174), in der Anlage E ähnliche 26,5 % (n = 96) der untersuchten Legehennen derartige Veränderungen. Die meisten hochgradigen Epithelläsionen gab es in der Anlage E mit 5,8 % (n = 21), gefolgt von der Anlage D mit deutlich geringeren 1,3 % (n = 5). In der Anlage C zeigten noch 0,7 % (n = 2), in den Anlagen A und B nur noch 0,5 % (n = 3/ n = 4) der untersuchten Legehennen hochgradige Epithelveränderungen am Fußballen.

Die Unterschiede zwischen den jeweiligen Legelinien, Anlagentypen und Lebenswochen stellten sich bei der statistischen Analyse als signifikant heraus ($p < 0,001$).

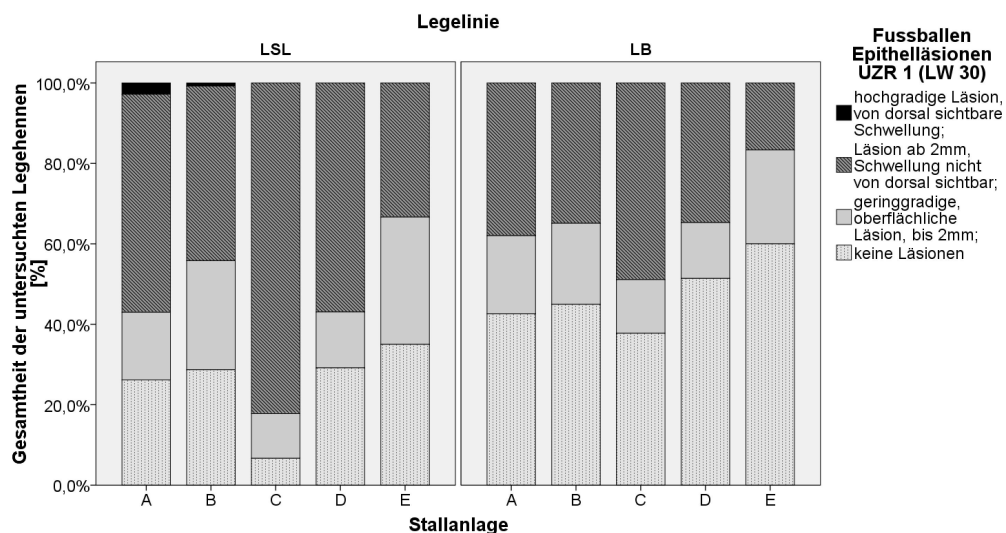


Abbildung 86: Das Auftreten von Fußballen mit keiner (,4')/ geringgradiger (,3')/ mittelgradiger (,2') oder hochgradiger (,1') Epithelläsion zum **ersten UZR** (LW 30), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,4' n = 28, ,3' n = 18, ,2' n = 58, ,1' n = 3; Anlage B ,4' n = 37, ,3' n = 35, ,2' n = 56, ,1' n = 1; Anlage C ,4' n = 3, ,3' n = 5, ,2' n = 37, ,1' n = 0; Anlage D ,4' n = 21, ,3' n = 10, ,2' n = 41, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 21, ,3' n = 19, ,2' n = 20, ,1' n = 0; LB Anlage A ,4' n = 46, ,3' n = 21, ,2' n = 41, ,1' n = 0; Anlage B ,4' n = 58, ,3' n = 26, ,2' n = 45, ,1' n = 0; Anlage C ,4' n = 17, ,3' n = 6, ,2' n = 22, ,1' n = 0; Anlage D ,4' n = 37, ,3' n = 10, ,2' n = 25, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 36, ,3' n = 14, ,2' n = 10, ,1' n = 0)

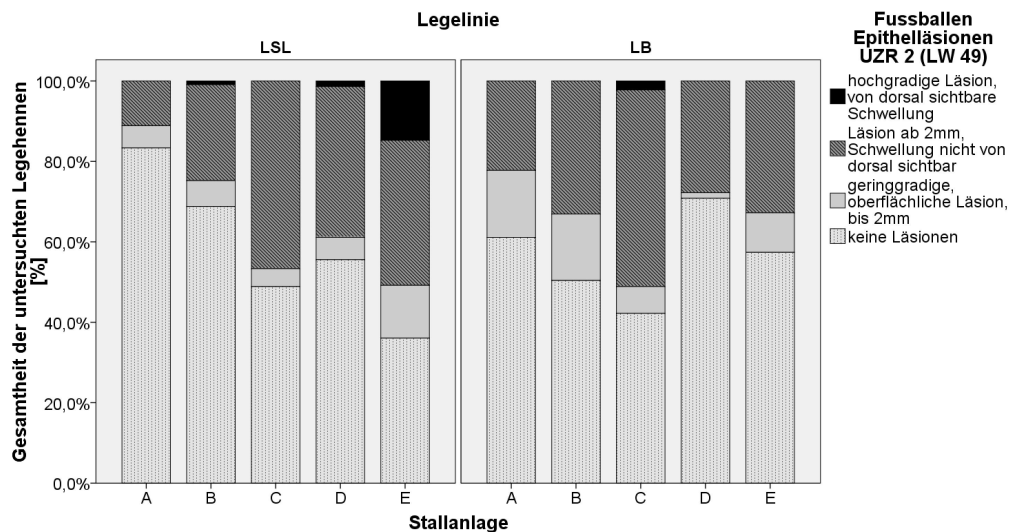


Abbildung 87: Das Auftreten von Fußballen mit keiner (,4')/ geringgradiger (,3')/ mittelgradiger (,2') oder hochgradiger (,1') Epithelläsion zum **zweiten UZR** (LW 49), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,4' n = 90, ,3' n = 6, ,2' n = 12, ,1' n = 0; Anlage B ,4' n = 75, ,3' n = 7, ,2' n = 26, ,1' n = 1; Anlage C ,4' n = 22, ,3' n = 2, ,2' n = 21, ,1' n = 0; Anlage D ,4' n = 40, ,3' n = 4, ,2' n = 27, ,1' n = 1; Anlage E ,4' n = 22, ,3' n = 8, ,2' n = 22, ,1' n = 9; LB Anlage A ,4' n = 66, ,3' n = 18, ,2' n = 24, ,1' n = 0; Anlage B ,4' n = 67, ,3' n = 22, ,2' n = 44, ,1' n = 0; Anlage C ,4' n = 19, ,3' n = 3, ,2' n = 22, ,1' n = 1; Anlage D ,4' n = 51, ,3' n = 1, ,2' n = 20, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 35, ,3' n = 6, ,2' n = 20, ,1' n = 0)

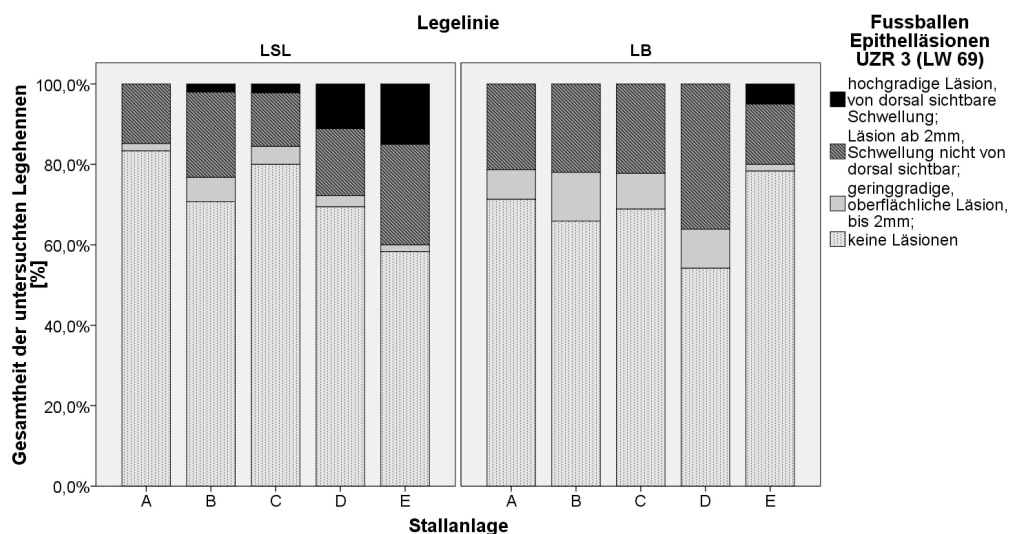


Abbildung 88: Das Auftreten von Fußballen mit keiner (,4')/ geringgradiger (,3')/ mittelgradiger (,2') oder hochgradiger (,1') Epithelläsion zum **dritten UZR** (LW 69), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,4' n = 90, ,3' n = 2, ,2' n = 16, ,1' n = 0; Anlage B ,4' n = 70, ,3' n = 6, ,2' n = 21, ,1' n = 2; Anlage C ,4' n = 36, ,3' n = 2, ,2' n = 6, ,1' n = 1; Anlage D ,4' n = 25, ,3' n = 1, ,2' n = 6, ,1' n = 4; Anlage E ,4' n = 35, ,3' n = 1, ,2' n = 15, ,1' n = 9; LB Anlage A ,4' n = 77, ,3' n = 8, ,2' n = 23, ,1' n = 0; Anlage B ,4' n = 87, ,3' n = 16, ,2' n = 29, ,1' n = 0; Anlage C ,4' n = 31, ,3' n = 4, ,2' n = 10, ,1' n = 0; Anlage D ,4' n = 39, ,3' n = 7, ,2' n = 26, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 47, ,3' n = 1, ,2' n = 9, ,1' n = 3)

4.4.7.2 Zehenballen

In der 30. LW zeigten hier 67,1 % (n = 277) der untersuchten LSL Legehennen keine oder nur eine geringgradige Hyperkeratose, 32,9 % (n = 136) zeigten bereits eine mittel- bis hochgradige Hyperkeratose. Bei der Legelinie LB lag der Anteil an untersuchten Legehennen mit keiner oder geringgradiger Hyperkeratose noch bei 81,9 % (n = 339), der Anteil an Legehennen mit mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose bei 18,1 % (n = 75). Zum zweiten Untersuchungszeitraum hin stieg bei der Legelinie LSL der Anteil der Zehenballen mit dem Merkmal keine/geringgradige Hyperkeratose auf 82,5 % (n = 326), der Anteil an mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose fiel auf 17,5 % (n = 69) ab. Bei der Legelinie LB blieben die Anteile der unterschiedlichen Hyperkeratosen ungefähr gleich. Hier zeigten 80,9 % (n = 339) der untersuchten Zehen keine oder nur eine geringgradige, 19,1 % (n = 80) eine mittel- bis hochgradige Hyperkeratose. In der 69. LW waren die Anteile an Zehen ohne oder nur geringgradiger Hyperkeratose bei der Legelinie LSL auf 94,3 % (n = 328) gestiegen, dementsprechend der Anteil an Zehen mit mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose auf 5,7 % (n = 20) gesunken. Bei der Legelinie LB verhielt es sich ähnlich. Hier zeigten 87,1 % (n = 363) der untersuchten Legehennen keine oder nur eine geringgradige Hyperkeratose und 12,9 % (n = 54) eine mittel- bis hochgradige Hyperkeratose. Insgesamt lag der Anteil an untersuchten Legehennen mit dem Merkmal keine/geringgradige Hyperkeratose bei der Legelinie LSL bei 80,5 % (n = 931), bei der Legelinie LB bei 83,3 %. Demgegenüber zeigten bei der Legelinie LSL 19,5 % (n = 225) und bei der Legelinie LB 16,7 % (n = 209) der Legehennen eine mittel- bis hochgradige Hyperkeratose. Betrachtet man die unterschiedlichen Anlagentypen, so gab es in der Anlage B mit 23,1 % (n = 169) den größten Anteil an Zehen mit mittel- bis hochgradiger Hyperkeratose gefolgt von der Anlage A mit 19,6 % (n = 127) und der Anlage D mit 18,2 % (n = 72). In der Anlage C betrug dieser Anteil noch 12,2 % (n = 33), in der Anlage E 9,1 % (n = 33).

Bezüglich der Hyperkeratose an den Zehen unterschieden sich die Legelinien nicht signifikant voneinander ($p = 0,107$), die Anlagentypen und die Lebenswochen jedoch schon ($p < 0,001$).

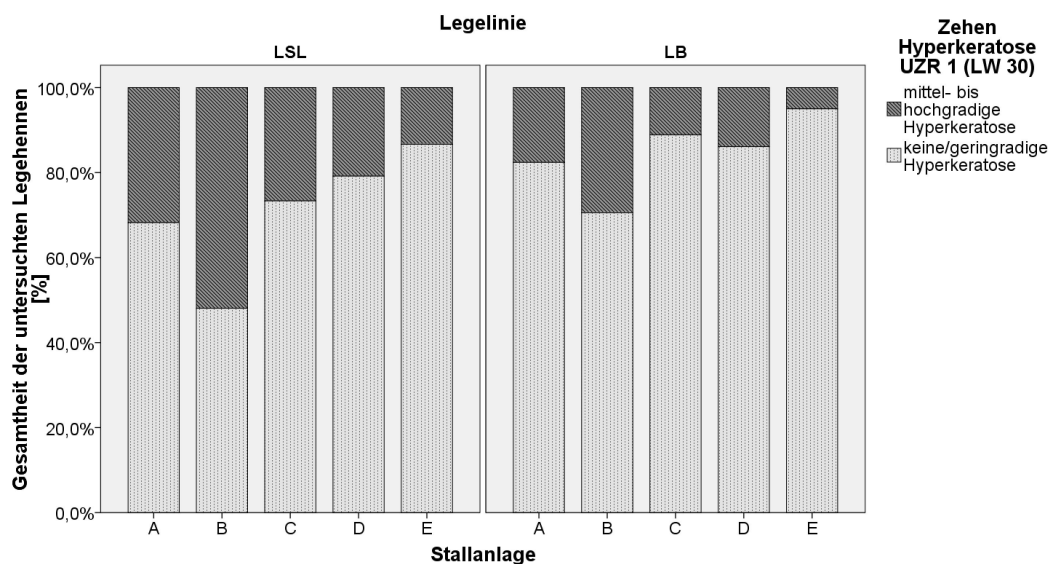


Abbildung 89: Das Auftreten von Zehenballen mit keiner/ geringgradiger (,0') bzw. mittel- bis hochgradiger (,1') Hyperkeratose zum **ersten UZR** (LW 30), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,0' n = 73, ,1' n = 34; Anlage B ,0' n = 62, ,1' n = 67; Anlage C ,0' n = 33, ,1' n = 12; Anlage D ,0' n = 57, ,1' n = 15; Anlage E ,0' n = 52, ,1' n = 8; LB Anlage A ,0' n = 89, ,1' n = 19; Anlage B ,0' n = 91, ,1' n = 38; Anlage C ,0' n = 40, ,1' n = 5; Anlage D ,0' n = 62, ,1' n = 10; Anlage E ,0' n = 57, ,1' n = 3)

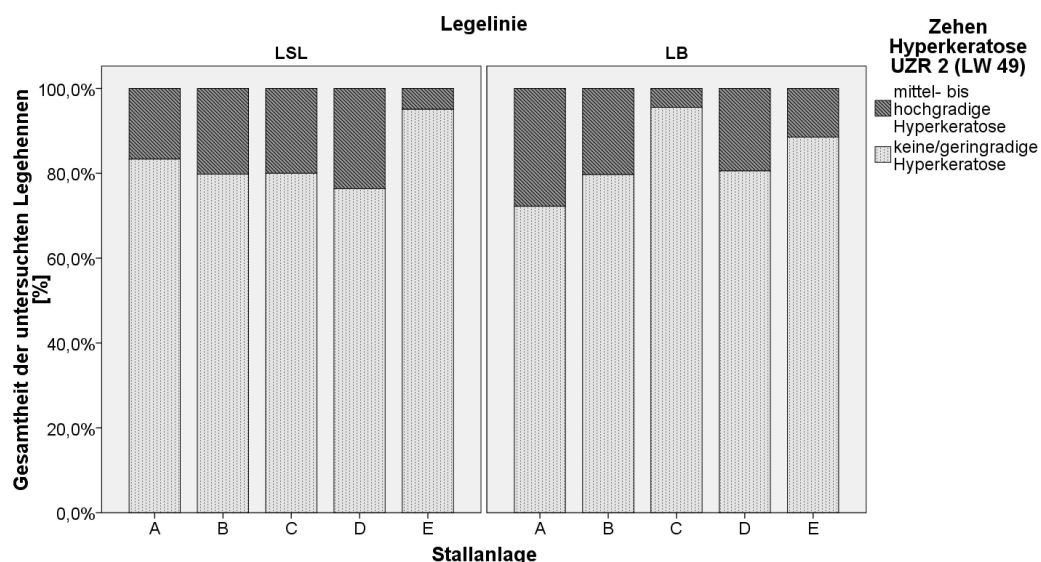


Abbildung 90: Das Auftreten von Zehenballen mit keiner/ geringgradiger (,0') bzw. mittel- bis hochgradiger (,1') Hyperkeratose zum **zweiten UZR** (LW 49), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,0' n = 90, ,1' n = 18; Anlage B ,0' n = 87, ,1' n = 22; Anlage C ,0' n = 36, ,1' n = 9; Anlage D ,0' n = 55, ,1' n = 17; Anlage E ,0' n = 58, ,1' n = 3; LB Anlage A ,0' n = 78, ,1' n = 30; Anlage B ,0' n = 106, ,1' n = 27; Anlage C ,0' n = 43, ,1' n = 2; Anlage D ,0' n = 58, ,1' n = 14; Anlage E ,0' n = 54, ,1' n = 7)

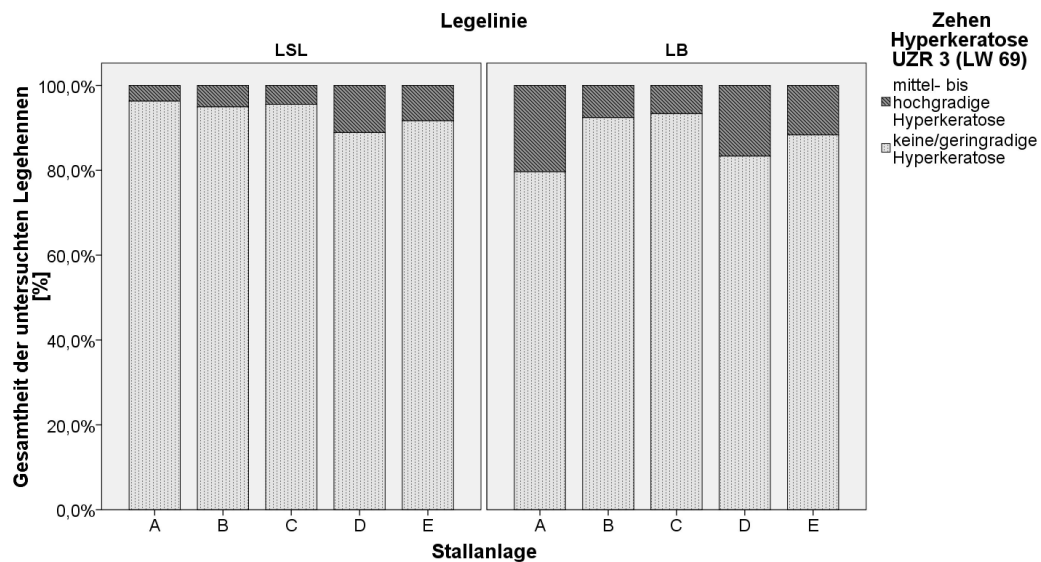


Abbildung 91: Das Auftreten von Zehenballen mit keiner/ geringgradiger (,0') bzw. mittel- bis hochgradiger (,1') Hyperkeratose zum **dritten UZR** (LW 69), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,0' n = 104, ,1' n = 4; Anlage B ,0' n = 94, ,1' n = 5; Anlage C ,0' n = 43, ,1' n = 2; Anlage D ,0' n = 32, ,1' n = 4; Anlage E ,0' n = 55, ,1' n = 5; LB Anlage A ,0' n = 86, ,1' n = 22; Anlage B ,0' n = 122, ,1' n = 10; Anlage C ,0' n = 42, ,1' n = 3; Anlage D ,0' n = 60, ,1' n = 12; Anlage E ,0' n = 53, ,1' n = 7)

Die jeweiligen Ausprägungen und Verteilungen der Epithelläsionen in den unterschiedlichen Untersuchungszeiträumen kann man wie schon bei den Fußballen unten stehender Tabelle entnehmen (siehe Tab. 44).

Tabelle 44: Die Verteilung der jeweiligen Schweregrade von Epithelläsionen an den Zehenballen, aufgeteilt nach Legelinie (LL) und dem jeweiligen Untersuchungszeitraum (UZR)/Lebenswoche (LW) zugeordnet

UZR	LW	LL	Zehenballen Epithekläsionen							
			keine Läsionen (Score 4)		geringgradige, oberflächliche Läsion, bis 2 mm (Score 3)		Läsion ab 2 mm, Schwellung nicht von dorsal sichtbar (Score 2)		hochgradige Läsion, von dorsal sichtbare Schwellung (Score 1)	
			Anzahl der Tiere		Anzahl der Tiere		Anzahl der Tiere		Anzahl der Tiere	
			[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]
1	30	LSL	262	63,4	99	24,0	48	11,6	4	1,0
		LB	288	69,6	83	20,0	40	9,7	3	0,7
2	49	LSL	371	93,9	10	2,5	10	2,5	4	1,0
		LB	360	85,9	49	11,7	9	2,1	1	0,2
3	69	LSL	332	95,4	10	2,9	5	1,4	1	0,3
		LB	372	89,2	26	6,2	19	4,6	0	0,0

Betrachtet man nun alle drei Untersuchungszeiträume so zeigten 83,5 % (n = 965) der untersuchten Legehennen der Legelinie LSL und 81,6 % der Legelinie LB keine Epithelveränderungen. Demgegenüber lag der Anteil an Zehenballen mit geringgradiger Epithelläsion bei der Legelinie LSL bei 10,3 % (n = 119), der der Legelinie LB bei 12,6 % (n = 158). Umso geringer waren die Anteile an Läsionen, die größer als 2 mm waren. Diese machten bei beiden Legelinien 5,4 % aus (LSL: n = 63; LB: n = 68). Hochgradige Läsionen zeigten bei der Legelinie LSL noch 0,8 % (n = 9), bei der Legelinie LB 0,3 % (n = 4) der untersuchten Legehennen.

Die meisten oberflächlichen Läsionen gab es in der Anlage E mit 13,3 % (n = 48), gefolgt von der Anlage B mit 12,7 % (n = 93) und der Anlage A mit 12,2 % (n = 79). In der Anlage C betrug dieser Anteil noch 11,1 % (n = 30), in der Anlage D nur noch 6,8 % (n = 27). Der Anteil an Läsionen, die größer als 2 mm waren, war in der Anlage B mit 7,1 % am größten,

hier ebenso gefolgt von der Anlage A mit 6,5 % (n = 42) und der Anlage E mit 5,8 % (n = 23). Etwas niedriger waren diese Anteile in der Anlage C mit 3,0 % (n = 8) und der Anlage E mit nur noch 1,7 % (n = 6). Der Anteil an Zehenballen mit hochgradigen Epithelläsionen betrug in der Anlage C noch 1,1 % (n = 3), in der Anlage E 0,8 % (n = 3) und in der Anlage A 0,6 % (n = 4). In der Anlage B wiesen noch 0,4 % (n = 3) der untersuchten Legehennen Läsionen an den Zehenballen auf, in der Anlage D gar keine mehr.

In Bezug auf die Epithelläsionen an den Zehen unterschieden sich die Legelinien nicht signifikant voneinander ($p = 0,067$). Die Unterschiede zwischen den Anlagentypen und den Lebenswochen stellten sich hier wiederum als signifikant heraus ($p < 0,001$).

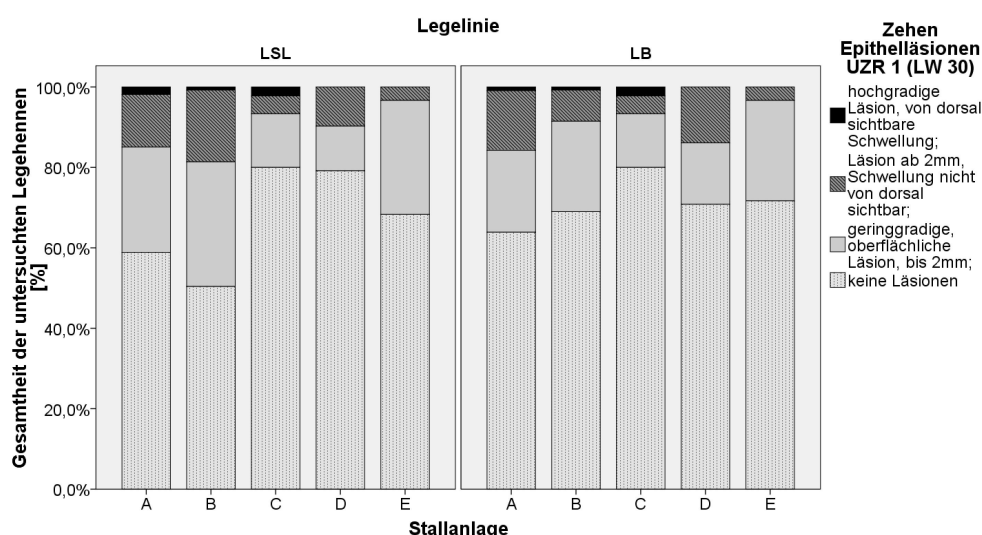


Abbildung 92: Das Auftreten von Zehenballen ohne (,4')/ geringgradiger (,3')/ mittelgradiger (,2') oder hochgradiger (,1') Epithelläsion zum **ersten UZR** (LW 30), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,4' n = 63, ,3' n = 28, ,2' n = 14, ,1' n = 2; Anlage B ,4' n = 65, ,3' n = 40, ,2' n = 23, ,1' n = 1; Anlage C ,4' n = 36, ,3' n = 6, ,2' n = 2, ,1' n = 1; Anlage D ,4' n = 57, ,3' n = 8, ,2' n = 7, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 41, ,3' n = 17, ,2' n = 2, ,1' n = 0; LB Anlage A ,4' n = 69, ,3' n = 22, ,2' n = 16, ,1' n = 1; Anlage B ,4' n = 89, ,3' n = 29, ,2' n = 23, ,1' n = 1; Anlage C ,4' n = 36, ,3' n = 6, ,2' n = 2, ,1' n = 1; Anlage D ,4' n = 51, ,3' n = 11, ,2' n = 10, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 43, ,3' n = 15, ,2' n = 2, ,1' n = 0)

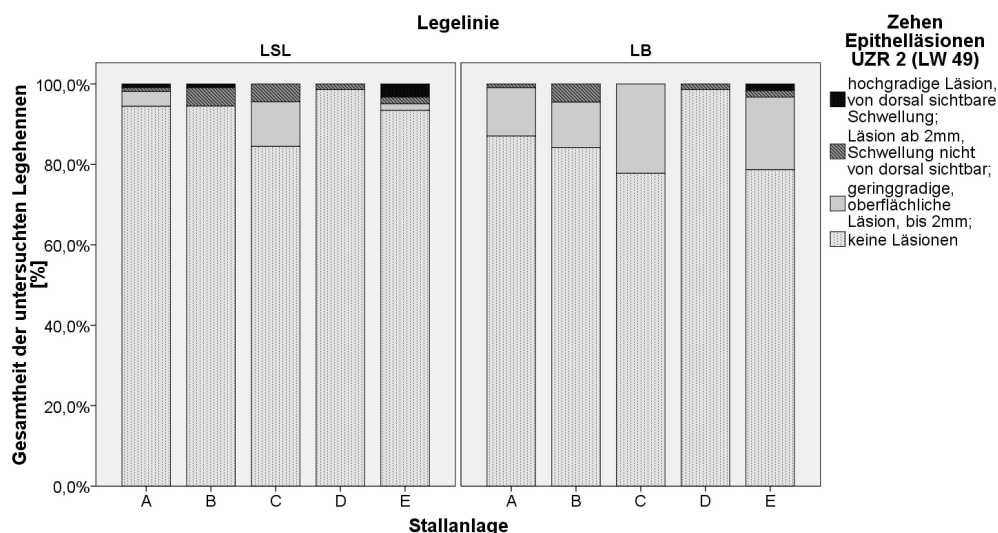


Abbildung 93: Das Auftreten von Zehenballen mit keiner (,4')/ geringgradiger (,3')/ mittelgradiger (,2') oder hochgradiger (,1') Epithelläsion zum **zweiten UZR** (LW 49), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,4' n = 102, ,3' n = 4, ,2' n = 1, ,1' n = 1; Anlage B ,4' n = 103, ,3' n = 0, ,2' n = 5, ,1' n = 1; Anlage C ,4' n = 38, ,3' n = 5, ,2' n = 2, ,1' n = 0; Anlage D ,4' n = 71, ,3' n = 0, ,2' n = 1, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 57, ,3' n = 1, ,2' n = 1, ,1' n = 2; LB Anlage A ,4' n = 94, ,3' n = 13, ,2' n = 1, ,1' n = 0; Anlage B ,4' n = 112, ,3' n = 15, ,2' n = 6, ,1' n = 0; Anlage C ,4' n = 35, ,3' n = 10, ,2' n = 0, ,1' n = 0; Anlage D ,4' n = 71, ,3' n = 0, ,2' n = 1, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 48, ,3' n = 11, ,2' n = 1, ,1' n = 1)

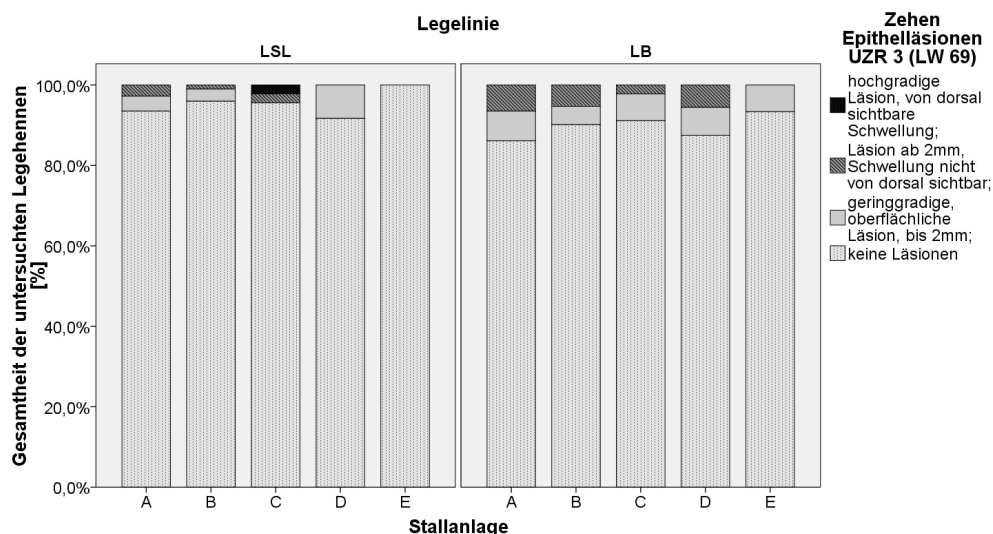


Abbildung 94: Das Auftreten von Zehenballen mit keiner (,4')/ geringgradiger (,3')/ mittelgradiger (,2') oder hochgradiger (,1') Epithelläsion zum **dritten UZR** (LW 69), aufgeteilt nach Legelinie (LSL links/LB rechts) und Stallanlagen, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LSL Anlage A ,4' n = 101, ,3' n = 4, ,2' n = 3, ,1' n = 0; Anlage B ,4' n = 95, ,3' n = 3, ,2' n = 1, ,1' n = 0; Anlage C ,4' n = 43, ,3' n = 0, ,2' n = 1, ,1' n = 1; Anlage D ,4' n = 33, ,3' n = 3, ,2' n = 0, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 60, ,3' n = 0, ,2' n = 0, ,1' n = 0; LB Anlage A ,4' n = 93, ,3' n = 8, ,2' n = 7, ,1' n = 0; Anlage B ,4' n = 119, ,3' n = 6, ,2' n = 7, ,1' n = 0; Anlage C ,4' n = 41, ,3' n = 3, ,2' n = 1, ,1' n = 0; Anlage D ,4' n = 63, ,3' n = 5, ,2' n = 4, ,1' n = 0; Anlage E ,4' n = 56, ,3' n = 4, ,2' n = 0, ,1' n = 0)

4.4.7.3 Krallen

Im ersten Untersuchungszeitraum wurde bei der Legelinie LSL eine mittlere Krallenlänge von 2,12 cm ($\pm 0,01$ SEM) ($n = 413$), bei der Legelinie LB eine mittlere Krallenlänge von 1,87 cm ($\pm 0,01$ SEM) ($n = 414$) gemessen. Bei beiden Legelinien nahm zur 49. LW hin die Krallenlänge zu. Bei der Legelinie LSL betrug diese nun mittlere 2,54 cm ($\pm 0,02$ SEM) ($n = 395$), bei der Legelinie LB mittlere 2,18 cm ($\pm 0,02$ SEM) ($n = 419$). In der 69. LW wurde schließlich bei der Legelinie LSL eine durchschnittliche Krallenlänge von 2,89 cm ($\pm 0,03$ SEM) ($n = 348$) und bei der Legelinie LB eine durchschnittliche Krallenlänge von 2,46 cm ($\pm 0,03$ SEM) ($n = 417$) gemessen. Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen lag die mittlere Krallenlänge der Legelinie LSL bei 2,50 cm ($\pm 0,02$ SEM), die der Legelinie LB bei 2,17 cm ($\pm 0,01$ SEM). Ihr Maximum an Krallenlänge erreichte die Legelinie LSL ebenso wie die Legelinie LB im letzten Untersuchungszeitraum (LSL 4,90 cm; LB 3,80 cm), ihr Minimum beide im ersten Untersuchungszeitraum (jeweils 1,00 cm). Auf Anlagenebene gesehen waren die Krallen mit durchschnittlich 2,74 cm ($\pm 0,04$ SEM) in der Anlage C am längsten, gefolgt von den Krallen in der Anlage E mit 2,55 cm ($\pm 0,03$ SEM) und der Anlage B mit 2,42 cm ($\pm 0,02$ SEM). Am kürzesten waren die Krallen in der Anlage A mit 2,12 cm ($\pm 0,02$ SEM) und der Anlage D mit durchschnittlich 2,00 cm ($\pm 0,02$ SEM).

Die Unterschiede zwischen den Legelinien, den Anlagentypen und den Untersuchungszeitpunkten/ Lebenswochen stellten sich bei der statistischen Analyse als signifikant heraus ($p < 0,001$).

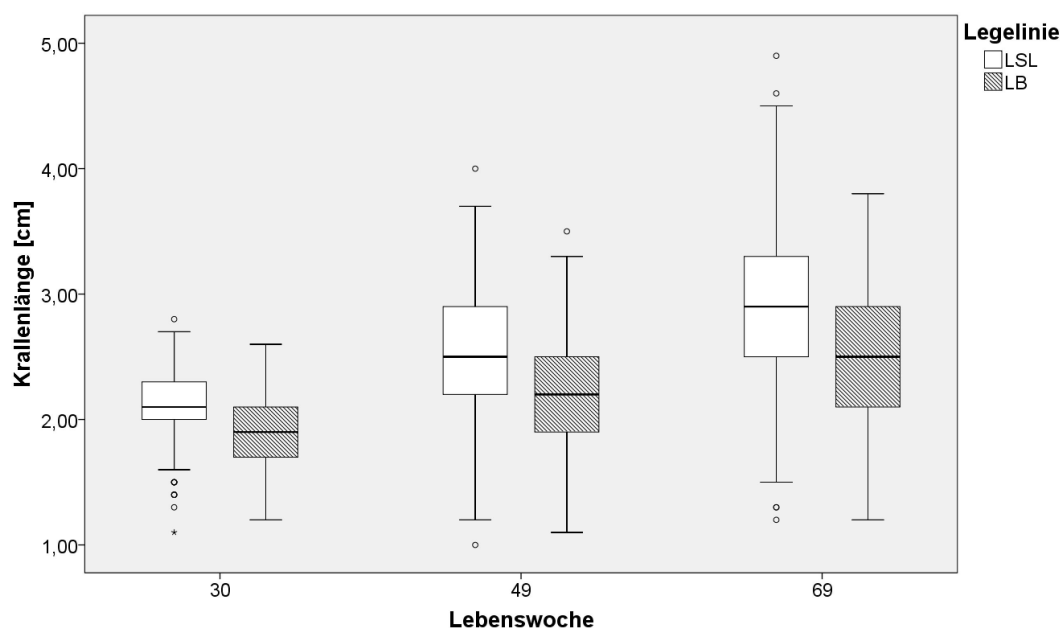


Abbildung 95: Die Verteilung der Krallenlänge in Abhängigkeit von der Legelinie und über die drei Untersuchungszeiträume, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30: LSL n = 413/ LB n = 414; LW 49: LSL n = 395/ LB n = 419; LW 69 LSL n = 348/ LB n = 417)

Tabelle 45: Die jeweilige mittlere Krallenlänge über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E**; (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Krallenlänge [mm]						Krallenlänge [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	323	2,24	0,40	0,02	1,00	3,60	324	2,01	0,39	0,02	1,10	3,20
B	337	2,53	0,44	0,02	1,30	3,80	394	2,33	0,41	0,02	1,30	3,70
C	135	2,97	0,73	0,06	1,70	4,90	135	2,51	0,52	0,04	1,50	3,60
D	180	2,22	0,43	0,03	1,40	3,50	216	1,82	0,28	0,02	1,20	2,80
E	182	2,82	0,62	0,05	1,20	4,50	181	2,28	0,53	0,04	1,20	3,80

Gleichzeitig wurde das Kriterium abgebrochene Kralle oder keine abgebrochene Kralle notiert. Hier zeigte sich im ersten Untersuchungszeitraum, dass bei der Legelinie LSL 3,1 % (n = 13) der Krallen abgebrochen waren, bei der Legelinie LB betrug dieser Anteil 4,3 % (n = 18). In der 49. LW hatten 13,4 % (n = 53) der untersuchten LSL Legehennen abgebrochene Krallen, bei der Legelinie LB waren es zu

diesem Zeitpunkt 13,1 % (n = 55). Im dritten Untersuchungszeitraum war der Anteil abgebrochener Krallen bei der Legelinie LSL wieder auf 7,2 % (n = 25) abgesunken, der der Legelinie LB war wiederum geringgradig auf 15,1 % (n = 63) angestiegen. Die mittleren Anteile an abgebrochenen Krallen lagen insgesamt gesehen bei der Legelinie LSL bei 7,9 % (n = 91), bei der Legelinie LB bei 10,9 % (n = 136). Auf Anlagenebene gesehen gab es in der Anlage C mit 16,3 % (n = 44) die meisten abgebrochenen Krallen, gefolgt von der Anlage A mit 12,7 % (n = 82) und der Anlage B und C mit jeweils 6,8 % (n = 50 bzw. n = 27). Die wenigsten abgebrochenen Krallen gab es in der Anlage E mit 6,6 % (n = 24).

Bei der statistischen Analyse stellte sich heraus, dass sich die Unterschiede zwischen den Legelinien ($p = 0,01$), den Stallanlagen ($p < 0,001$) sowie den Lebenswochen ($p < 0,001$) als signifikant erwiesen.

4.4.8 Körpergewicht

Im ersten Untersuchungszeitraum lag das mittlere Körpergewicht der Legelinie LSL bei 1,60 kg ($\pm 0,01$ SEM) (n = 412), das der Legelinie LB bei etwas höheren mittleren 1,92 kg ($\pm 0,01$ SEM) (n = 414). In der 49. LW war das durchschnittliche Körpergewicht der Legelinie LSL auf 1,66 kg ($\pm 0,01$ SEM) (n = 395), das der Legelinie LB auf 1,99 kg ($\pm 0,01$ SEM) (n = 419) gestiegen. Diese Tendenz bestätigte sich auch im dritten Untersuchungszeitraum. Hier lag das mittlere Körpergewicht der Legelinie LSL bei 1,71 kg ($\pm 0,01$ SEM) (n = 348), das der Legelinie LB bei mittleren 2,02 kg ($\pm 0,01$ SEM) (n = 417). Über alle drei Untersuchungszeiträume gesehen betrug das durchschnittliche Körpergewicht der Legelinie LSL 1,65 kg ($\pm 0,00$ SEM), das der Legelinie LB lag bei deutlich höheren 1,98 kg ($\pm 0,01$ SEM). Ihr niedrigstes Körpergewicht zeigte die Legelinie LSL in der 69. LW mit 1,20 kg, ihr höchstes in der gleichen Lebenswoche mit 2,27 kg. Die Legelinie LB zeigte sowohl ihr niedrigstes als auch ihr höchstes Körpergewicht in demselben Untersuchungszeitraum wie die Legelinie LSL (Min: 1,08 kg; Max: 2,80 kg). Betrachtet man nun die unterschiedlichen Anlagentypen, so waren die Tiere in der Anlage B mit mittleren 1,86 kg ($\pm 0,01$ SEM) am schwersten, dicht gefolgt von der

Anlage D mit 1,85 kg ($\pm 0,01$ SEM) und der Anlage A mit 1,84 kg ($\pm 0,01$ SEM). Etwas niedriger waren die durchschnittlichen Körpergewichte in der Anlage C mit 1,78 kg ($\pm 0,01$ SEM) und der Anlage E mit 1,70 kg ($\pm 0,01$ SEM).

Bezüglich des Körpergewichtes erwiesen sich die Unterschiede zwischen den Legelinien und den Anlagentypen als signifikant ($p < 0,001$). Ebenso konnten Signifikanzen zwischen den unterschiedlichen Lebenswochen/ Untersuchungszeiträumen nachgewiesen werden ($p < 0,001$).

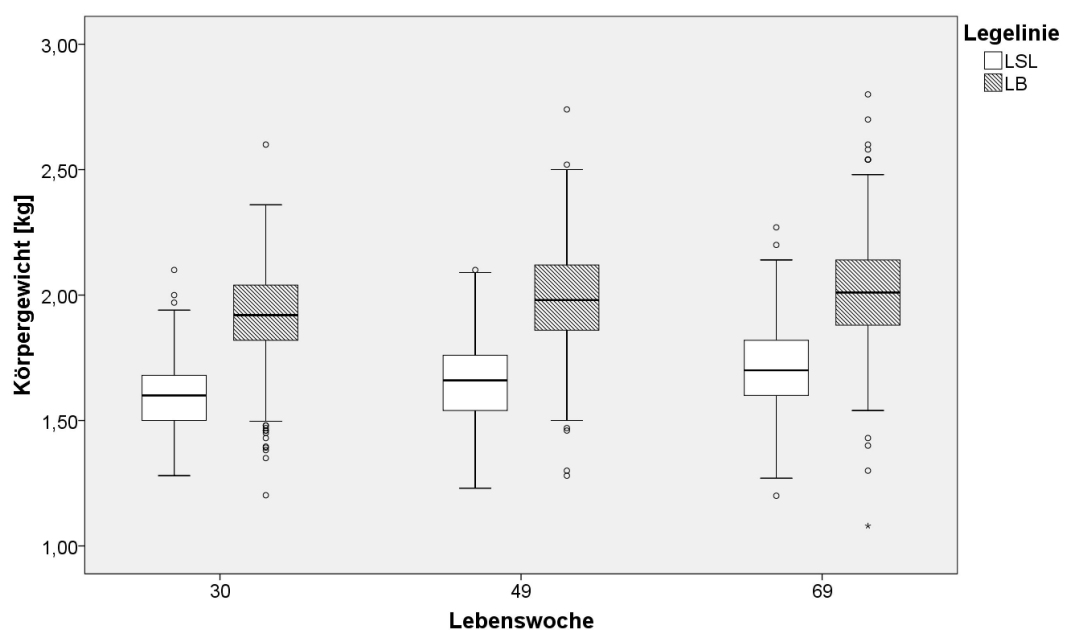


Abbildung 96: Die Verteilung der Körpergewichte in Abhängigkeit von der Legelinie und über alle drei Untersuchungszeiträume, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; LW 30: LSL n = 412/ LB n = 414; LW 49: LSL n = 395/ LB n = 419; LW 69 LSL n = 348/ LB n = 417)

Tabelle 46: Das jeweilige mittlere Körpergewicht über die gesamte Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E**; (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Körpergewicht [kg]						Körpergewicht [kg]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	323	1,68	0,15	0,01	1,20	2,14	324	2,00	0,19	0,01	1,08	2,54
B	337	1,66	0,14	0,01	1,30	2,08	394	2,04	0,19	0,01	1,46	2,80
C	135	1,64	0,16	0,01	1,24	2,20	135	1,92	0,20	0,02	1,40	2,60
D	180	1,66	0,16	0,01	1,27	2,10	216	2,00	0,18	0,01	1,40	2,74
E	180	1,59	0,16	0,01	1,23	2,27	181	1,81	0,19	0,01	1,20	2,35

4.5 Mortalität

Die hier beschriebenen Mortalitätsraten beziehen sich immer auf die zu Beginn eingestellten Legehennen. Die versuchsbedingt ausgestallten Legehennen (siehe Material- und Methoden) wurden hier nicht berücksichtigt. In den Anlagen C –E galten, wie bereits erwähnt, alle euthanasierten und abgegebenen Legehennen als ‚verstorben‘. Da sich die Anzahl der verstorbenen Legehennen pro Woche als sehr gering erwies, wurden der Einfachheit halber die Lebenswochen zu Monaten zusammengefasst. In der Anlage A lag die mittlere Mortalitätsrate der Legelinie LSL bei 0,58 % ($\pm 0,18$ SEM), die der Legelinie LB bei 0,42 % ($\pm 0,16$ SEM) pro Monat. Über die gesamte Legeperiode hinweg stieg diese in den jeweiligen Monaten nicht auf höhere Werte als 1,94 % bei der Legelinie LSL und 1,39 % bei der Legelinie LB. In der Anlage B betrug die höchste Mortalitätsrate bei der Legelinie LSL 3,03 %, bei der Legelinie LB 1,26 % pro Monat. Durchschnittlich lag hier die Mortalitätsrate der Legelinie LSL bei 1,16 % ($\pm 0,22$ SEM) im Monat, die der Legelinie LB bei niedrigeren 0,36 % ($\pm 0,12$ SEM). In der Anlage C stieg die Mortalität über die gesamte Legeperiode hinweg nicht über 0,67 % (LSL) bzw. 2 % (LB) im jeweiligen Monat an. Insgesamt lag hier die mittlere Mortalitätsrate der Legelinie LSL bei 0,18 % ($\pm 0,09$ SEM) pro Monat, die der Legelinie LB bei 0,42 % ($\pm 0,19$ SEM), vor allem zurückzuführen auf eine erhöhte Mortalität der Legelinie LB in den Lebenswochen 58 bis 62 (August). In der Anlage

D erreichte die Mortalität der Legelinie LSL Werte von bis zu 6,25 % im Monat, wobei die Legelinie LB mit Werten von 0,83 % im Monat deutlich darunter lag. Die mittlere Mortalitätsrate der Legelinie LSL betrug 2,12 % ($\pm 0,60$ SEM) pro Monat, die der Legelinie LB 0,35 % ($\pm 0,10$ SEM). Vor allem von der 40. bis zur 49. LW gab es hier bei der Legelinie LSL hohe Mortalitätsraten, die sich jedoch bis zum Ende des Versuches wieder erholten. In der Anlage E betrug die höchste mittlere Mortalitätsrate der Legelinie LB 1,00 %, die der Legelinie LSL 0,96 %. Die durchschnittliche Mortalitätsrate bei der Legelinie LSL betrug in dieser Anlage 0,40 % ($\pm 0,10$ SEM), bei der Legelinie LB 0,21 % ($\pm 0,10$ SEM) pro Monat.

Bei der statistischen Auswertung stellte sich heraus, dass sich sowohl die Mortalitätsraten der jeweiligen Legelinien ($p < 0,001$) als auch die der verschiedenen Anlagentypen ($p < 0,001$) signifikant unterschieden. Bezüglich der unterschiedlichen Ausprägungen in den jeweiligen Lebenswochen ergaben sich keine Signifikanzen ($p = 0,245$).

Im Folgenden einige Darstellungen, die den Verlauf der monatlichen Mortalität in Prozent pro Anlage und Legelinie darstellen (Abb. 97- 101).

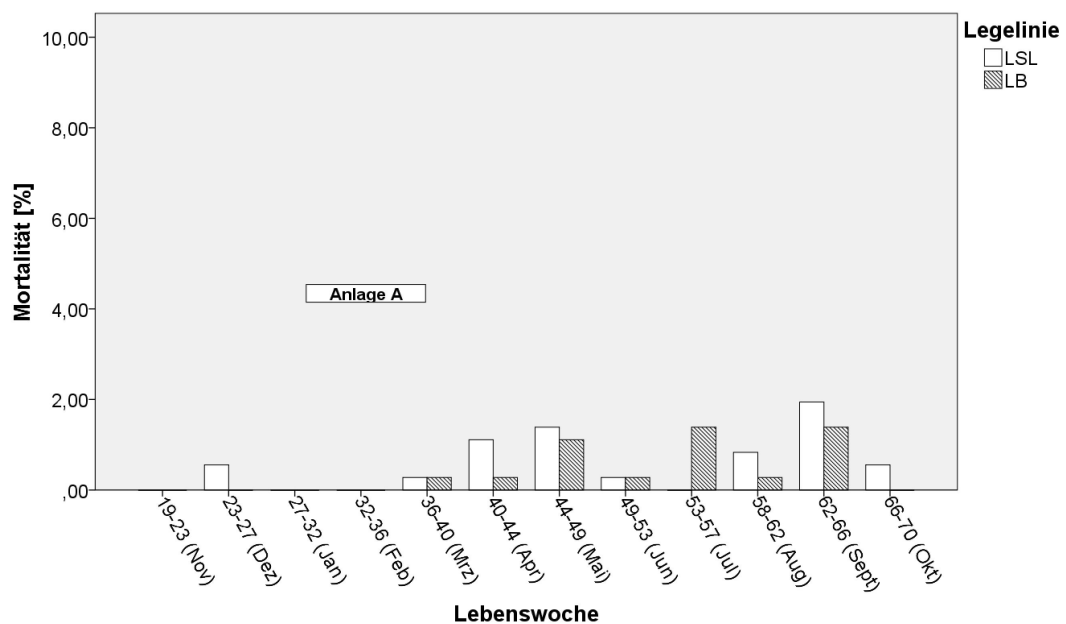


Abbildung 97: Die Mortalität [%] in der **Anlage A** im Verlauf der gesamten Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Monat (n = Gesamtanzahl Tote; LSL n = 25/ LB n = 18)

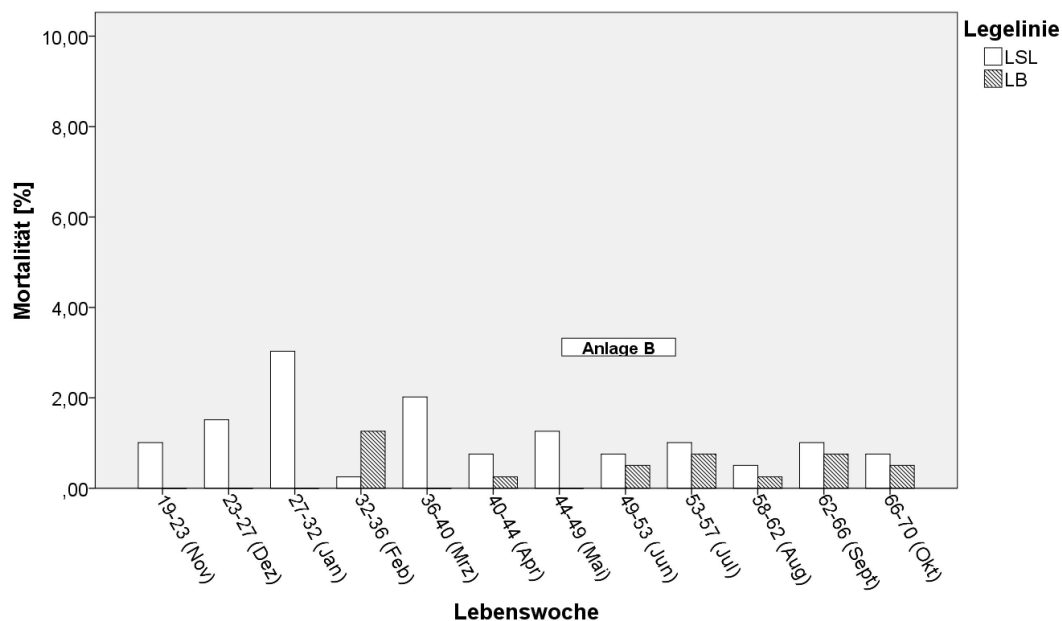


Abbildung 98: Die Mortalität [%] in der **Anlage B** im Verlauf der gesamten Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Monat (n = Gesamtanzahl Tote; LSL n = 55/ LB n = 17)

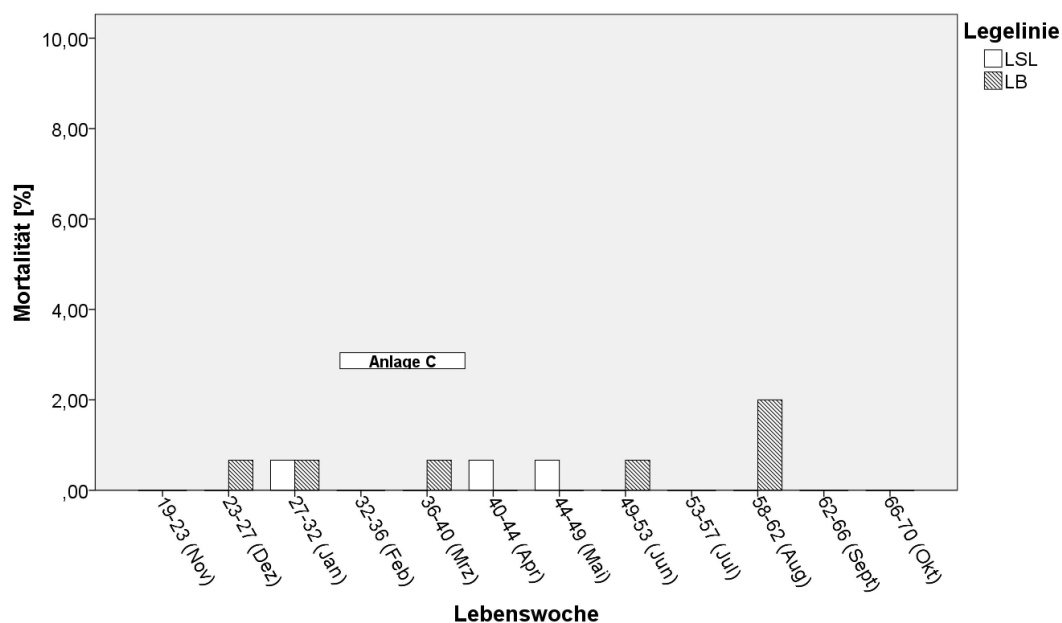


Abbildung 99: Die Mortalität [%] in der **Anlage C** im Verlauf der gesamten Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Monat (n = Gesamtanzahl Tote; LSL n = 3/ LB n = 7)

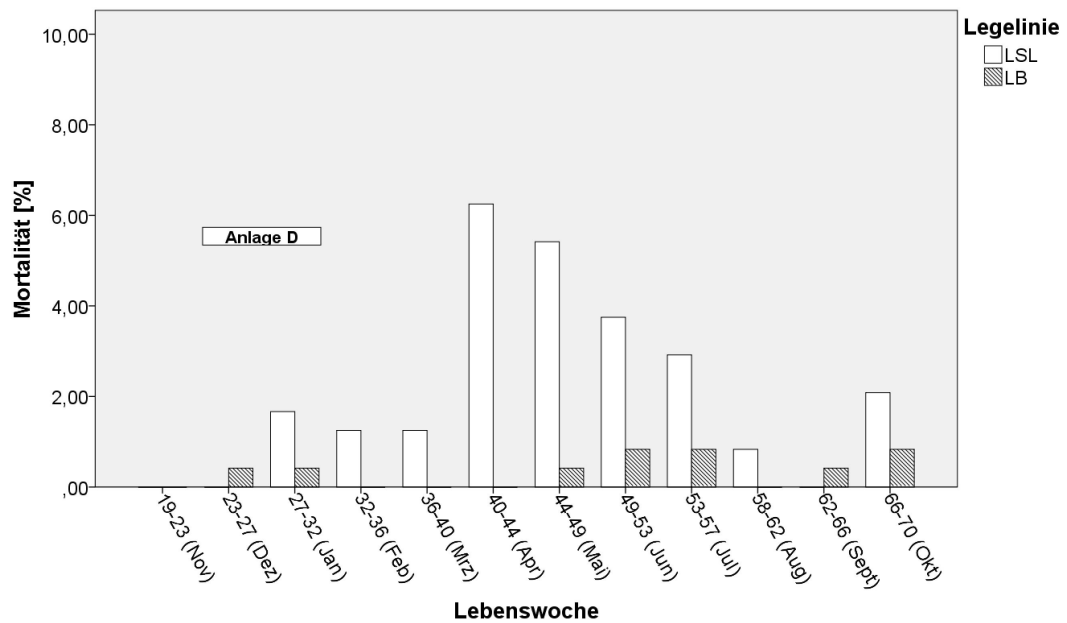


Abbildung 100: Die Mortalität [%] in der **Anlage D** im Verlauf der gesamten Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Monat (n = Gesamtanzahl Tote; LSL n = 63/ LB n = 10)

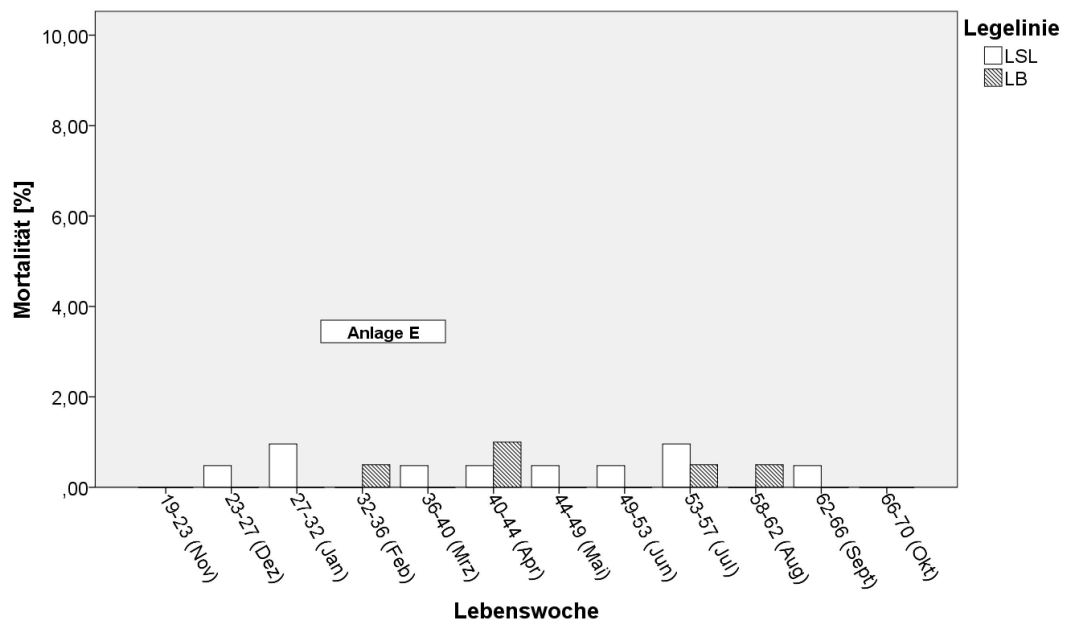


Abbildung 101: Die Mortalität [%] in der **Anlage E** im Verlauf der gesamten Legeperiode aufgeteilt nach Legelinie und Monat (n = Gesamtanzahl Tote; LSL n = 10/ LB n = 5)

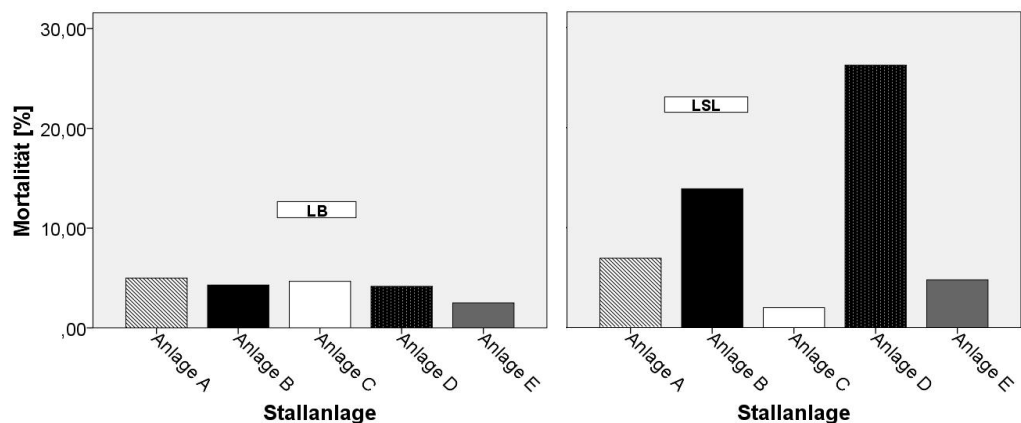


Abbildung 102: Die Darstellung der Gesamtmortalität pro Stallanlage für die gesamte Legeperiode zusammengefasst, links für die Legelinie LB, rechts für die Legelinie LSL, **Anlage A - E** (jeweilige Anzahl siehe Tab. 47)

Tabelle 47: Die absolute Zahl an verstorbenen Legehennen aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der verstorbenen Tiere) mit der jeweiligen Mortalitätsrate in Prozent in Bezug auf die zu Beginn eingestellten Legehennen (Anlage A: 360 Tiere pro Legelinie, Anlage B: 396 Tiere pro Legelinie, Anlage C: 150 Tiere pro Legelinie; Anlage D: 240 Tiere pro Legelinie, Anlage E: 200 Tiere pro Legelinie)

Stallanlage	Legelinie			
	Mortalität [%]			
	LSL		LB	
	n	[%]	n	[%]
A	25	6,9	18	5,00
B	55	13,89	17	4,29
C	3	2,00	7	4,67
D	63	26,25	10	4,17
E	10	5,00	5	2,50

In den folgenden Tabellen nun ein Überblick über die Mortalitätsraten in den einzelnen Käfigabteilen der jeweiligen Anlagen (Tab. 48 Anlage A und B; Tab. 49 Anlage C – E)

Tabelle 48: Die jeweiligen Mortalitätsraten in den einzelnen Käfigabteilen der jeweiligen Stallanlage (**Anlage A und B**), mit Angabe der Lage/ Etage und der darin befindlichen Legelinie, hier ohne Differenzierung verstorben/ euthanasiert/ abgegeben

Anlage	Abteil	Lage	Legelinie	Tote	Euthanasie	Abgabe	Insgesamt	Mortalität [%]
A	26	Oben	LB	1	-	-	1	2,50
A	27	Unten	LB	4	-	-	4	10,00
A	29	Unten	LSL	1	-	-	1	2,50
A	30	Oben	LB	1	-	-	1	2,50
A	31	Unten	LB	3	-	-	3	7,50
A	32	Oben	LSL	5	-	-	5	12,50
A	34	Oben	LB	1	-	-	1	2,50
A	35	Unten	LB	2	-	-	2	5,00
A	36	Oben	LSL	2	-	-	2	5,00
A	37	Unten	LSL	11	-	-	11	27,50
A	38	Oben	LB	2	-	-	2	5,00
A	39	Unten	LB	4	-	-	4	10,00
A	40	Oben	LSL	2	-	-	2	5,00
A	41	Unten	LSL	4	-	-	4	10,00
B	2	Oben	LSL	10	-	-	10	> 30,00
B	3	Unten	LB	2	-	-	2	6,06
B	4	Oben	LB	2	-	-	2	6,06
B	5	Unten	LSL	11	-	-	11	> 30,00
B	6	Oben	LSL	3	-	-	3	9,09
B	7	Unten	LB	3	-	-	3	9,09
B	8	Oben	LB	2	-	-	2	6,06
B	9	Unten	LSL	3	-	-	3	9,09
B	10	Oben	LSL	4	-	-	4	12,12
B	11	Unten	LB	1	-	-	1	3,03
B	12	Oben	LB	1	-	-	1	3,03
B	13	Unten	LSL	4	-	-	4	12,12
B	14	Oben	LSL	1	-	-	1	3,03
B	15	Unten	LB	2	-	-	2	6,06
B	17	Unten	LSL	2	-	-	2	6,06
B	18	Oben	LSL	2	-	-	2	6,06
B	19	Unten	LB	3	-	-	3	9,09
B	21	Unten	LSL	1	-	-	1	3,03
B	22	Oben	LSL	14	-	-	14	> 30,00
B	23	Unten	LB	1	-	-	1	3,03

Tabelle 49: Die jeweiligen Mortalitätsraten in den einzelnen Käfigabteilen der jeweiligen Stallanlage (**Anlage C – E**), mit Angabe der Lage/ Etage und der darin befindlichen Legelinie, hier mit Differenzierung verstorben/ euthanasiert/ abgegeben

Anlage	Abteil	Lage	Legelinie	Tot	Euthanasie	Abgabe	Insgesamt	Mortalität [%]
C	-	Oben	LB	3	-	-	3	6,00
C	-	Mitte	LB	2		-	2	4,00
C	-	Mitte	LSL	-	2	-	2	4,00
C	-	Unten	LB	2	-	-	2	4,00
C	-	Unten	LSL	-	1	-	1	2,00
D	1	Oben	LSL	7	-	3	10	25,00
D	2	Oben	LB	1	-	1	2	5,00
D	2	Unten	LSL	12	-	4	16	> 30,00
D	3	Oben	LSL	4	-	2	6	15,00
D	3	Unten	LB	2	1	-	3	7,50
D	4	Oben	LB	1	-	-	1	2,50
D	4	Unten	LSL	7	1	6	14	> 30,00
D	5	Oben	LSL	12	1	2	15	> 30,00
D	5	Unten	LB	-	1	-	1	2,50
D	6	Unten	LSL	2	-	-	2	5,00
D	6	Oben	LB	3	-	-	3	7,50
E	1	-	LB	-	-	1	1	1,00
E	2	-	LSL	5	1	1	7	7,00
E	3	-	LB	3	-	1	4	4,00
E	4	-	LSL	1	-	2	3	3,00

4.6 Postmortale Untersuchungen

Wie im Material- und Methodenteil beschrieben wurden hierfür 10,0 % der Tiere geschlachtet. Das entsprach 72 Tieren in der Anlage A (36 LSL/36 LB), 69 Tieren in der Anlage B (30 LSL/39 LB), 30 Tieren in der Anlage C (15 LSL/15 LB), 36 Tieren in der Anlage D (18 LSL/18 LB) und 40 Tieren in der Anlage E (20 LSL/20 LB).

4.6.1 Brustbeinveränderungen

Bei der Sektion der Tiere zeigten 36,6 % ($n = 41$) der LSL Legehennen eine geringgradige Veränderung am Brustbein, 18,8 % eine mittel- bis hochgradige Veränderung. Die restlichen Brustbeine waren unverändert. Im Vergleich dazu betrug der Anteil an geringgradig veränderten Brustbeinen bei der Legelinie LB 32,6 % ($n = 44$), der Anteil an mittel- bis hochgradig veränderten 25,9 % ($n = 35$). Auf Anlagenebene gesehen war der Anteil an geringgradig veränderten Brustbeinen in der Anlage C mit 56,7 % ($n = 17$) am größten, gefolgt von der Anlage E mit 45,0 % ($n = 18$), der Anlage B mit 34,8 % ($n = 24$) und der Anlage A mit 30,6 % ($n = 22$). Am niedrigsten war dieser Anteil in der Anlage D mit 11,1 % ($n = 4$). Den größten Anteil an mittel- bis hochgradig veränderten Brustbeinen zeigte die Anlage E mit 32,5 % ($n = 13$), die Anlage A folgte dieser mit 29,2 % ($n = 21$). In der Anlage B gab es 23,2 % ($n = 16$) an Tieren mit mittel- bis hochgradig veränderten Brustbeinen, in der Anlage D noch 13,9 % ($n = 5$). Am niedrigsten war dieser Anteil in der Anlage C mit 3,3 % ($n = 1$).

Bei der statistischen Analyse erwiesen sich die unterschiedlichen Brustbeinstadien der Legelinien als nicht signifikant ($p = 0,401$), die Unterschiede zwischen den jeweiligen Stallanlagen hingegen schon ($p < 0,001$).

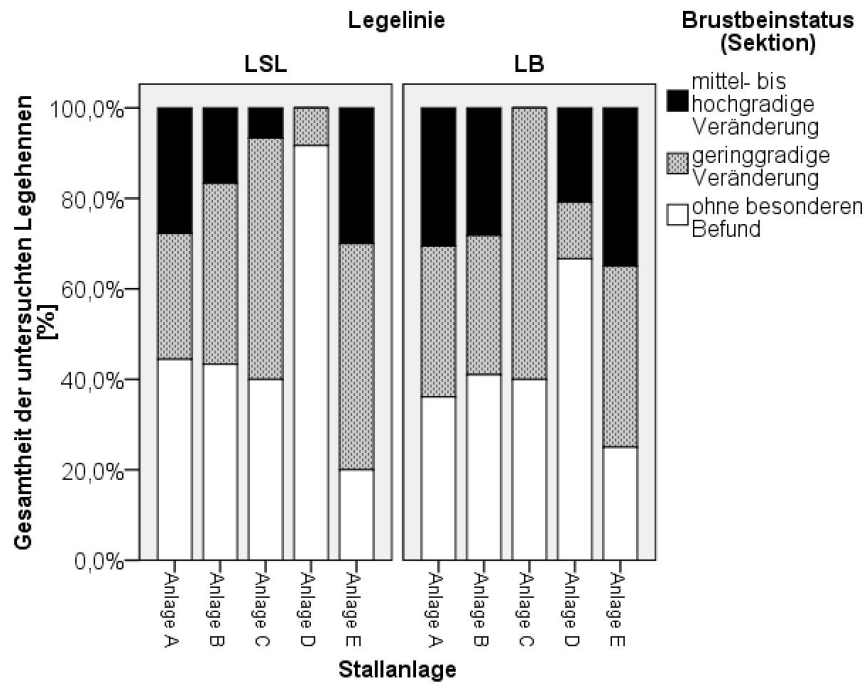


Abbildung 103: Der jeweilige Anteil an Brustbeinen ohne/ mit geringgradiger/ mittel- bis hochgradiger Veränderung aufgeteilt nach Stallanlagen, **Anlage A - E** [n = Anzahl der Tiere; Anlage A ohne n = 29 (LSL 16/LB 13)/ mit geringgradiger n = 22 (LSL 10/LB 12) / mit hochgradiger Veränderung n = 21 (LSL 10/LB 11), Anlage B ohne n = 29 (LSL 13/LB 16)/ mit geringgradiger n = 24 (LSL 12/LB 12)/ mit hochgradiger Veränderung n = 16 (LSL 5/LB 11); Anlage C ohne n = 12 (LSL 6/LB 6)/ mit geringgradiger n = 17 (LSL 8/LB 9)/ mit hochgradiger Veränderung n = 1 (LSL 0/LB 1), Anlage D ohne n = 27 (LSL 11/LB 16)/ mit geringgradiger n = 4 (LSL 1/LB 3)/ mit hochgradiger Veränderung n = 5 (LSL 0/LB 5); Anlage E ohne n = 9 (LSL 4/LB 5)/ mit geringgradiger n = 18 (LSL 10/LB 18)/ mit hochgradiger Veränderung n = 13 (LSL 6/LB 7)]

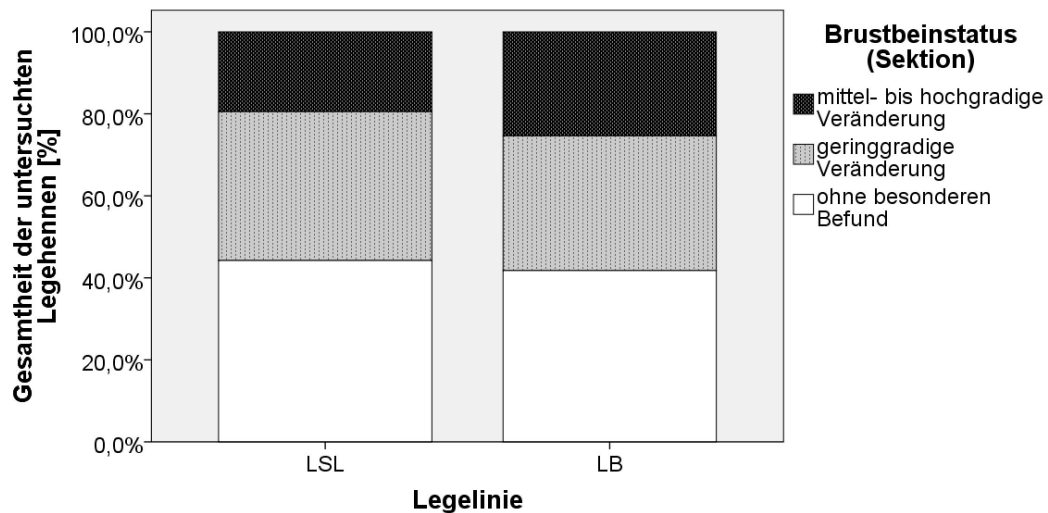


Abbildung 104: Der jeweilige Anteil an Brustbeinen ohne/ mit geringgradiger/ mittel- bis hochgradiger Veränderung aufgeteilt nach Legelinien, **Anlage A - E** (n = Anzahl der Tiere; Legelinie LSL ohne n = 50/ mit geringgradiger n = 41/ mit hochgradiger Veränderung n = 22, LB ohne n = 56/ mit geringgradiger n = 44/ mit hochgradiger Veränderung n = 34)

4.6.2 Parameter zu Humerus

4.6.2.1 Knochenbruchfestigkeit

Bei den weitergehenden Untersuchungen nach der Sektion zeigte sich, dass die mittlere Humerusknochenbruchfestigkeit der Legelinie LSL 138,02 N ($\pm 2,09$ SEM) (n = 112) betrug, wohingegen die mittlere Knochenbruchfestigkeit bei der Legelinie LB bei deutlich höheren 164,02 N ($\pm 2,26$ SEM) (n = 134) lag. Die Legelinie LSL erreichte ihr Maximum an Knochenbruchfestigkeit mit 207,04 N, ihr Minimum mit 94,76 N. Bei der Legelinie LB betrug die höchste Knochenbruchfestigkeit 277,15 N, die niedrigste 116,62 N. Betrachtet man die unterschiedlichen Anlagentypen, so war die Knochenbruchfestigkeit in der Anlage D mit mittleren 168,94 N ($\pm 5,16$ SEM) am höchsten, gefolgt von der Anlage E mit 160,15 N ($\pm 4,97$ SEM) und der Anlage B mit 150,09 N ($\pm 3,31$ SEM). In der Anlage C betrug die mittlere Knochenbruchfestigkeit noch 146,03 N ($\pm 3,22$ SEM), in der Anlage A nur noch 144,18 N ($\pm 2,71$ SEM).

Die Unterschiede zwischen den Legelinien stellten sich hier als signifikant dar ($p < 0,001$). Die Knochenbruchfestigkeiten der jeweiligen Anlagentypen unterschieden sich jedoch nicht signifikant ($p = 0,067$).

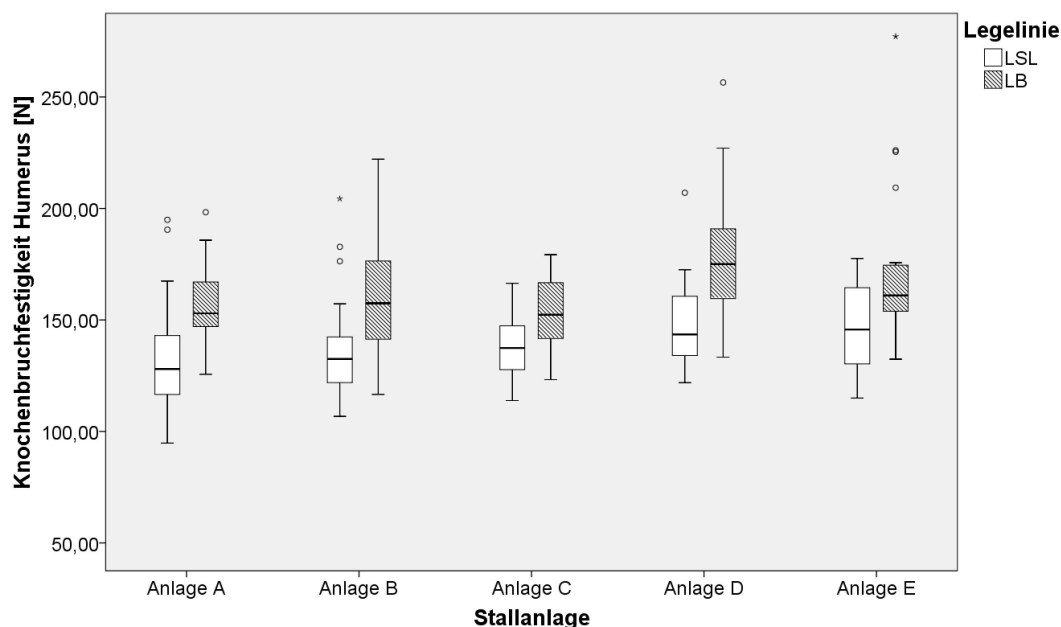


Abbildung 105: Die Verteilung der Humerusknochenbruchfestigkeit in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 36; LB n = 36/ Anlage B: LSL n = 30; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 11; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 50: Die jeweilige mittlere Humerusknochenbruchfestigkeit aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Knochenbruchfestigkeit [N]						Knochenbruchfestigkeit [N]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	131,2	22,4	3,73	94,8	194,9	36	157,1	15,1	2,52	125,7	198,3
B	30	136,0	22,8	4,16	106,7	204,4	39	160,4	26,1	4,19	116,6	222,1
C	15	138,1	14,7	3,80	113,8	166,4	15	154,0	17,1	4,42	123,2	179,3
D	11	150,5	24,5	7,40	121,9	207,0	24	177,4	29,7	6,05	133,3	256,5
E	20	146,4	20,5	4,59	115,0	177,6	20	173,9	34,7	7,76	132,4	277,2

4.6.2.2 Knochenmaße

Länge

Die Legelinie LSL hatte eine durchschnittliche Humeruslänge von 75,91 mm ($\pm 0,18$ SEM) ($n = 111$), die Legelinie LB eine mittlere Humeruslänge von geringgradig höheren 78,80 mm ($\pm 0,28$ SEM) ($n = 129$). Die kleinste Humeruslänge der Legelinie LSL betrug 70,00 mm, die größte 79,71 mm, wohingegen die Legelinie LB ein Minimum an Humeruslänge von 64,33 mm zeigte und ein Maximum von 85,33 mm. Auf Anlagenebene gesehen waren die Humerusknochen in der Anlage D mit durchschnittlich 78,45 mm ($\pm 0,46$ SEM) am längsten, dicht gefolgt von der Anlage C mit 78,08 mm ($\pm 0,40$ SEM). Ein wenig kürzer waren diese in der Anlage A mit mittleren 77,25 mm ($\pm 0,31$ SEM), der Anlage B mit 77,21 mm ($\pm 0,46$ SEM) und der Anlage E mit 77,01 mm ($\pm 0,47$ SEM).

Bezüglich der Humeruslänge unterschieden sich die beiden Legelinien signifikant voneinander ($p < 0,001$). Zwischen den unterschiedlichen Humeruslängen der Anlagentypen konnten hingegen keine Signifikanzen nachgewiesen werden ($p = 0,472$).

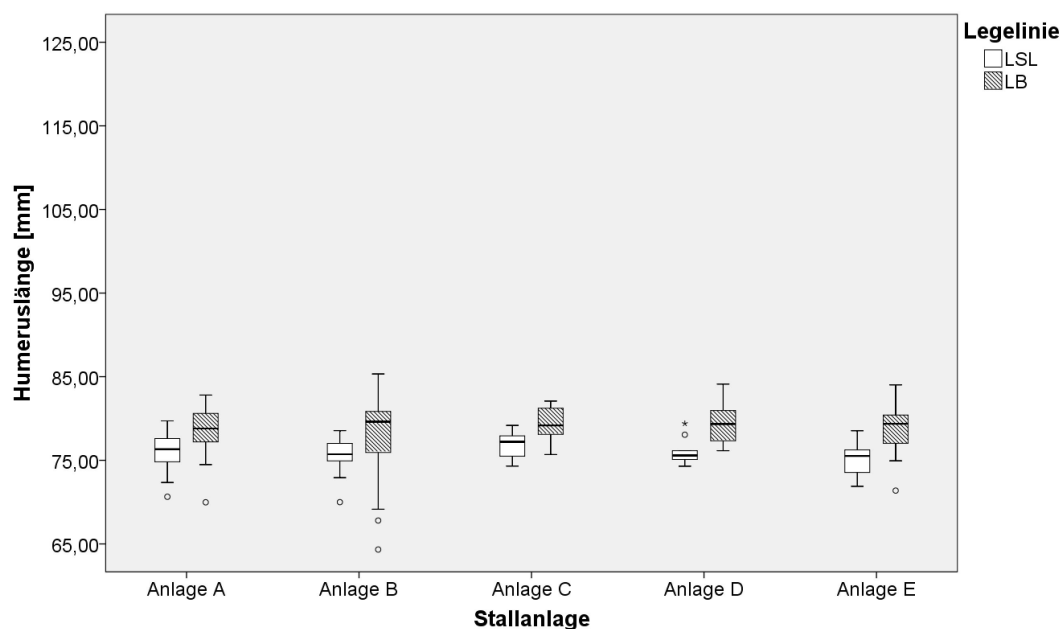


Abbildung 106: Die Verteilung der Humeruslänge in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL $n = 36$; LB $n = 35$ / Anlage B: LSL $n = 30$; LB $n = 35$ / Anlage C: LSL $n = 15$; LB $n = 15$ / Anlage D: LSL $n = 10$; LB $n = 24$ /Anlage E: LSL $n = 20$; LB $n = 20$)

Tabelle 51: Die jeweilige mittlere Humeruslänge aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Länge Humerus [mm]						Länge Humerus [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	76,01	1,89	0,31	70,64	79,71	35	78,54	2,65	0,45	69,98	82,81
B	29	75,78	1,89	0,35	70,00	78,55	36	78,44	4,42	0,75	64,33	85,33
C	15	76,85	1,67	0,43	74,31	79,17	15	79,32	1,95	0,50	75,69	82,08
D	10	75,97	1,60	0,51	74,30	79,40	24	79,48	2,39	0,49	76,15	84,11
E	20	75,19	1,78	0,40	71,89	78,54	20	78,83	2,83	0,63	71,38	84,02

Breite

Die Legelinie LSL zeigte eine durchschnittliche Humerusbreite von 6,88 mm ($\pm 0,04$ SEM) (n = 112), die Legelinie LB eine um fast 1 mm größere mittlere Breite von 7,82 mm ($\pm 0,04$ SEM) (n = 134). Die Legelinie LSL zeigte die größte Humerusbreite mit einem Wert von 8,94 mm, die kleinste mit einem Wert von 6,16 mm. Das Maximum an Humerusbreite betrug bei der Legelinie LB hingegen 9,00 mm, das Minimum 5,57 mm. Betrachtet man die Humerusbreiten der unterschiedlichen Anlagentypen, so waren diese in der Anlage D und E mit jeweils 7,47 mm ($\pm 0,10$ SEM) am größten. Etwas geringer waren diese in der Anlage A mit 7,40 mm ($\pm 0,08$ SEM), der Anlage C mit 7,39 mm ($\pm 0,13$ SEM) und der Anlage B mit 7,30 mm ($\pm 0,08$ SEM).

Wie schon auch bei der Humeruslänge stellten sich die Unterschiede zwischen den Legelinien auch bei der Breite als signifikant dar ($p < 0,001$). Zwischen den Humerusbreiten der unterschiedlichen Anlagentypen konnte ebenso eine knappe Signifikanz nachgewiesen werden ($p = 0,049$).

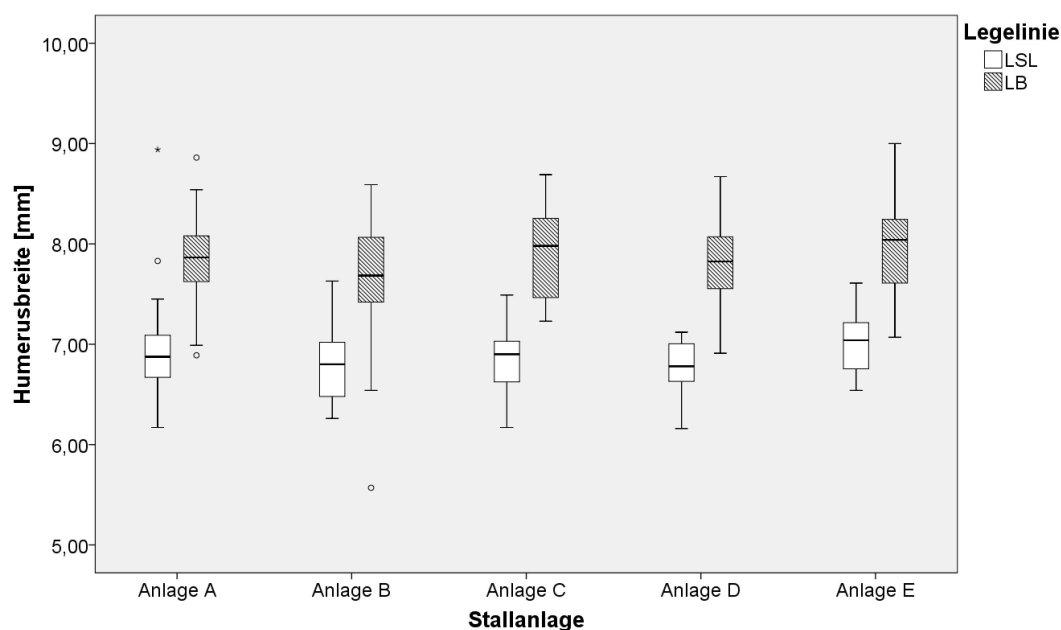


Abbildung 107: Die Verteilung der Humerusbreite in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 36; LB n = 36/ Anlage B: LSL n = 30; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 11; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 52: Die jeweilige mittlere Humerusbreite aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Breite Humerus [mm]						Breite Humerus [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	6,93	0,49	0,08	6,17	8,94	36	7,86	0,40	0,07	6,89	8,86
B	30	6,78	0,35	0,06	6,26	7,63	39	7,71	0,54	0,09	5,57	8,59
C	15	6,86	0,39	0,10	6,17	7,49	15	7,92	0,49	0,13	7,23	8,69
D	11	6,75	0,31	0,09	6,16	7,12	24	7,80	0,39	0,08	6,91	8,67
E	20	7,00	0,29	0,07	6,54	7,61	20	7,94	0,47	0,11	7,07	9,00

Höhe

Die mittlere Humerushöhe der Legelinie LSL lag bei 5,77 mm ($\pm 0,04$ SEM) (n = 112), die der Legelinie LB bei um 0,39 mm höheren 6,16 mm ($\pm 0,03$ SEM) (n = 134). Die niedrigste Höhe bei der Legelinie LSL betrug 5,16 mm, die höchste 9,83 mm, wobei es sich hierbei um einen Knochen handelte, der wohl frakturiert war und durch massive Kallusbildung eine derartige Höhe erreichen konnte. Die Legelinie LB

erreichte bei der Humerushöhe ihr Minimum mit 5,37 mm, ihr Maximum mit 7,10 mm. Auf Anlagenebene gesehen war die Höhe in der Anlage D mit 6,12 mm ($\pm 0,12$ SEM) am größten, gefolgt von der Anlage E mit 5,99 mm ($\pm 0,06$ SEM) und den Anlagen A und B mit jeweils 5,96 mm ($\pm 0,04$ bzw. $0,05$ SEM). Am niedrigsten war die Humerushöhe in der Anlage C mit 5,93 mm ($\pm 0,07$ SEM).

Auch hier stellten sich die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien als signifikant dar ($p < 0,001$). Zwischen den unterschiedlichen Humerushöhen der Anlagentypen konnten hingegen keine Signifikanzen nachgewiesen werden ($p = 0,378$).

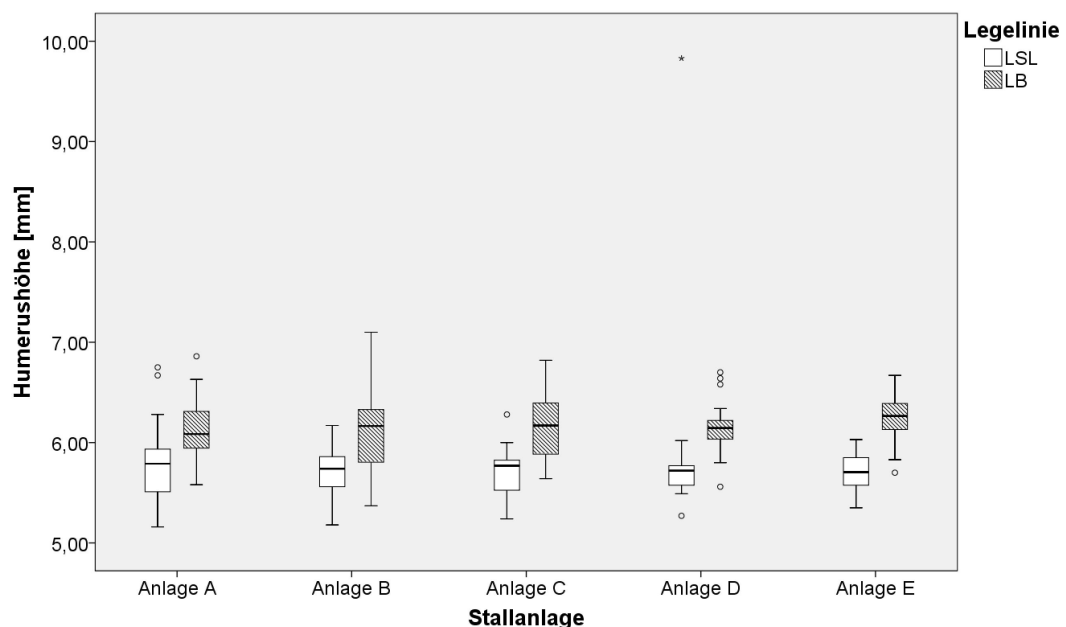


Abbildung 108: Die Verteilung der Humerushöhe in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 36; LB n = 36/ Anlage B: LSL n = 30; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 11; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 53: Die jeweilige mittlere Humerushöhe aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Höhe Humerus [mm]						Höhe Humerus [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	5,78	0,35	0,06	5,16	6,75	36	6,14	0,28	0,05	5,58	6,86
B	30	5,73	0,24	0,04	5,18	6,17	39	6,14	0,39	0,06	5,37	7,10
C	15	5,71	0,27	0,07	5,24	6,28	15	6,14	0,36	0,09	5,64	6,82
D	11	6,04	1,27	0,38	5,27	9,83	24	6,16	0,25	0,05	5,56	6,70
E	20	5,72	0,19	0,04	5,35	6,03	20	6,25	0,26	0,06	5,70	6,67

4.6.3 Parameter zu Tibia

4.6.3.1 Knochenbruchfestigkeit

Die Legelinie LSL hatte eine mittlere Tibiaknochenbruchfestigkeit von 121,74 N ($\pm 1,84$ SEM) (n = 112), die Legelinie LB eine mit durchschnittlich 124,43 N ($\pm 1,86$ SEM) (n = 134) geringgradig höhere. Ihr Minimum an Bruchfestigkeit erreichte die Legelinie LSL mit 76,00 N, ihr Maximum mit 184,13 N. Die Legelinie LB wiederum lag mit ihrem niedrigsten und höchsten Wert etwas darüber. Hier lag das Minimum bei 84,32 N, das Maximum bei 211,20 N. Betrachtet man die unterschiedlichen Anlagentypen, so war die Tibiaknochenbruchfestigkeit in der Anlage D mit 134,53 N ($\pm 4,19$ SEM) am größten, gefolgt von der Anlage E mit 130,88 N ($\pm 3,74$ SEM). Etwas niedriger war diese in der Anlage B mit 121,36 N ($\pm 1,88$ SEM) und der Anlage A mit 119,68 N ($\pm 2,24$ SEM). Am niedrigsten war die Knochenbruchfestigkeit schließlich in der Anlage C mit 112,04 N ($\pm 2,67$ SEM).

Hier wiederum konnten keine Signifikanzen zwischen den beiden Legelinien nachgewiesen werden ($p = 0,677$). Die Unterschiede zwischen den Anlagentypen stellten sich jedoch als signifikant dar ($p = 0,001$).

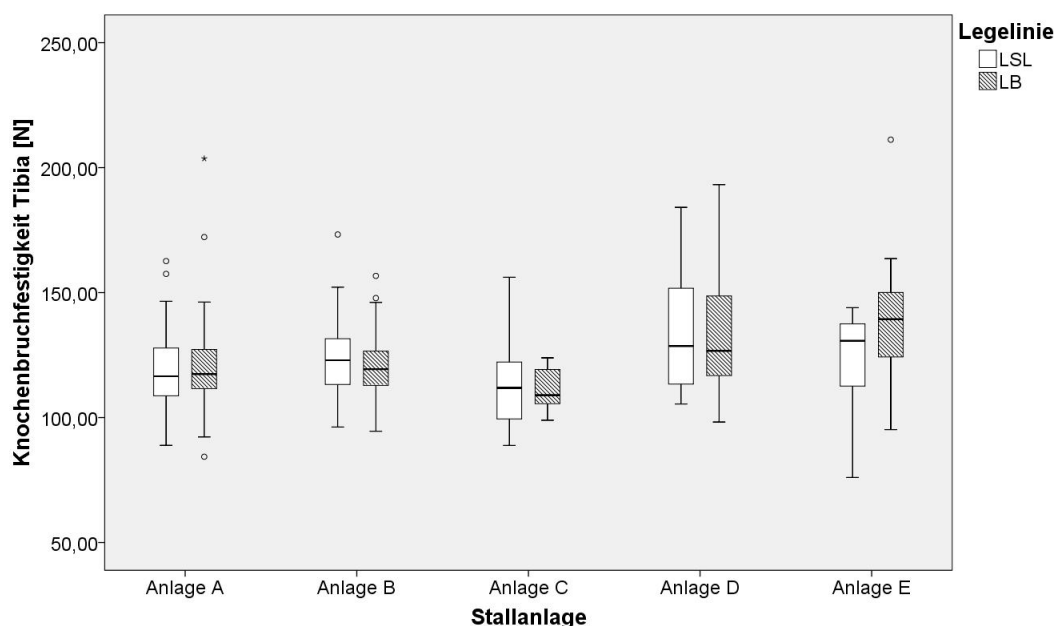


Abbildung 109: Die Verteilung der Tibiaknochenbruchfestigkeit in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 36; LB n = 36/ Anlage B: LSL n = 29; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 12; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 54: Die jeweilige mittlere Tibiaknochenbruchfestigkeit aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Knochenbruchfestigkeit Tibia [N]						Knochenbruchfestigkeit Tibia [N]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	119,12	17,06	2,84	88,86	162,63	36	120,24	21,03	3,50	84,32	203,63
B	29	122,72	17,01	3,16	96,22	173,26	39	120,36	14,46	2,32	94,51	156,70
C	15	112,97	19,27	4,98	88,85	156,15	15	111,12	8,33	2,15	98,94	123,88
D	12	135,12	26,98	7,79	105,41	184,13	24	134,24	24,76	5,05	98,21	193,21
E	20	123,61	19,03	4,26	76,00	143,95	20	138,15	26,02	5,82	95,16	211,20

4.6.3.2 Knochenmaße

Länge

Die mittlere Tibialänge der Legelinie LSL betrug 111,56 mm ($\pm 0,29$ SEM) (n = 112), die der Legelinie LB lag bei einem durchschnittlichen Wert von 114,49 mm ($\pm 0,32$ SEM) (n = 134). Die Legelinie LSL erreichte ein Maximum an Tibialänge von 120,67 mm, ein Minimum von 102,13 mm.

Die entsprechenden Werte der Legelinie LB waren etwas höher. Hier lag die größte Tibiallänge bei 124,24 mm, die kleinste bei 105,08 mm. Auf Anlagenebene gesehen waren die Längen der *Tibiae* alle sehr ähnlich. Hier gab es in der Anlage D mit 113,92 mm ($\pm 0,65$ SEM) die längsten *Tibiae*, dicht gefolgt von der Anlage C mit einer durchschnittlichen Tibiallänge von 113,33 mm ($\pm 0,51$ SEM), der Anlage B mit einer Tibiallänge von 113,16 mm ($\pm 0,48$ SEM) und der Anlage A mit einer Tibiallänge von 113,01 mm ($\pm 0,42$ SEM). Am kürzesten waren die *Tibiae* in der Anlage E mit einem mittleren Wert von 112,58 mm ($\pm 0,62$ SEM).

Die Unterschiede zwischen den Legelinien stellten sich bei der Tibiallänge als signifikant dar ($p < 0,001$). Zwischen den unterschiedlichen Tibiallängen der jeweiligen Anlagentypen konnten jedoch keine Signifikanzen nachgewiesen werden ($p = 0,749$).

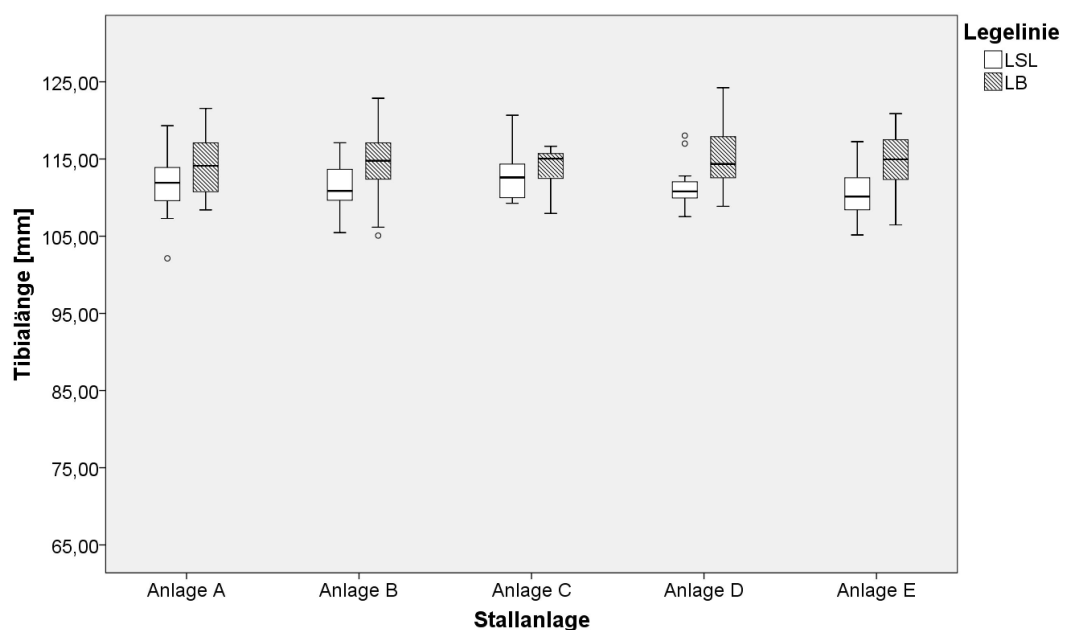


Abbildung 110: Die Verteilung der Tibiallängen in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 36; LB n = 36/ Anlage B: LSL n = 29; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 12; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 55: Die jeweilige mittlere Tibialänge aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Länge Tibia [mm]						Länge Tibia [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	111,75	3,23	0,54	102,13	119,32	36	114,27	3,54	0,59	108,41	121,56
B	29	111,28	2,93	0,54	105,46	117,10	39	114,56	4,07	0,65	105,08	122,87
C	15	112,78	3,06	0,79	109,26	120,67	15	113,88	2,46	0,63	107,95	116,65
D	12	111,59	3,04	0,88	107,53	118,03	24	115,08	3,81	0,78	108,87	124,24
E	20	110,67	3,09	0,69	105,16	117,24	20	114,48	3,80	0,85	106,46	120,88

Breite

Die Legelinie LSL hatte eine mittlere Tibiabreite von 6,88 mm ($\pm 0,04$ SEM) (n = 112), die Legelinie LB lag mit 7,83 mm ($\pm 0,04$ SEM) (n = 134) deutlich darüber. Die niedrigste Tibiabreite betrug bei der Legelinie LSL 6,13 mm, die höchste 8,51 mm. Das Minimum der Legelinie LB war im Vergleich dazu mit 5,25 mm noch einmal niedriger, das Maximum im Gegensatz dazu mit 9,07 mm umso höher. Betrachtet man hier die unterschiedlichen Anlagentypen, so zeigt sich, dass die durchschnittlichen Tibiabreiten alle sehr ähnlich waren. In der Anlage C betrug diese 7,49 mm ($\pm 0,12$ SEM), in der Anlage D 7,43 mm ($\pm 0,13$ SEM), in der Anlage B 7,42 mm ($\pm 0,08$ SEM), in der Anlage E 7,40 mm ($\pm 0,09$ SEM) und in der Anlage A 7,33 mm ($\pm 0,07$ SEM).

Die Tibiabreiten der jeweiligen Legelinie unterschieden sich laut statistischer Analyse signifikant voneinander ($p < 0,001$). Die Unterschiede zwischen den Tibiabreiten der jeweiligen Anlagentypen stellten sich jedoch als nicht signifikant dar ($p = 0,344$).

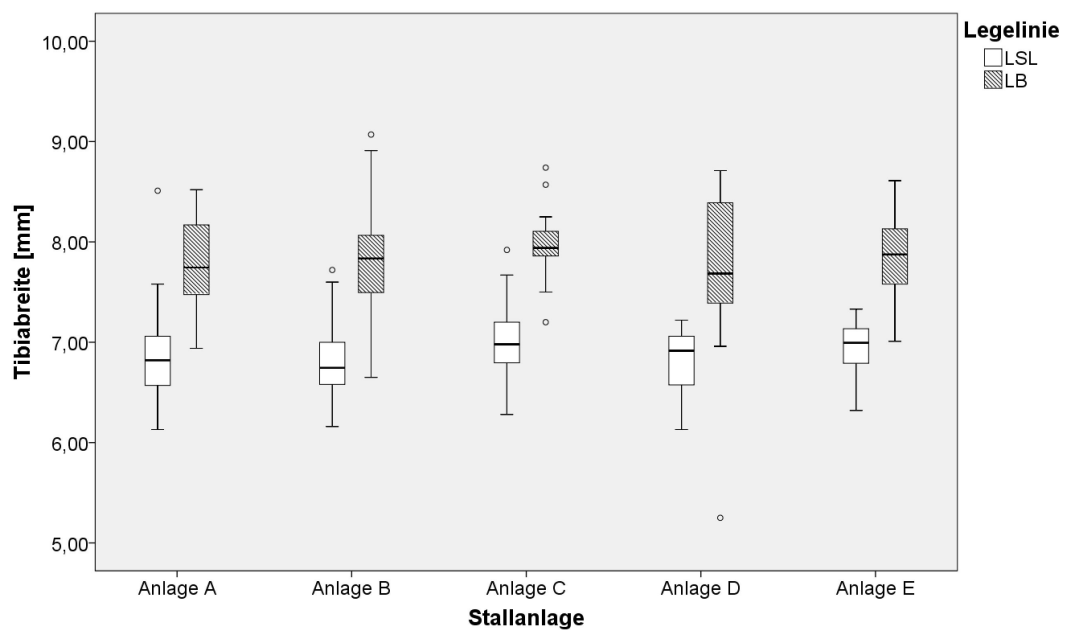


Abbildung 111: Die Verteilung der Tibiabreiten in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 36; LB n = 36/ Anlage B: LSL n = 29; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 12; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 56: Die jeweilige mittlere Tibiabreite aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Breite Tibia [mm]						Breite Tibia [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	6,86	0,44	0,07	6,13	8,51	36	7,79	0,40	0,07	6,94	8,52
B	29	6,82	0,41	0,08	6,16	7,72	39	7,87	0,51	0,08	6,65	9,07
C	15	7,01	0,46	0,12	6,28	7,92	15	7,98	0,37	0,10	7,20	8,74
D	12	6,82	0,32	0,09	6,13	7,22	24	7,73	0,75	0,15	5,25	8,71
E	20	6,96	0,26	0,06	6,32	7,33	20	7,84	0,46	0,10	7,01	8,61

Höhe

Die durchschnittliche Tibiahöhe bei der Legelinie LSL betrug 5,92 mm ($\pm 0,03$ SEM) (n = 112), die der Legelinie LB 6,84 mm ($\pm 0,04$ SEM) (n = 134). Ihr Maximum an Tibiahöhe erreichte die Legelinie LSL mit 7,36 mm, ihr Minimum mit 5,13 mm. Bei der Legelinie LB waren sowohl der kleinste, als auch der größte Wert der Tibiahöhe etwas höher. Hier

betrug die größte Höhe 8,03 mm, die kleinste 5,92 mm. Auf Anlagenebene gesehen gab es in der Anlage D mit einer Höhe von 6,58 mm ($\pm 0,10$ SEM) die höchsten *Tibiae*, dicht gefolgt von der Anlage C mit 6,56 mm ($\pm 0,12$ SEM). In der Anlage B war die mittlere Tibiahöhe mit 6,43 mm ($\pm 0,08$ SEM) etwas niedriger, ebenso wie in der Anlage E mit 6,37 mm ($\pm 0,09$ SEM) und der Anlage A mit 6,31 mm ($\pm 0,07$ SEM).

Gleichermaßen wie bei Tibiallänge und –breite stellten sich die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien als signifikant dar ($p < 0,001$). Zwischen den Tibiahöhen der jeweiligen Anlagentypen konnten keine Signifikanzen nachgewiesen werden ($p = 0,234$).

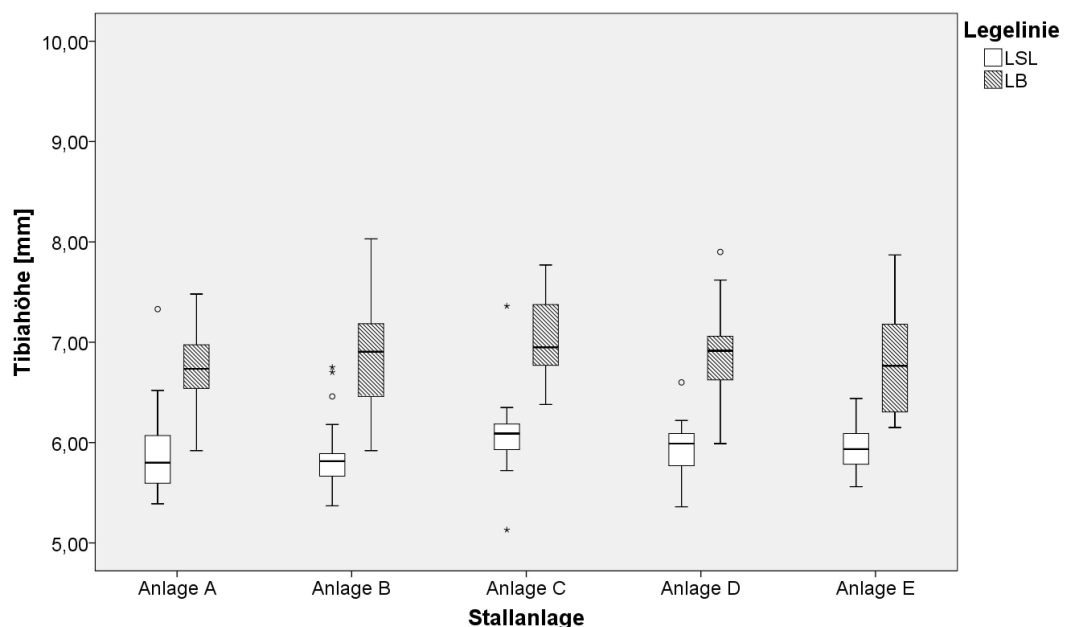


Abbildung 112: Die Verteilung der Tibiahöhen in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 36; LB n = 36/ Anlage B: LSL n = 29; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 12; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 57: Die jeweilige mittlere Tibiahöhe aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Höhe Tibia [mm]						Höhe Tibia [mm]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	5,89	0,38	0,06	5,39	7,33	36	6,74	0,34	0,06	5,92	7,48
B	2	5,86	0,32	0,06	5,37	6,75	39	6,86	0,45	0,07	6,00	8,03
C	15	6,08	0,46	0,12	5,13	7,36	15	7,04	0,41	0,11	6,38	7,77
D	12	5,95	0,32	0,09	5,36	6,60	24	6,89	0,41	0,08	5,99	7,90
E	20	5,94	0,25	0,06	5,56	6,44	20	6,79	0,53	0,12	6,15	7,87

4.6.4 Gewicht Milz

Das mittlere Milzgewicht betrug bei der Legelinie LSL 1,87 g ($\pm 0,09$ SEM) (n = 110), bei der Legelinie LB 1,95 g ($\pm 0,06$) (n = 133). Das höchste Milzgewicht erreichte die Legelinie LSL mit 8,00 g, die Legelinie LB mit 6,00 g. Betrachtet man die unterschiedlichen Anlagentypen, so zeigt sich, dass es in der Anlage B die Legehennen mit der schwersten Milz gab (2,09 g; $\pm 0,07$ SEM), gefolgt von der Anlage A mit einem mittleren Milzgewicht von 2,06 g ($\pm 0,04$ SEM) und der Anlage D mit einem Milzgewicht von 2,00 g ($\pm 0,21$ SEM). Am leichtesten waren diese in der Anlage E mit 1,60 g ($\pm 0,15$ SEM) und der Anlage C mit 1,53 g ($\pm 0,16$ SEM).

Hier zeigte sich, dass sowohl die Unterschiede zwischen den Legelinien als auch die zwischen den Anlagentypen nicht signifikant waren (p = 0,510 bzw. p = 0,073).

Tabelle 58: Das jeweilige mittlere Milzgewicht aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Milzgewicht [g]						Milzgewicht [g]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	34	2,06	0,34	0,06	2,00	4,00	35	2,06	0,34	0,06	2,00	4,00
B	28	2,00	0,00	0,00	2,00	2,00	40	2,15	0,71	0,11	2,00	6,00
C	15	1,33	0,98	0,25	0,00	2,00	15	1,73	0,70	0,18	0,00	2,00
D	12	2,00	2,09	0,60	0,00	8,00	24	2,00	0,59	0,12	0,00	4,00
E	20	1,70	0,98	0,22	0,00	4,00	20	1,50	0,89	0,20	0,00	2,00

4.6.5 Gewicht Leber

Die Legelinie LSL erreichte ein durchschnittliches Lebergewicht von 36,76 g ($\pm 0,77$ SEM) (n = 110), die Legelinie LB ein mittleres Lebergewicht von etwas geringeren 35,35 g ($\pm 0,56$ SEM) (n = 133). Das höchste Lebergewicht betrug bei der Legelinie LSL 72,00 g, das niedrigste 22,00 g. Wohingegen das Maximum der Legelinie LB nur bei 54,00 g lag, das Minimum bei 24,00 g. Auf Anlagenebene gesehen gab es in der Anlage B mit 41,22 g ($\pm 0,70$ SEM) die Legehühner mit dem höchsten mittleren Lebergewicht, dicht gefolgt von der Anlage A mit einem mittleren Lebergewicht von 38,38 g ($\pm 0,64$ SEM). Etwas niedriger waren die Lebergewichte in der Anlage D mit 33,06 g ($\pm 1,42$ SEM), in der Anlage C mit 30,47 g ($\pm 0,79$ SEM) und in der Anlage E mit einem mittleren Lebergewicht von nur noch 29,75 g ($\pm 0,59$ SEM).

Hier stellte sich heraus, dass die Unterschiede sowohl zwischen den beiden Legelinien (p = 0,05) als auch den jeweiligen Anlagentypen (p = 0,009) signifikant waren.

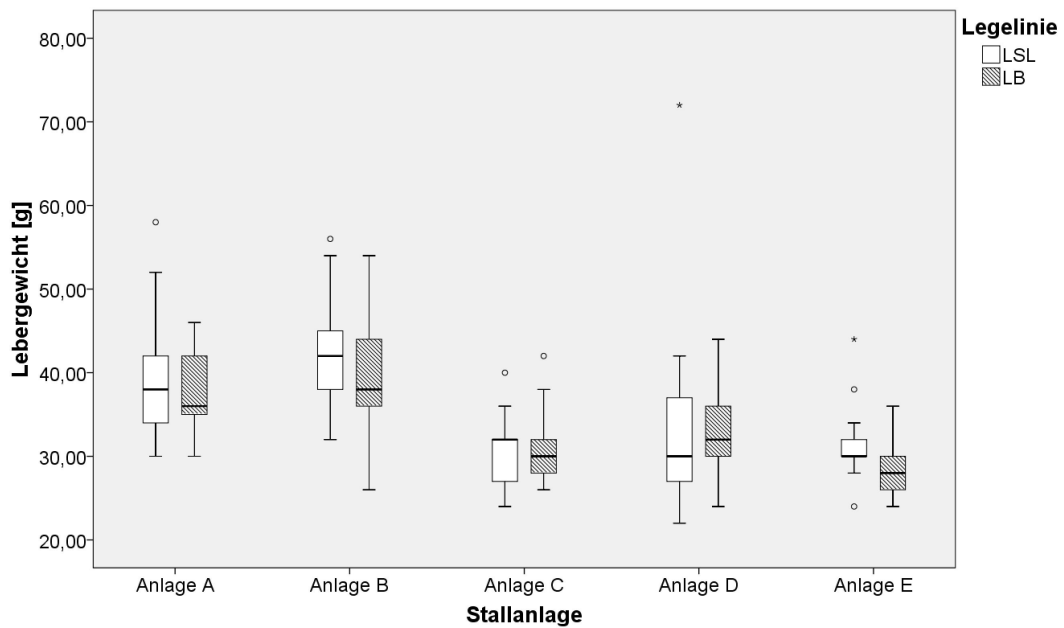


Abbildung 113: Die Verteilung der Lebergewichte in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 34; LB n = 35/ Anlage B: LSL n = 29; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 12; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 59: Das jeweilige mittlere Lebergewicht aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall- anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Lebergewicht [g]						Lebergewicht [g]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	34	39,06	6,25	1,07	30,00	58,00	35	37,71	4,12	0,70	30,00	46,00
B	29	42,41	5,49	1,02	32,00	56,00	39	40,33	5,88	0,94	26,00	54,00
C	15	30,27	4,27	1,10	24,00	40,00	15	30,67	4,51	1,17	26,00	42,00
D	12	33,83	13,33	3,85	22,00	72,00	24	32,67	4,92	1,00	24,00	44,00
E	20	31,30	4,01	0,90	24,00	44,00	20	28,20	2,67	0,60	24,00	36,00

4.6.6 Leberverfettungsgrad

Bei der Legelinie LSL zeigten 45,0 % (n = 49) der untersuchten Legehennen eine geringgradige Verfettung der Leber, bei der Legelinie LB waren dies mit 32,8 % (n = 44) deutlich weniger. Der Anteil an Legehennen mit einer mittelgradigen Leberverfettung betrug bei der Legelinie LSL mit 50,5 % (n = 55) deutlich weniger als der der Legelinie LB mit 66,4 % (n = 89). Bei der Legelinie LSL gab es mit 2,8 % (n = 3) noch einen kleinen Anteil an hochgradig verfetteten Lebern, bei der Legelinie LB konnte dies nur bei einer Legehennen nachgewiesen werden, was hier einem Anteil von 0,7 % entsprach. Keine Verfettung der Leber zeigten nur zwei Legehennen der Legelinie LSL (1,8 %). Betrachtet man die unterschiedlichen Anlagentypen so betrug der Anteil an Legehennen ohne Leberverfettung in der Anlage E 2,5 % (n = 1) und in der Anlage B 1,4 % (n = 1). Die Anteile an geringgradig verfetteten Lebern war in der Anlage A mit 46,4 % (n = 32) am größten, gefolgt von der Anlage E mit 42,5 % (n = 17) und der Anlage B mit 36,2 % (n = 25). In der Anlage D war dieser Anteil noch 34,3 % (n = 12) hoch, in der Anlage C zeigten nur noch 23,3 % (n = 7) der untersuchten Legehennen eine geringgradig verfettete Leber. In dieser Anlage gab es wiederum mit 76,7 % (n = 23) den größten Anteil an mittelgradig verfetteten Lebern. In der Anlage B betrug dieser Anteil noch 62,3 % (n = 43), in der Anlage E 55,0 % (n = 22), in der Anlage D 54,3 % (n = 19) und in der Anlage A 53,6 % (n = 37). Hochgradig verfettete Lebern zeigten sich nur in der Anlage D mit einem Anteil von 11,4 % (n = 4). Insgesamt zeigten somit nur 0,8 % (n = 2) der untersuchten Legehennen keine Leberverfettung, dafür 38,3 % (n = 93) eine geringgradige, 59,3 % (n = 144) eine mittelgradige und 1,6 % (n = 4) eine hochgradige Leberverfettung.

Die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien und den Anlagentypen in Bezug auf die jeweiligen Leberverfettungsgrade erwiesen sich bei der statistischen Analyse als signifikant ($p = 0,006$ bzw. $p = 0,025$).

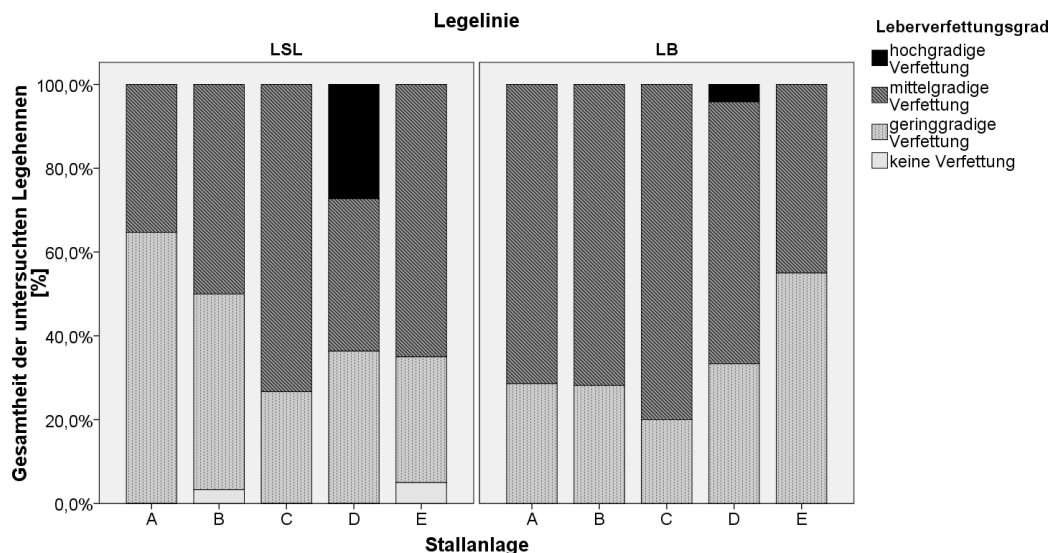


Abbildung 114: Der jeweilige Leberverfettungsgrad (4 = keine/ 3 = geringgradige/ 2 = mittelgradige/ 1 = hochgradige Verfettung) aller untersuchten Legehennen nach Legelinien und Stallanlagen aufgeteilt, **Anlage A - E** (n = Anzahl der Tiere; Anlage A LSL ,4' n = 0, ,3' n = 22, ,2' n = 12, ,1' n = 0/ LB ,4' n = 0, ,3' n = 10, ,2' n = 25, ,1' n = 0/ Anlage B LSL ,4' n = 1, ,3' n = 14, ,2' n = 15, ,1' n = 0/ LB ,4' n = 0, ,3' n = 11, ,2' n = 28, ,1' n = 0/ Anlage C LSL ,4' n = 0, ,3' n = 4, ,2' n = 11, ,1' n = 0/ LB ,4' n = 0, ,3' n = 3, ,2' n = 12, ,1' n = 0/ Anlage D LSL ,4' n = 0, ,3' n = 4, ,2' n = 4, ,1' n = 3/ LB ,4' n = 0, ,3' n = 8, ,2' n = 15, ,1' n = 1/ Anlage E LSL ,4' n = 1, ,3' n = 6, ,2' n = 13, ,1' n = 0/ LB ,4' n = 0, ,3' n = 11, ,2' n = 9, ,1' n = 0)

4.6.7 Körpergewicht vor Schlachtung

Das mittlere Körpergewicht vor Schlachtung der Legelinie LSL betrug 1,72 kg ($\pm 0,02$ SEM) (n = 113), das der Legelinie LB lag bei deutlich höheren 2,05 kg ($\pm 0,02$ SEM) (n = 134). Die Legelinie LSL erreichte ein maximales Schlachtgewicht von 2,12 kg, ein minimales von 1,27 kg. Bei der Legelinie LB betrug das höchste Körpergewicht 2,70 kg, das niedrigste 1,40 kg. Auf Anlagenebene gesehen waren alle mittleren Körpergewichte ähnlich. In der Anlage B betrug dieses 1,95 kg ($\pm 0,03$ SEM), in der Anlage C 1,93 kg ($\pm 0,04$ SEM), in den Anlagen A und D jeweils 1,90 kg ($\pm 0,03$ bzw. 0,05 SEM) und in der Anlage E nur 1,79 kg ($\pm 0,03$ SEM).

Die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien stellten sich als signifikant dar ($p < 0,001$). Zwischen den jeweiligen Anlagentypen konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($p = 0,248$).

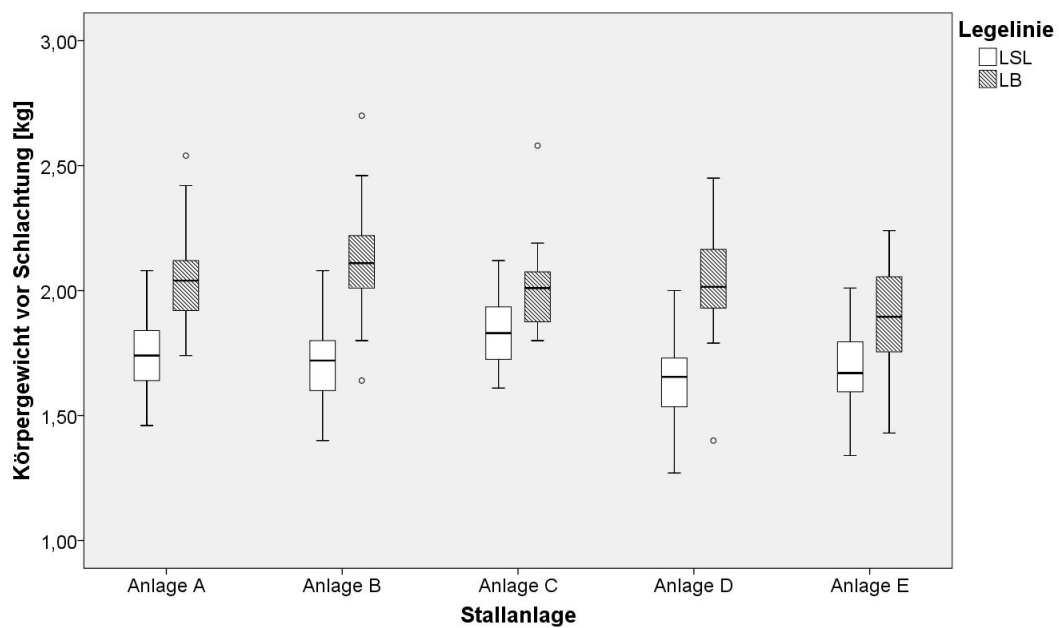


Abbildung 115: Die Verteilung der Körpergewichte vor der Schlachtung in Abhängigkeit von Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere; Anlage A: LSL n = 36; LB n = 36/ Anlage B: LSL n = 30; LB n = 39/ Anlage C: LSL n = 15; LB n = 15/ Anlage D: LSL n = 12; LB n = 24/Anlage E: LSL n = 20; LB n = 20)

Tabelle 60: Das jeweilige mittlere Körpergewicht kurz vor Schlachtung aufgeteilt nach Legelinie und Stallanlage, **Anlage A - E** (n = Anzahl der untersuchten Tiere)

Stall-anlage	Legelinie											
	LSL						LB					
	Körpergewicht [kg]						Körpergewicht [kg]					
	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX	n	MW	SD	SEM	MIN	MAX
A	36	1,75	0,14	0,02	1,46	2,08	36	2,06	0,19	0,03	1,74	2,54
B	29	1,70	0,16	0,03	1,40	2,08	40	2,14	0,18	0,03	1,80	2,70
C	15	1,84	0,16	0,04	1,61	2,12	15	2,02	0,19	0,05	1,80	2,58
D	12	1,65	0,21	0,06	1,27	2,00	24	2,03	0,22	0,05	1,40	2,45
E	20	1,68	0,16	0,04	1,34	2,01	20	1,90	0,20	0,05	1,43	2,24

Bei der Berechnung des Korrelationskoeffizienten von Körpergewicht vor der Schlachtung und jeweiligen Bruchfestigkeiten von Humerus und Tibia, kamen Werte von $r = 0,376$ (Humerus) und $r = 0,157$ (Tibia) heraus. Somit gab es einen deutlicheren Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Humerusknochenbruchfestigkeit als auch zwischen Körpergewicht und Tibiaknochenbruchfestigkeit.

5 Diskussion

Um die Kleingruppenhaltung als alternatives Haltungssystem zur konventionellen Käfighaltung eingehender zu untersuchen, wurden in einem einjährigen Projekt Legehennen zweier verschiedener Legelinien (Lohmann Selected Leghorn und Lohmann Brown) in unterschiedlichen Anlagentypen gehalten und Parameter zu Legeleistung, Mortalität, Gefiederqualität, Hämatologie, Eiqualität, Immunologie und Pathologie erhoben. Ziel dieser Arbeit war die Optimierung und Weiterentwicklung der Kleingruppenhaltung. Als interne Kontrollgruppe der Ludwig – Maximilians – Universität München diente eine Volierenhaltung. Das Projekt war Teil einer deutschlandweiten Untersuchung, bei welcher an fünf unterschiedlichen Versuchsstationen über drei Legedurchgänge hinweg Daten zu Tiergesundheit und Tierverhalten erhoben wurden. Im Folgenden werden nun die Ergebnisse zur Tiergesundheit eines Legedurchgangs von zwei Versuchsstationen diskutiert.

5.1 Legeleistung

Das Überschreiten der Legeleistung von 50 % bzw. der Beginn der sogenannten Legereife von der 21. bis zur 23. LW entsprach bei diesem Versuch weitestgehend den Angaben des Zuchtunternehmens Lohmann Tierzucht GmbH (2010). Dieser beziffert die Legereife in der Kleingruppe bei den Legelinien LB und LSL auf 140 - 150 Tage (d), in der alternativen Haltung auf 150 - 160 d (LB) bzw. 155 – 160 d (LSL). Diese Angaben stimmten in den Anlagen A und B vollständig überein, in den Anlagen C, D und E (Voliere) wurden diese mit ein paar Tagen Unterschied nur knapp verfehlt. Der geringgradig spätere Beginn der Legereife am Standort München könnte mit einer zunächst fehlerhaften Einstellung des Sonnenlichtsimulators in Einklang gebracht werden, bei der die Tageslichtlänge zunächst etwas kürzer war als am Standort Kitzingen. Hierdurch wurden vermutlich, wie von Robinson et al. (1996) beschrieben, aufgrund einer mangelnden Stimulation des Hypothalamus zu wenig ovarielle Hormone gebildet und somit die sexuelle Reife etwas verzögert. Auch die Tatsache, dass die Legehennen in der alternativen Haltung eine spätere Legereife als die Legehennen der Kleingruppen zeigten stimmte

mit den Ergebnissen von Van den Brand et al. (2004), welcher Käfig- mit Freilandhaltung verglich, ebenso überein, wie mit den Resultaten von Hassan et al. (2012), welche diverse Parameter von im Käfig, auf dem Boden und in der Voliere gehaltenen Legehennen erfassten. Ähnlich wie in der Versuchsanordnung von Hassan et al. (2012) kam es bis zur 25. LW zu einem raschen Anstieg der Legeleistung in allen Anlagen, jedoch mit einem darauffolgenden kurzen Tief in der Anlage B in der 29./ 30. LW, welches wohl mit den versuchsbegleitenden Untersuchungen zu diesem Zeitpunkt in Zusammenhang gebracht werden kann. Laut Shini et al. (2009) kann aufgrund einer stressbedingten, vermehrten Produktion von Corticosteron die Legeleistung gemindert werden. Hierbei sei zu erwähnen, dass die Legeleistung in der Anlage A und somit einer Anlage, die sich am selben Standort und in demselben Gebäude befand wie die Anlage B, konstant blieb, was möglicherweise an der unterschiedlichen Anordnung der einzelnen Käfigabteile in den jeweiligen Anlagen in Zusammenhang gebracht werden kann. In der Anlage B befanden sich nämlich zwei Abteile gegenüberliegend auf einer Ebene, weswegen man die Tiere einer Ebene beim Herausholen zweimalig einer Stresssituation aussetzte. Im Gegensatz zu der nicht kommerziellen Versuchsanordnung von Probst (2013), welche Legehennen derselben Charge im gleichen Zeitraum, jedoch nur in Vierergruppen hielt, blieb die Legeleistung beider Legelinien bis zur 58. LW durchschnittlich zwischen 79 % und 94 %, wobei die Legerate der Legelinie LB ähnlich wie bei dieser deutlicher als die der Legelinie LSL absank.

Allgemein zeigte sich bei beiden Legelinien ein deutlicher Unterschied in der mittleren Legeleistung. Diese war bei der Legelinie LSL um 1,22 % höher als bei der Legelinie LB, was mit den Ergebnissen von Abrahamsson und Tauson (1995 und 1998) und den Angaben der Lohmann Tierzucht GmbH (2010) in Einklang gebracht werden kann. Im Gegensatz dazu konnten Vits et al. (2005a), welche die Haltung in ausgestalteten Käfigsystemen bzw. Kleingruppen untersuchten, im Vergleich derselben Legelinien eine höhere mittlere Legeleistung bei der Legelinie LB feststellen (+0,3%). Insgesamt zeigten beide Legelinien in

deren Untersuchungen sogar eine um 2 % (LSL, 89,0 %) bzw. 4 % (89,3 %) höhere durchschnittliche Legeleistung als die Legehennen der beschriebenen Untersuchung, auch ohne Miteinbeziehen der mittleren Legeleistungen in der Anlage E (alternative Haltung/ Voliere). Die durchschnittlichen Legeleistungen beider Legelinien in den Anlagen A bis D, ohne Berücksichtigung der alternativen Haltung, stimmten jedoch weitestgehend mit den Leistungsangaben des Legehennenzüchters Lohmann Tierzucht GmbH (2010) überein, der die durchschnittliche Legeleistung der Legelinie LSL auf 88,0 %, die der Legelinie LB auf 86,0 % beziffert.

Auf Anlagenebene gesehen waren ähnlich wie bei der Untersuchung von Weigl (2007), die Weißleger in genau derselben Voliere und Kleingruppe hielt wie Anlage E und C, die Legeleistungen pro Durchschnittshenne in der Anlage E (Voliere) mit 76,95 % deutlich niedriger als in den Kleingruppenhaltungen (durchschnittlich 87,50 %). Zu demselben Ergebnis kamen Scholz et al. (2008), welche verschiedene Untersuchungen miteinander verglichen, die sich mit der Gesundheit von Legehennen in unterschiedlichen Haltungssystemen befassten. Bei einer Untersuchung von Leyendecker et al. (2002) hingegen entsprach die Legeleistung pro Durchschnittshenne in einer Voliere der in einem ausgestalteten Käfigsystem (81,60 %), wobei diese auch nur jeweils eine Variante von ausgestaltetem Käfig und Voliere untersuchten. Die im Vergleich zu den anderen Kleingruppenanlagen um ca. 2 % niedrigere Legeleistung in der Anlage D stand vermutlich in Zusammenhang mit einer geringeren Legetätigkeit der Legelinie LSL aufgrund von Kannibalismus und einem starken Befall mit der roten Vogelmilbe, ähnlich wie es von Chauve (1998), Eckert et al. (2005a), Jaeger (2009) und Lay et al. (2011) beschrieben wird.

5.2 Schmutz-, Knick-, Bruch- und Windeier sowie der Anteil verlegter Eier

Der zu Beginn hohe Anteil an Schmutzeiern in der Anlage E (Voliere; LSL 22,73 %, LB 30,03 %) war vor allem auf die Anzahl an verlegten Eiern zurückzuführen. Beide Legehennenlinien entstammten einer Käfigaufzucht und beherrschten somit aufgrund einer noch wenig ausgeprägten Motorik bzw. eines nicht angelernten Verhaltens die Bewegung auf den verschiedenen Ebenen nicht. Umgekehrt war dies bei den Untersuchungen von Vits et al. (2005a) der Fall, als Legehennen, die in Bodenhaltung aufgezogen wurden, sich zu Beginn nur wenig auf den Gitterböden der Kleingruppenhaltung fortbewegten. Den Zusammenhang, dass ein hohes Maß an verlegten Eiern in der Voliere einer Zunahme der Schmutzeier entspricht, konnten schon Abrahamsson und Tauson (1998) feststellen, die in fünf Produktionszyklen Leistungsmerkmale von Legehennen der Linie LSL und LB in der Volierenhaltung erfassten. Der wie bei LeBris (2005) und Lickteig (2006) auftretende Anstieg der Schmutzeieranteile in den Anlagen C bis E im letzten Drittel der Legeperiode kann zum einen in Verbindung gebracht werden mit der fortschreitenden Verschmutzung der Käfigabteile, insbesondere der Nester bzw. Nestmatten oder Staubbadematten (Abrahamsson und Tauson, 1998; Tauson et al. 1999), zum anderen mit einem gehäuften Auftreten von mit Blut verschmutzten Eiern. Ursächlich hierfür könnte eine sekundäre Verschmutzung der Eier durch die rote Vogelmilbe (Chauve, 1998; Jaeger, 2009) gewesen sein, welche vor allem in den Sommermonaten gehäuft aufgetreten ist, sowie einem vor allem in der Anlage D bei der Legelinie LSL gehäuft auftretendem Kloakenkannibalismus. Zusätzlich kann es mit dem Fortschreiten der Legeperiode, den hygienischen Gegebenheiten, der auch in diesem Versuch festzustellenden Abnahme der Eischalendicke und einem in diesem Zusammenhang stehenden Bruch des Eis bereits im Legedarm, zu einem häufigerem Auftreten von Eileiterentzündungen gekommen sein (Rautenschlein und Jung, 2008).

Im Allgemeinen waren die Anteile an Schmutzeiern in der Kleingruppe (Anlage C und D) bei der Legelinie LSL mit 5,62 % höher als die der Legelinie LB (2,43 %) wie es auch Tauson et al. (1999) zumindest in der Haltung in konventionellen Käfigen und Volieren, sowie Vits et al. (2005a) mit einem jedoch geringfügig niedrigerem Anteil an Schmutzeiern in der Kleingruppenhaltung (LSL 4 %, LB 2 %) feststellen konnten. Die Häufung von Schmutzeiern kann, wie auch Vits et al. (2005a) bereits eruierten, im Zusammenhang stehen mit einer besseren Sichtbarkeit von Schmutz auf weißen Eiern und somit einer schnelleren Deklaration dieser als B – Ware. Der im Vergleich zu den Anlagen C (1,56 %) und D (3,30 %) bei der Legelinie LB (11,45 %) höhere Schmutzeieranteil in der Anlage E mag, wie schon Tauson et al. (1999) feststellten, auf das mögliche fehlende Bedürfnis dieser Legelinie zurückzuführen zu sein, Nester auf verschiedenen Ebenen aufzusuchen. In dem Vergleich konventioneller Käfighaltung mit einer Volierenhaltung konnten Abrahamsson und Tauson (1995), im Einklang mit den Ergebnissen dieser Untersuchung, feststellen, dass wesentlich mehr Schmutzeier in Volieren auftreten, wohingegen Tauson et al. (1999) keinen Unterschied diesbezüglich feststellen konnten. Ausschlaggebend für die in dieser Untersuchung hohe Zahl an Schmutzeiern in der Voliere war vor allem der hohe Schmutzeieranteil der Legelinie LB. Die Tatsache, dass in der Anlage D die Schmutzeieranteile der Legelinie LSL ähnlich waren wie in der Volierenhaltung (9 %), kann in Zusammenhang stehen mit einer Zunahme der verlegten Eier aufgrund einer geringeren Attraktivität der Nester in dieser Anlage. Mögliche Ursachen hierfür können die vermehrte Einnistung der roten Vogelmilbe in Nester (Chauve, 1998; Jaeger, 2009), die falsche Position des Nestes (Struelens et al., 2005), ein fehlendes zweites Nest wie in Anlage C oder ein Nutzen der zum Staubbaden vorhandenen Astroturfmatte als Eiablageort (Appleby et al., 1993 und 2002) sein.

Die Legehennen der Anlage A und B verhielten sich in Bezug auf ihre Schmutzeieranteile ähnlich niedrig wie die Anlage C, wobei hier aufgrund der verminderten Zahl an beurteilten Eiern kein direkter Vergleich gezogen werden sollte. Auffallend war hier der Anstieg der Schmutzeieranteile

gegen Ende der Legeperiode in der Anlage B, was möglicherweise ebenso mit einem starken Befall mit der roten Vogelmilbe, den hygienischen Bedingungen (Abrahamsson und Tauson, 1998; Tauson et al. 1999), dem Angebot von vier Staubbadematten und somit einer zu guten Alternative für die Eiablage (Appleby et al., 1993) und einem gehäuften Auftreten von Kannibalismus in dieser Anlage in Verbindung gebracht werden kann.

Die Knickeieranteile in den Anlagen C bis E hielten sich im Allgemeinen auf einem niedrigen Niveau (LSL 0,64 %; LB 1,10 %). Der erhöhte Anteil an Knickeiern bei der Legelinie LB, ähnlich den Ergebnissen von Tauson et al. (1999) und Vits et al. (2005a), konnte hier nicht wie bei Vits et al. (2005a) mit einer signifikant besseren Eiqualität bei der Legelinie LSL in Verbindung gebracht werden. Sowohl die in diesem Versuch in den Anlagen C bis E untersuchte Eischalendicke, welche sich bei der Legelinie LB höher darstellte als die der Legelinie LSL, als auch die Eischalenbruchfestigkeit, welche sich bei beiden Legelinien nicht signifikant unterschied, können dies erklären. Vits et al. (2005a) zog jedoch als Begründung der besseren Eiqualität die bessere Eidichte der Legelinie LSL heran, was in der hiesigen Untersuchung nicht erfasst wurde. Der erhöhte Anteil an Knickeiern könnte jedoch, wie von Tauson et al. (1999) beschrieben, in Zusammenhang stehen mit der geringeren Affinität der Legelinie LB Nester aufzusuchen. Dies führt gegebenenfalls laut Appleby et al. (2002) in ausgestalteten Käfigen zu einer möglichen gehäuften Eiablage von einer Sitzstange weswegen der Anteil an Knickeiern wieder steigen kann.

Ähnlich wie bei Leyendecker et al. (2002) waren die Knickeieranteile in der Anlage E (Voliere) höher als in den beiden Kleingruppensystemen. Im Vergleich zu deren Ergebnissen jedoch, zeigten sich die Knickeieranteile, die sich bei jenen bei der alleinigen Haltung von Weißlegern auf 4,5 % in ausgestalteten Käfigen und 7,2 % in einer Volierenhaltung bezifferten, hier deutlich niedriger (Kleingruppe 0,84 %, Voliere 0,93 %). Dies kann möglicherweise damit in Zusammenhang stehen, dass die Eier bei deren Untersuchung mechanisch auf einer Förderkette zu einer Sortiermaschine

befördert wurden und nicht wie hier einmal täglich per Hand eingesammelt wurden. Das einmal tägliche Sammeln und Sortieren der Eier per Hand kann somit in Bezug auf die Eiqualität nicht als negativ bewertet werden wie es von Guesdon et al. (2006) behauptet wird. In deren Haltung von Braunlegern in ausgestalteten (Anlage 1 und 2) und konventionellen Käfigen (Anlage 3 und 4) nämlich war der Knickeieranteil in den ausgestalteten Käfigen deutlich höher (Kleingruppe Anlage 1: 19,6 %/ Anlage 2: 15,5 %; konventioneller Käfig Anlage 3: 12,1 %/ Anlage 4: 8,1 %). Die Knickeieranteile in deren Untersuchungen waren, ähnlich wie der oben beschriebene höhere Knickeieranteil bei der Legelinie LB, nicht auf die Eischalenqualität zurückzuführen, sondern auf Gruppengröße, Käfigdesign und Management beim Einsammeln der Eier. Je mehr Eier nämlich pro Käfig gelegt würden, desto höher sei hier die Wahrscheinlichkeit, dass diese unterhalb des Nestes aneinanderstoßen würden und brechen. Trotz einer allgemeinen Abnahme der Eischalendicke während der Legeperiode konnte keine Erhöhung der Knickeieranteile festgestellt werden.

Der in der Anlage A mit 15,87 % und der Anlage B mit 6,23 % deutlich höhere Knickeieranteil kann natürlich in Zusammenhang stehen mit der abnehmenden Eischalenqualität (in dem Fall Eischalendicke und Eischalenbruchfestigkeit) über die Legeperiode hinweg, die Ursache liegt aber hier meines Erachtens, ähnlich wie von Guesdon et al. (2006) beschrieben, an den umgebenden Managementfaktoren (Eiersammeln, andere Einteilung/Beurteilung der Eier in Bezug auf Eiqualität) und möglicherweise am Käfigdesign.

Die Anteile an Brucheiern, welche nur in den Anlagen C bis E erfasst wurden, waren ebenso wie die Knickeieranteile relativ gering (zwischen 0,08 % und 0,65 %). Wie Guesdon et al. (2006) konnte man zumindest in den beiden Kleingruppen einen direkten Zusammenhang darin erkennen, dass der Anteil der Brucheier, die ins Nest gelegt wurden, kleiner war, als der, der sich außerhalb der Nester befand. Die weitergehende Feststellung, dass sich viele Brucheier auf Staubbadematten befanden konnte hier aufgrund der fehlenden Differenzierung der verlegten Eier

nicht bestätigt werden. Ähnlich wie bei den oben beschriebenen Knickeieranteilen verhielt es sich mit den Brucheieranteilen bei der Legelinie LB, die etwas höher waren als die der Legelinie LSL, sowie mit dem vermehrten Auftreten von Brucheiern in der Voliere erstgenannter Legelinie.

Im Gegensatz zu der Feststellung Rolands (1977), dass Windeier vermehrt zu Beginn und gegen Ende der Legeperiode auftreten, konnte in den Anlagen C bis E kein signifikanter Unterschied erkannt werden. Dies lag möglicherweise auch daran, dass ab der 30. Lebenswoche dreimal pro Woche Muschelgrit hinzugefüttert wurde und somit eine erhöhte Calciumzufuhr gewährleistet war. Safaa et al. (2008) verfütterten im letzten Drittel der Legeperiode von Braunlegern Futterrationen mit unterschiedlichen Mengen an Calcium und konnten hierbei feststellen, dass der Anteil an Windeiern deutlich von 0,64 % auf 0,54 % sank. Da die Windeieranteile in den Anlagen C bis E noch niedriger waren (max. 0,43 % bei LB in Voliere), kann davon ausgegangen werden, dass die Legehennen zumindest in Bezug auf die Eischalenbildung ausreichend mit Calcium versorgt waren. Die Tatsache, dass die Legelinie LB einen geringgradig höheren Windeieranteil zeigte konnte weder mit den Untersuchungen von LeBris (2005), Lee (2012) oder Probst (2013) in Einklang gebracht werden, noch mit den Ergebnissen von Kücükylmaz et al. (2012), welche die Eiqualität von Braun- und Weißlegern (LSL) in konventioneller Käfig- und ökologischer Freilandhaltung verglichen. Dabei zeigte sich zwar kein Unterschied zwischen den beiden Legelinien, jedoch aber zwischen den Haltungssystemen, wobei in konventioneller Käfighaltung (LSL 0,63 %/ LB 0,65 %) mehr Windeier gelegt wurden. Ähnlich verhielt es sich in den Anlagen C bis E. Hierbei waren jedoch in der alternativen Haltung (Voliere) die Windeieranteile höher, ähnlich den Ergebnissen von Weigl (2007).

Analog zu den Anteilen an Schmutzeiern verhielt es sich mit den Anteilen an verlegten Eiern (Abrahamsson und Tauson, 1998). Zu Beginn waren die Anteile an verlegten Eiern in allen Anlagen hoch (Anlage E LB 91,17 %), je weiter die Legeperiode jedoch voranschritt bzw. je älter die

Legehennen wurden, desto mehr Eier wurden ins Nest gelegt, gemäß den Ergebnissen von Appleby et al. (1993) und Guesdon et al. (2006). Im Umkehrschluss dazu wurden weniger Eier außerhalb des Nestes oder auf der Staubbadematte abgelegt. Übereinstimmend mit den Untersuchungen von Tauson et al. (1999) war der Anteil an verlegten Eiern bei der Legelinie LB mit 11,25 % höher als der der Legelinie LSL mit 3,69 %, was dieser damit begründete, dass Nester für die Legelinie LB weniger attraktiv sind und diese das Aufsuchen von Nestern auf verschiedenen Ebenen in einer Voliere nicht gewohnt sind. Ein Jahr zuvor jedoch verhielt es sich bei der Untersuchung von Abrahamsson und Tauson (1998) genau umgekehrt. Hier zeigte die Legelinie LSL mit 10,50 % im Vergleich zu 2,30 % bei der Legelinie LB in der Voliere deutlich mehr Anteile an verlegten Eiern. Der im Vergleich der beiden Kleingruppenhaltungen um fast 4,00 % höhere Anteil an verlegten Eiern in der Anlage D steht in direktem Zusammenhang mit dem höheren Anteil an Schmutzeiern in dieser Anlage. Dies wiederum mag, wie bereits erläutert, an einer mangelnden Attraktivität des Nestes in dieser Anlage (Nestposition, Anzahl Nest, Befall mit Ektoparasiten) oder einer bevorzugten alternativen Nutzung der Staubbadematte zur Eiablage gelegen haben.

5.3 *Eiqualitätsparameter*

Der bei den zweiwöchigen Untersuchungsintervallen weitestgehend kontinuierliche Anstieg der Eigewichte in den Anlagen C bis E von 56,33 g bei der Legelinie LSL und 58,02 g bei der Legelinie LB auf 63,39 g (LSL) und 63,85 g (LB) entsprach weitestgehend den Behauptungen Grashorns (2008) und den Ergebnissen von Van den Brand et al. (2004) und Ledvinka et al. (2012). Das kurze Absinken der mittleren Eigewichte von der 44. bis zur 55. LW, vor allem bei der Legelinie LSL, ist vermutlich mit einem starkem Befall mit der roten Vogelmilbe zu begründen (Trees, 1996). Die durchschnittlichen Eigewichte der Legelinie LB waren mit 63,34 g größer als die der Legelinie LSL mit 62,40 g, was Vits et al. (2005a) (LSL 62,00 g/ LB 64,60 g) und Grashorn (2008) (LSL 65,70 g/LB 66,6 g) in der gleichen Weise feststellen konnten. Dies steht, wie sich auch hier bestätigen konnte, in direktem Zusammenhang mit dem höheren

Körpergewicht der Legelinie LB, da Körpergewicht und Eigewicht positiv korreliert sind (Siegel, 1962). Interessant war zudem, wie auch bei Silversides und Scott (2001) zu erkennen ist, das zu Beginn höhere Eigewicht bei der Legelinie LB, welches aber im Vergleich zur Legelinie LSL einem langsameren Anstieg unterlag, und weniger Schwankungen über die gesamte Legeperiode zeigte.

Ein höheres Eigewicht im alternativen Haltungssystem (Anlage E/ Voliere) konnte im Gegensatz zu den Ergebnissen von Pistekova et al. (2006) (konventionelle Käfighaltung/ Haltung auf Einstreu) und Clerici et al. (2006) (konventionelle Käfighaltung/ Freiland/ Bodenhaltung/ ökologische Haltung) nicht festgestellt werden. Was jedoch wieder mit der These übereinstimmen würde, dass die Körpergewichte positiv korreliert sind. Die Körpergewichte in der Voliere waren nämlich im Vergleich zu den Kleingruppenhaltungen niedriger (Siegel, 1962). Ähnlich wie bei den oben beschriebenen Eigewichtsuntersuchungen verhielt es sich mit den Eigewichten der drei Untersuchungszeiträume sowie den Eigewichten der Tagesgelege. Die Eigewichte beider Legelinien stiegen hier bis zum Ende der Legeperiode an, unterschieden sich jedoch wie auch bei Weigl (2007), Lee (2012) und Probst (2013) nicht signifikant voneinander, was jedoch wiederum auch an der im Vergleich zur Erfassung der Eigewichte alle zwei Wochen ($n = 20786$) wesentlich geringeren Anzahl der gewogenen Eier (3 UZR $n = 1958$; Tagesgelege $n = 630$) in Zusammenhang stehen könnte. Bei den drei Untersuchungszeiträumen, den zweiwöchigen Untersuchungsintervallen und den Tagesgelegen zeigte die Anlage D mit 64,92 g, 63,65 g bzw. 62,36 g die schwersten Eier, was hier in keiner positiven Korrelation zum Körpergewicht stand, aber vermutlich dadurch zu begründen ist, dass die Körpergewichte nur dreimal in der gesamten Legeperiode erfasst wurden und sich in den Kleingruppenanlagen nur geringgradig unterschieden.

Die Eilänge nahm, wie schon Van den Brand et al. (2004) in ihren Untersuchungen feststellen konnten, mit dem Fortschreiten der Legeperiode von 56,20 mm auf 59,56 mm deutlich zu, ebenso wie die Eibreite, diese jedoch in einem geringeren Maße von 43,28 mm auf

44,61 mm. Der sogenannte Eiformindex in Prozent ($\text{Breite} / \text{Länge} \times 100$) verringerte sich somit wie in oben genannter Untersuchung im Laufe der Legeperiode ebenso. Rayan et al. (2010), die die Eiqualität von Weiß- und Braunlegern untersuchten, konnten nicht nur die Abnahme des Eiformindex mit der Zeit und somit eine größere Zunahme der Eilänge bestätigen, sondern auch sie teilten die Feststellung, dass die Legelinie LSL längere und die Legelinie LB breitere Eier produzierte. Die Tatsache, dass sich die Eilängen in den verschiedenen Anlagen nicht deutlich voneinander unterschieden wurde von den Ergebnissen Clericis et al. (2006) bestätigt, welche jedoch Eier aus der konventionellen Käfighaltung, Freilandhaltung, Bodenhaltung und aus der ökologischen Käfighaltung miteinander verglichen. Laut diesen seien die Eischaleneigenschaften unabhängig vom Haltungssystem und würden vielmehr von Alter und Rasse der Legehennen und dem gesamten umgebendem Produktionsmanagement beeinflusst werden.

Die Eischalenbruchfestigkeiten der beiden Legelinien unterschieden sich sowohl in den drei Untersuchungszeiträumen (LSL 34,58 N, LB 34,46 N) als auch bei der Untersuchung der Tagesgelege (LSL 44,17 N, LB 44,52 N) nicht signifikant voneinander. Übereinstimmend zu diesem Ergebnis stellten Vits et al. (2005a) bei der Legelinie LSL mittlere Eischalenbruchfestigkeiten von 39,80 N, bei der Legelinie LB von 40,20 N fest. Deutlich werden hier aber bereits schon die unterschiedlichen Messgeräte/ Methoden der jeweiligen Versuchsstationen. Die Eier der drei Untersuchungszeiträume, die in München untersucht wurden, zeigten eine um fast zehn Newton niedrigere Eischalenbruchfestigkeit, als die der Tagesgelege, die in Kitzingen untersucht wurden. Das Absinken der Eischalenbruchfestigkeit im Verlauf der Legeperiode um 11,68 N bei der Legelinie LSL und 11,20 N bei der Legelinie LB war den Ergebnissen von Guesdon et al. (2006) ähnlich. Bei deren Messungen jedoch betrug die Differenz nur 5,55 N, was zum einen an der in diesem Versuch benutzten Legelinie (ISA Brown), zum anderen an einem anderen Fütterungsmanagement (Calciumzufuhr) gelegen haben könnte (Clerici et al., 2006). Die mit dem Alter zunehmend schlechte Aufnahme an Calcium

stellt nämlich gegen Ende der Legeperiode hin die Ursache für den deutlichen Abfall an Eischalenbruchfestigkeit dar, was dementsprechend auch zu einem vermehrten Abbau von medullärem Knochen in Verbindung steht (Grashorn, 2008).

Die divergierenden Ergebnisse, welche in den drei Untersuchungszeiträumen und den Tagesgelegen in Bezug auf die unterschiedlichen Eischalenbruchfestigkeiten gemacht wurden, können unter anderem auf die Erhebung der Daten in unterschiedlichen Untersuchungszeiträumen/ Lebenswochen zurückzuführen sein.

Die Tatsache, dass sich die Eischalendicken der drei Untersuchungszeiträume bzw. der Tagesgelege beider Legelinien mit 0,40 mm bzw. 0,33 mm (LSL) und 0,41 mm bzw. 0,34 mm (LB) signifikant unterschieden, stimmte mit den Ergebnissen von Vits et al. (2005a) überein, deren gemessene Eischalendicken bei der Legelinie LB in ausgestalteten Käfigen bzw. Kleingruppen größer waren als die der Legelinie LSL (LSL 0,32 mm/ LB 0,33 mm). Im Gegensatz dazu stellten Kücükylmaz et al. (2012) bei der Haltung von Weißlegern (LSL) und Braunlegern (ATAK-S) in konventioneller und ökologischer Haltung fest, dass hier die Weißleger die größere Eischalendicke zeigten. Daraus könnte man schließen, dass, wie es bereits Vits et al. (2005a) formulierte, die Eischalendicke eventuell vom genetischen Potential der jeweiligen Rasse abhängig und somit züchterisch beeinflussbar ist. Der Einfluss des Haltungssystems auf die Eischalendicke konnte in mehreren vorherigen Forschungsarbeiten festgestellt werden, wobei deren Ergebnisse jedoch gemeinsam hatten, dass die Eischalendicken in der alternativen Haltung höher waren als in der Käfig- oder Kleingruppenhaltung (Leyendecker et al., 2001 und 2005; Vits et al., 2005a; Clerici et al., 2006; Kücükylmaz et al., 2012). Van den Brand (2004) äußerte als mögliche Ursache hierfür die erhöhte Aktivität der Legehennen in alternativen Haltungen und eine dadurch mögliche Steigerung des Mineralstoffwechsels, wobei aber auch das Angebot an Calciumquellen von Bedeutung ist. Die Tatsache, dass die Voliere hier keine erhöhte Eischalendicke zeigte, kann zum einen an einer niedrigeren Calciumversorgung gelegen haben, was aber aufgrund

der gleichen Futtermittelversorgung als eher unwahrscheinlich anzusehen ist, oder aber an einer im Vergleich zu den Kleingruppenhaltungen ähnlichen Bewegungsaktivität. Die Abnahme der Eischalenbruchfestigkeit im Verlauf der Legeperiode stimmte mit den Ergebnissen von Vits et al. (2005a) überein und hängt mit einer im Laufe der Zeit abnehmenden Fähigkeit Calcium aus dem Darm zu resorbieren zusammen. Safaa et al. (2008) konnte in ihren Versuchen eine Abnahme der Eischalendicke verhindern, indem sie im letzten Drittel der Legeperiode eine Ration mit einem höheren Calciumanteil verfütterten. Gegen Ende der Legeperiode sollte dieser einen Anteil von 3,5 % ausmachen.

In Bezug auf die IgY - Konzentrationen im Eidotter, die nur während der drei Untersuchungszeiträume gemessen wurden, waren die der Legelinie LB mit 15,85 mg/ml ähnlich wie bei Lickteig (2006) und Lee (2012) signifikant höher als bei der Legelinie LSL mit 14,44 mg/ml, wohingegen sich die Immunglobulinkonzentrationen der beiden Legelinien sowohl von derselben Charge bei der etwas kleiner angelegten Versuchsanordnung von Probst (2013), als auch bei der Versuchsanordnung von LeBris (2005), die Untersuchungen an Freilandhühnern durchführte, nicht deutlich voneinander unterschieden. Da sich die Immunglobulinkonzentration im Eidotter analog zu der im Blut verhält (Caralander, 2002), können die in dieser Versuchsanordnung höheren Immunglobulinkonzentrationen bei der Legelinie LB damit zusammenhängen, dass deren humorales Immunsystem besser auf äußere Einflüsse bzw. Antigene reagiert als das der Legelinie LSL. Aufgrund der eher niedrigen Frequenz an Eidotterprobenentnahmen konnten nicht wie bei Bazer (2005), LeBris (2005), Baumgart (2005) oder Lickteig (2006) zeitliche Schwankungen im Verlauf der Legeperiode festgestellt werden, wodurch hier auch keine Korrelation zwischen Legeleistung und IgY - Konzentration gefunden werden konnte. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Erhard et al. (2000) waren hier die Immunglobulinkonzentrationen in der Volierenhaltung zwar geringgradig niedriger als in einer der Kleingruppenhaltungen, aber höher als in den anderen vier Kleingruppen, wobei bei Erhard et al. (2000) die Legehennen

auch in kommerziellen Käfigen und auf Boden gehalten wurden. Genau andersherum verhielt es sich auch mit den Gruppengrößen. Bei Baumgart (2005) zeigte eine kleinere Gruppe einen höheren Wert an Immunglobulinen im Eidotter, wohingegen in der ausgeführten Versuchsanordnung die Legehennen der Voliere, sprich die Haltung mit den meisten Tieren, durchschnittlich mit die höchste Konzentration an Immunglobulinen zeigte.

Die Ergebnisse der Eiklarhöhen bzw. Haugh-Units, die sich nur auf die Anlagen C bis E beziehen, entsprachen weitestgehend denen bereits vorausgegangener Untersuchungen. Wie die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004), Leyendecker et al. (2001) und Vits et al. (2005a) feststellen konnten, waren auch hier die Eiklarhöhen bzw. Haugh-Units der Legelinie LSL (7,47 mm bzw. 85,43) höher als die der Legelinie LB (6,91 mm bzw. 81,61). Laut Kücükylmaz et al. (2012) würde dies an einem bei Braunlegern vermehrten Anstieg des Eiweiß - pH-Wertes unter dem Einfluss von Ammoniak liegen, wodurch es zu einem Abfall der Eiklarhöhe kommt. Hier könnte also auch ein Zusammenhang mit dem jeweiligen Stallklima gesehen werden. Ebenso wie von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004) und Silversides und Scott (2001) beschrieben, fielen die Eiklarhöhen bzw. Haugh-Units (HU) beider Legelinien mit dem Fortschreiten der Legeperiode um 2,16 mm bzw. 14,28 (HU) bei der Legelinie LSL und 2,29 mm bzw. 15,81 (HU) bei der Legelinie LB. Silversides und Scott (2001) konnten in einem Vergleich von Weißlegern und Braunlegern einen ähnlichen Abfall der Eiklarhöhe von 1,39 mm (Weißleger) und 1,6 mm (Braunleger) feststellen. Der etwas kleinere Wert hängt vermutlich mit der Messung in anderen Lebenswochen oder der Messmethodik bzw. den Messbedingungen an sich zusammen. Die Messung der Eiklarhöhe zur Bewertung der Frische ist also, wie bereits von Silversides und Scott (2001) erwähnt, als alleiniger Parameter als kritisch anzusehen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Leyendecker et al. (2001), Van den Brand et al. (2004), Hidalgo et al. (2008) oder Kücükylmaz et al. (2012) konnte kein signifikanter Unterschied der Eiklarhöhen bzw. Haugh-Units zwischen den

Anlagentypen bzw. Haltungsformen festgestellt werden. Deren Forschungen bezogen sich aber meist auch auf den Vergleich einer Haltung von Legehennen im Käfig und im Freien, wodurch hier keine Rückschlüsse gezogen werden können.

Das häufigere Auftreten von Fleisch- und Blutflecken bei der Legelinie LB stimmte mit den Ergebnissen der Forschungsarbeiten von Leyendecker et al. (2001), der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004), Vits et al. (2005a) und Grashorn (2008) überein. Die höhere Zahl an Fleischflecken bei Braunlegern konnten Shoffner et al. (1982) mit der Schalenpigmentierung braunschaliger Eier in Verbindung bringen. Die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004) schloss hieraus ebenso, dass die Häufigkeit von Blut- und Fleischflecken vom genetischen Potential der jeweiligen Legehennenrasse beeinflussbar sei. Die Zunahme der Fleischflecken bei der Legelinie LSL um zehn Prozent auf 11,2 % und bei der Legelinie LB um knapp zwölf Prozent auf 40,0 % während der Legeperiode konnte, wie es von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004) beschrieben wurde, so zumindest durch die in den drei Untersuchungszeiträumen gewonnenen Ergebnisse verifiziert werden. In Bezug auf die unterschiedlichen Anlagentypen konnten nicht wie bei Vits et al. (2005a) deutliche Unterschiede in der Häufigkeit von Blut- und Fleischflecken festgestellt werden. Diese machten das Auftreten von Fleisch- und Blutflecken nicht nur vom Haltungssystem abhängig, sondern auch von unterschiedlichen Gruppengrößen. Ursächlich für einen höheren Anteil an Fleisch- und Blutflecken sei ein unterschiedliches Maß an Stress, was auch in Untersuchungen von Bearse et al. (1960) und Campo und Garcia Gil (1998) zum Vorschein kam.

5.4 Hämatologie

Der zu Beginn des Versuches bei Einstellung der Tiere festgestellte Hämatokrit war sowohl bei der Legelinie LSL mit 34,47 %, als auch bei der Legelinie LB mit 35,67 % höher als der von Gassmann und Lutz (2005) mit 32,0 % oder der von Glomski und Pica (2011) mit 29,6 % (Legelinie LSL 30. LW) angegebene. Dies könnte zum einen auf die während des

Transportes mangelnde Versorgung der Tiere mit Wasser oder aber auf eine stressbedingte Zunahme des Hämatokrits zurückzuführen sein. Unter der Einwirkung von Stress bzw. von Corticosteron (Glukocorticoid) würde nämlich laut Neff (2000) der Abbau von Erythrozyten verzögert werden. Ob der Abfall des Hämatokrits zum ersten Untersuchungszeitpunkt in Zusammenhang steht mit einem zu Legebeginn steigenden Östrogenspiegel im Blut und einer dadurch bedingten Hemmung der Erythropoese (Glomski und Pica, 2011) ist hier als fraglich anzusehen. Im Gegensatz zu der These von Glomski und Pica (2011), dass der Hämatokrit bei Zunahme der Umgebungstemperatur sinkt und natürlich aus umgekehrter Sicht bei niedrigen Temperaturen durch Erhöhung der Anzahl der Erythrozyten steigt, konnte hier kein Zusammenhang gesehen werden. Dies lag vermutlich aber auch an den jeweiligen Zeitpunkten der Blutentnahme, wobei der Zeitraum mit den höchsten Außentemperaturen nicht berücksichtigt wurde und keiner der Untersuchungszeiträume sich in einer Zeitspanne von drei Wochen vor oder nach diesem befand. Laut Glomski und Pica (2011) könnte sich nämlich der Hämatokrit einer Legehenne innerhalb von drei Wochen an veränderte Temperaturen anpassen. Ähnlich den Ergebnissen von Lee (2012) und Probst (2013) war der mittlere Hämatokrit der Legelinie LSL um 1,52 % höher als der der Legelinie LB, was von Glomski und Pica (2011) bestätigt wird. Laut diesen sei aber die eigentliche Ursache dafür noch nicht gefunden. Spekuliert wird über das Vorhandensein eines Gens, welches bei kommerziellen Braunlegern die Erythropoese beeinflussen kann. Da sich die Anlagentypen signifikant auf die Höhe des Hämatokrits auswirkten und nach Neff (2000) die Erhöhung von diesem in Zusammenhang stehen kann mit dem Auftreten von Stress, kann davon ausgegangen werden, dass es auch innerhalb der Kleingruppenhaltungen Unterschiede gibt, wobei der Hämatokrit der Legehennen in der hausinternen Volieren-Kontrollgruppe nicht am niedrigsten war. Mögliche Auswirkungen auf den Hämatokrit durch den Befall mit der roten Vogelmilbe waren auch wegen den wenigen Untersuchungszeiträumen nicht ersichtlich. Grundsätzlich lässt sich hier bemerken, dass auch die Blutabnahme an sich und die darauf folgende Untersuchung im Labor immer Auswirkungen auf die

Ergebnisse hat. Je länger zum Beispiel die Blutabnahme dauert, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass es im Probenröhrchen zu Mikroagglutinationen kommt und somit die Anzahl an roten Blutzellen bereits verfälscht ist. Ebenso gibt es natürlich die Möglichkeit, dass die Blutprobe zu gering ausfällt und das Antikoagulans die Probe zu flüssig macht, womit natürlich der Hämatokrit zu wenig konzentriert ist (Thrall et al., 2012).

Die initial zunächst niedrigen Calciumkonzentrationen von 2,99 mmol/l bei der Legelinie LSL und 2,94 mmol/l bei der Legelinie LB stimmten mit der Tatsache überein, dass sich die Legehennen hier noch in der Wachstumsphase befanden und noch kein erhöhter Östrogenspiegel im Blut vorhanden war (Johnson, 1999; Stanford, 2005). Kurz vor Beginn der Legetätigkeit steigt laut Johnson (1999) die Gesamtcalciumkonzentration im Blut und zeigt daraufhin während der gesamten Legeperiode nur geringe Schwankungen (zwischen 5,0 mmol/l und 6,5 mmol/l). Bereits zum nächsten Untersuchungszeitraum hin war somit die Calciumkonzentration auf 7,38 mmol/l bei der Legelinie LSL und 6,40 mmol/l bei der Legelinie LB gestiegen und blieb während der Legeperiode konstant auf diesem hohen Niveau. Die im Vergleich zur Legelinie LB (6,53 mmol/l) höhere Calciumkonzentration bei der Legelinie LSL (7,39 mmol/l) könnte indirekt mit der höheren Legeleistung dieser in Zusammenhang stehen und somit mit einer Erhöhung der Gesamtcalciumkonzentration aufgrund eines höheren Östrogenspiegels im Blut (Johnson, 1999). Auch die mögliche genetische Komponente dahinter konnten Otoikhian et al. (2014) in einem Vergleich von Plasmacalciumspiegeln und Eiquantitätsparametern bei vier verschiedenen Legelinien erkennen. Obwohl ab der 30. LW in den Anlagen C bis E Muschelgrit zugefüttert wurde, konnte man in diesem Versuch keine deutlichen Unterschiede zu den anderen beiden Anlagen feststellen. Dies kann auch darin begründet sein, dass hier zwar mehr Calcium zugefüttert wurde, jedoch aber kein zusätzliches Vitamin D₃. In einem Versuch konnten Bölükbaşı et al. (2005) zeigen, dass Futterrationen mit höheren Calciumanteilen nur dann die Gesamtcalciumkonzentration erhöhen, wenn

zusätzlich Vitamin D₃ in der Ration enthalten ist. Dies hatte zudem positive Effekte auf die Eischalencalciumkonzentration.

Die vor Beginn der Legeperiode mit 1,71 mmol/l bei der Legelinie LSL bzw. 1,79 mmol/l bei der Legelinie LB etwas niedrigeren Phosphorkonzentrationen als während der Legeperiode stimmten mit den Untersuchungsergebnissen von Bhatti et al. (2002) überein, die Serumanalysen vier verschiedener Legelinien vor und während der Legeperiode durchführten. Hierbei nahm die Phosphorkonzentration vor Legebeginn einen durchschnittlichen Wert von 1,33 mmol/l ein, während der Legeperiode einen Wert von 1,78 mmol/l, ähnlich den hier erhobenen Werten von 1,87 mmol/l bei der Legelinie LSL bzw. 1,82 mmol/l bei der Legelinie LB. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Pavlik et al. (2009), die Braunleger in drei verschiedenen Haltungen hielten, konnte hier kein Abfall der Phosphorkonzentration im Laufe der Legeperiode gesehen werden, sondern vor allem bei der Legelinie LSL ein Anstieg dieser. Bei der Legelinie LB hingegen schwankte die Phosphorkonzentration während der Legeperiode, wie von Suchy et al. (2004) bereits in ihren Untersuchungen festgestellt werden konnte. Der nicht vorhandene Unterschied der Phosphorkonzentrationen beider Legelinien stimmte mit den Ergebnissen von Bhatti et al. (2002) überein.

Die Konzentrationen an Immunglobulinen (IgY) im Serum waren wie bereits von Wolley und Landon (1995), Bollen und Hau (1999) oder Caralander (2002) beschrieben etwas niedriger als die Konzentrationen im Eidotter und beide stiegen und fielen im zeitlichen Verlauf gesehen proportional zueinander. Ähnlich der Behauptung Caralanders (2002), die Serumkonzentration sei um das 1,23 fache niedriger als die Konzentration an Immunglobulinen im Eidotter, verhielt es sich hier mit einem mittleren Faktor von 1,20. Die Legelinie LB zeigte in dieser Versuchsanordnung mit 13,28 mg/ml eine höhere mittlere Immunglobulinkonzentration als die Legelinie LSL mit 12,06 mg/ml, eventuell in Zusammenhang stehend mit einer besseren Reaktionsmöglichkeit des humoralen Immunsystems dieser Legelinie auf äußere Einflüsse bzw. Antigene. Eine bessere humorale Immunantwort in Bezug auf das Haltungssystem sahen Arbona

et al. (2011) bei der Haltung von Braunlegern in konventionellen Käfigen und in der Freilandhaltung. Hier zeigten die Legehennen aus der Käfighaltung höhere Konzentrationen an Immunglobulinen, woraus diese schlossen, dass die Legehennen in der Freilandhaltung eine stressbedingte verzögerte Immunantwort zeigten. Unter Stress verstanden diese umgebende, störende Faktoren wie Temperaturschwankungen oder zum Beispiel die Häufigkeit des Auftretens von Kannibalismus.

Die Unterschiede zwischen den Anlagentypen waren wie auch bei den Eidottermessungen signifikant, die Reihenfolge der jeweiligen mittleren Immunglobulinkonzentrationen in den unterschiedlichen Anlagen war ähnlich, jedoch nicht komplett identisch. Interessant war, dass die Anlage D eine der niedrigsten Konzentrationen an Immunglobulinen und gleichzeitig die höchste Kannibalisierungsrate zeigte, weswegen man davon ausgehen kann, dass die Immunglobulinkonzentration stressbedingt erniedrigt war (Arbona et al., 2011).

5.5 Bonitur

Das bei der Legelinie LSL mit insgesamt 97,58 % im Vergleich zur Legelinie LB mit 90,24 % häufigere Auftreten von Pickverletzungen am Kamm stimmte sowohl mit den Beobachtungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004), welche die Gefiederqualität in alternativen Haltungssystemen beurteilte, als auch mit den Ergebnissen von Fischer (2009) überein. Diese konnte bei der Haltung von Legehennen in Kleingruppen und auf dem Boden erkennen, dass zumindest bei der Legelinie LSL in der Kleingruppe gehäuft Pickverletzungen am Kamm auftraten. In Verbindung stehen kann dies zum einen mit einem bei der Legelinie LSL vermehrten Ausüben von Rangordnungskämpfen (Keppler, 2008), wie es laut Fischer (2009) vor allem bei der Haltung von Legehennen in größerer Gruppen auftritt, zum anderen aber auch mit einem vermehrten Auftreten von Federpicken oder Kannibalismus bei dieser Legelinie. Das wiederum würde mit einer klaren genetischen Komponente in Zusammenhang stehen (Keppler, 2008; Fischer, 2009). Das vermehrte Auftreten von Pickverletzungen in der

Anlage D lässt sich vermutlich ebenso darauf zurückführen, dass in dieser Haltungseinrichtung vermehrt kannibalistisches Verhalten auftrat. Die Tendenz, dass beim letzten Untersuchungszeitpunkt mehr blutige Veränderungen an den Kämmen auftraten, lässt sich eventuell damit in Verbindung bringen, dass sich die Legehennen am Ende der Legephase befanden und somit bereits in einer körperlichen Stresssituation. Da hinzukommend wurden die Legehennen mithilfe von kleinen Transportboxen zur Untersuchung gebracht, was die stressbedingten Pickattacken gegenüber untergeordneten Tieren noch einmal verstärkte. Der Vergleich zu anderen wissenschaftlichen Arbeiten fällt hier schwer, da meist nicht zwischen krustigen und blutigen Veränderungen am Kamm unterschieden wird, sondern eher zwischen großen und kleinen Verletzungen, Verletzungen die durch das Käfiginterieur bedingt sein können oder aufgrund von Federpicken/Kannibalismus auftreten (Fischer, 2009).

Bei der Beurteilung des Gefieders konnte man ähnlich wie bei Weitzenbürger (2005), Fischer (2009), Telle (2011) und Yamak und Sarica (2012) im Verlauf der Legeperiode eine Verschlechterung bei beiden Legelinien und allen Körperregionen feststellen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Probst (2013, Vergleich der Gefiederqualität derselben Charge an Legehennen unter nicht kommerziellen Bedingungen), die vom ersten zum zweiten und zweiten zum dritten Untersuchungszeitpunkt bei der Legelinie LSL eine Zunahme der Gefiederschäden am Kopf um ungefähr 20,0 % feststellte, aber keine einzige Veränderung an der Kopfbefiederung bei der Legelinie LB, wiesen bei dieser Untersuchung beide Legelinien eine ähnlich hohe Verschlechterung der Kopfbefiederung auf. Hier fiel vor allem eine deutliche Verschlechterung vom zweiten zum dritten Untersuchungszeitraum auf (+ ca. 40,0 %). Dies könnte zum einen an dem vermehrten Auftreten von Dominanzverhalten in größeren Gruppen gelegen haben, welches durch Pickschläge auf den Kopf zum Ausdruck kam (Keppler, 2008), oder aber an einem vermehrten Auftreten von Federpicken in größeren Gruppen (Fischer, 2009). Die Ursache für letztgenanntes könnte wiederum an den über die Sommermonate

veränderten klimatischen Bedingungen gelegen haben, welche laut Fischer (2009) ein vermehrtes Auftreten von Federpicken fördern können. Die Tatsache, dass in der Voliere weniger Gefiederschäden am Kopf auftraten, konnte schon von Weigl (2007) und Telle (2011) festgestellt werden, wohingegen bei Fischer (2009) an dieser Körperregion schlechtere Gefiederqualitäten in der alternativen Haltung auftraten. Dies lag aber vermutlich, wie von Fischer (2009) bereits schon selbst begründet, an der wesentlich höheren Gruppengröße in deren alternativer Haltung (n = 1200 pro Abteil). Telle (2011), die ihre Untersuchungen an Legehennen (nur Legelinie LSL) durchführte, die in denselben Anlagentypen gehalten wurden, konnte feststellen, dass am meisten Schäden der Kopfbefiederung in der Anlage C auftraten, wohingegen dies hier in der Anlage B der Fall war, natürlich aber mit Einbeziehung der Legelinie LB.

Bei der Beurteilung der Gefiederqualität der übrigen Körperregionen anhand des Gefiederscores erwies sich die der Legelinie LSL mit einem Gefiederscore von mittleren 15,73 im Vergleich zur Legelinie LB mit 18,64 als schlechter, entsprechend den Ergebnissen von Fischer (2009), Lee (2012) oder Probst (2013). Dies könnte, wie auch von Keppler (2008) und Fischer (2009) in deren Untersuchungen angemerkt wurde, an einer klaren genetischen Komponente gelegen haben. Die Legehennen der Legelinie LSL hatten ein niedrigeres Körpergewicht und zeigten vermutlich deshalb im Vergleich zur Legelinie LB eine höhere Gesamtaktivität (Fischer, 2009). Die erhöhte Bewegungsaktivität wiederum konnte zum einen dazu führen, dass sich das Gefieder vermehrt an der Käfigeinrichtung abnutzte, zum anderen aber auch zu einer erhöhten Pickaktivität gegenüber Artgenossen (Keppler, 2008). Der Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen fällt auch hier schwer, da es bei der Gefiederbeurteilung sehr schwierig ist unter angelernten Beurteilern eine Übereinstimmung zu bekommen (Keppler, 2008). Im Vergleich zu Fischer (2009), die die Gefiederqualität nach demselben Schema beurteilte und bei der Legelinie LB einen Gesamtgefiederscore von 20,2, bei der Legelinie LSL von 18,48 feststellte, war die Gefiederqualität hier etwas

schlechter. Die bessere Gefiederqualität mit einem Score von 21,49 in der alternativen Haltung stimmte zum einen mit den Ergebnissen von Telle (2011), zum anderen mit den Ergebnissen von Fischer (2009) überein, deren Gefiederscore in der Bodenhaltung einen sehr ähnlichen Wert von 21,88 annahm. Die Gefiederqualität in deren Kleingruppenhaltungssystemen war jedoch mit 18,07 etwas höher als dem hier erhobenen Wert von 16,80. Wie bei Telle (2011) waren hier in der Anlage B die Gefiederqualitäten am schlechtesten, was verschiedene Ursachen haben kann. Zum einen waren hier Sitzstangen in unterschiedlicher Höhe angebracht, was wie bei Fischer (2009) zu einem vermehrten Picken zwischen Artgenossen geführt haben kann. Zum anderen kann die Anordnung der insgesamt fünf Sitzstangen in Quer- und Längsrichtung und deren unterschiedliche Höhen zu einer vermehrten Abnutzung des Gefieders durch den Kontakt mit Käfigeinrichtungen geführt haben. Zusätzlich dazu fehlte hier zwischen zwei Abteilen auf einer Ebene der Sichtschutz, was infolge der allein optischen Zunahme der Gruppengröße eventuell zu mehr Rangordnungskämpfen bzw. Federpicken geführt haben könnte.

In Bezug auf die Körperregionen gab es bei der Legelinie LSL vor allem massive Gefiederqualitätseinbußen am Bauch, an der Brust und am Schwanz, bei der Legelinie LB am Flügel und am Schwanz, ähnlich wie bei den Untersuchungen von Weitzenbürger (2005), die insgesamt die meisten Gefiederschäden an den Regionen Bauch, Flügel und Schwanz feststellte. Eine Korrelation zwischen Körpergewicht und Gefiederstatus gab es ebenso wie bei Weitzenbürger (2005), bei welcher die leichteren Tiere insgesamt einen schlechteren Gefiederzustand aufwiesen. Zumindest in Bezug auf die Legelinien stimmte dies hier mit ihren Ergebnissen vollständig überein, in Bezug auf die Anlagentypen beinahe. Ein positiver Zusammenhang zwischen Legeleistung und Gefiederstatus konnte jedoch im Gegensatz zu den Ergebnissen von Yamak und Sarica (2012) bei den erhobenen Daten nicht gezogen werden.

Die Brustbeindeformationen nahmen wie auch schon bei vorherigen Untersuchungen von Abrahamsson et al. (1998), Fleming et al. (2004) und

Weitzenbürger et al. (2006) mit dem Fortschreiten der Legeperiode zu. Ursächlich hierfür ist eine im Verlauf der Legeperiode abnehmende Knochenstabilität bzw. eine Abnahme der Knochenbruchfestigkeit. Ähnlich den Ergebnissen von Weitzenbürger (2005) gab es bei diesem Versuch die Tendenz dazu, dass Brustbeindeformationen häufiger bei der Legelinie LB auftraten. Insgesamt zeigten hier 38,1% der Legelinie LSL und 41,1 % der Legelinie LB und somit 39,7 % aller untersuchten Legehennen Brustbeindeformationen. Bei den Untersuchungen von Weitzenbürger (2005) war der Anteil mit 33,0 % etwas niedriger. Eine Möglichkeit für das häufigere Auftreten von Brustbeindeformationen bei der Legelinie LB könnte darin liegen, dass diese ein höheres Körpergewicht zeigte und somit bei Nutzung der Sitzstangen ein erhöhter Druck auf das Brustbein einwirkte (Weitzenbürger, 2005). Das Auftreten von mittel- bis hochgradigen Brustbeindeformationen bei beiden Legelinien in den unterschiedlichen Anlagen war in Einklang zu bringen mit den Ergebnissen von Tauson und Abrahamsson (1994 und 1996), die einen Zusammenhang sahen zwischen der Sitzstangenform in der jeweiligen Haltung und der Häufigkeit von Brustbeindeformationen. Ähnlich auch wie bei Scholz et al. (2009) gab es vor allem in der Anlage A, welche nur über runde Sitzstangen verfügte, sowie in der Anlage E, in der runde Sitzstangen in unterschiedlichen Höhen angebracht waren, vermehrt Legehennen mit stark deformierten Brustbeinen. Die von Weitzenbürger (2005) und auch Fleming et al. (2004) erhobene These, dass Legehennen mit einer höheren Knochenbruchfestigkeit weniger deformierte Brustbeine aufweisen würden, konnte hier nicht bestätigt werden.

Ebenso wie bei Fischer (2009) und Probst (2013) traten Verletzungen an den unterschiedlichen Körperregionen vor allem bei der Legelinie LSL auf. Diese hatte mit einem Verletzungsscore von 0,57 einen fast achtmal höheren als die Legelinie LB. Der Verletzungsscore von Fischer (2009) bewegte sich mit mittleren 0,67 bei der Legelinie LSL auf einem ähnlichen Niveau, der der Legelinie LB war jedoch mit 0,58 deutlich höher. Der erhöhte Verletzungsscore bei der Legelinie LSL kann wie bei Fischer (2009) zum einen damit zusammenhängen, dass diese eine vermehrte

Aktivität zeigte und somit vermutlich auch eine vermehrte Pickaktivität gegenüber untergeordneten Artgenossen, zum anderen aber auch damit, dass zumindest krustige Veränderungen bei der Legelinie LSL vom Beurteiler meist besser erkannt werden als bei der Legelinie LB. Das spielt hier jedoch eher eine untergeordnete Rolle. Ähnlich den Ergebnissen von Telle (2011) waren die Körperregionen zum größten Teil krustig verändert. Im Gegensatz zu deren Beobachtungen, dass die Veränderungen im Verlauf der Legeperiode zunahmen, traten bei der Legelinie LSL eher Schwankungen in Bezug auf diese auf, bei der Legelinie LB nahmen die krustigen Veränderungen bis zum Ende der Legeperiode eher ab. Wie bei Telle (2011) zeigten die Legehennen in der Anlage B mit einem Score von 0,58 die meisten Verletzungen, die Legehennen in der Anlage E (Voliere) mit 0,05 die wenigsten. Im Gegensatz dazu, stellte Fischer (2009) fest, dass bei ihrer Versuchsanordnung am meisten Verletzungen in der alternativen Haltung auftraten, vermutlich auch in Zusammenhang stehend mit der Gruppengröße in der Bodenhaltung und einer dadurch schwierigen Bildung einer Rangordnung. Das häufige Auftreten von Verletzungen in der Anlage B könnte wiederum, ähnlich wie bei der Beurteilung des Gefieders erwähnt, mit dem Käfiginterieur an sich oder aber mit dem mangelnden Sichtschutz zweier Gruppen auf einer Ebene in Zusammenhang stehen. Die Verletzungen beschränkten sich nicht auf vereinzelte Körperregionen, sondern traten bei beiden Legelinien an allen ausgewerteten Arealen auf, wobei die Häufigkeiten der jeweils betroffenen Region unterschiedlich verteilt waren. Im Gegensatz zu den Untersuchungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004) zeigte vor allem die Legelinie LSL Verletzungen am Rücken, die Legelinie LB vermehrt an der Kloake.

Bei den Veränderungen an den Füßen zeigte sich, dass sich die Verteilung des Auftretens der Hyperkeratose sowohl an den Fußballen als auch den Zehenballen in Bezug auf die Legelinien zeitlich veränderte. An den Fußballen zeigten zunächst die Legehennen der Legelinie LSL vermehrt mittel- bis hochgradige Veränderungen, zum Ende hin dann die der Legelinie LB, wobei der Anteil bei der Legelinie LSL geringgradig fiel,

der der Legelinie LB im Gegenzug dazu stieg. Einen sehr hohen Anteil an mittel- bis hochgradigen hyperkeratotischen Veränderungen an den Zehenballen zeigte zu Beginn die Legelinie LSL, dieser fiel aber im Verlauf der Legeperiode drastisch ab. Der der Legelinie LB fiel ebenso, jedoch in geringerem Maße. Betrachtet man das Auftreten von mittel- bis hochgradigen Hyperkeratosen insgesamt, so zeigten sich diese vermehrt bei der Legelinie LSL, im Gegensatz zu den Ergebnissen von Weitzenbürger et al. (2005), Lee (2012) oder Probst (2013). Nur Pickel et al. (2011) konnten bei ihren Untersuchungen ebenso feststellen, dass bei der Legelinie LB geringere Kräfte oder Druck auf die Fußsohlen einwirkte und somit weniger Hyperkeratosen auftraten. Im Gegensatz zu der Behauptung von Pickel et al. (2011), dass vor allem bei runden Sitzstangen erhöhter Druck auf die Füße ausgeübt wird, konnte hier keine Übereinstimmung bei dem Auftreten in den verschiedenen Anlagen gefunden werden. Mittel- bis hochgradige Veränderungen traten hier vor allem in den Anlagen A und B, als auch in der Anlage D auf, welche über runde, aber teils auch über rechteckige Sitzstangen verfügten. Die Verteilung der Anteile der verschiedenen Grade an Epithelläsionen war in Bezug auf die Legelinien ähnlich, nur der Anteil der Fußballen mit entzündlichen Veränderungen bei der Legelinie LSL war ähnlich wie bei Weitzenbürger et al. (2005) größer als der der Legelinie LB. Ebenso zeigten sich wie von Tauson und Abrahamsson (1994 und 1996) und Lay et al. (2011) beschrieben vermehrt schwere Epithelläsionen in der Voliere, welche über eine große Fläche mit teils feuchter Einstreu verfügte. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Elson und Croxall (2006), welche geringere Anteile an Pododermatitiden in ausgestalteten Käfigen sahen. In Bezug auf den zeitlichen Verlauf kam es wie bei Lee (2012) eher zu einer Abnahme der Epithelläsionen während der Legeperiode, was in Zusammenhang stehen könnte mit einem verbesserten Hygienemanagement.

Die Krallen zeigten wie bei van Emous (2003), welcher Krallenlängen von Weiß- und Braunlegern in Boden- und Volierenhaltung verglich, oder Weitzenbürger (2005), die Krallenlängen der Legelinien LSL und LB in

zwei ausgestalteten Käfigsystemen und einer Kleingruppe verglichen, eine Zunahme ihrer Länge während der Legeperiode. Ebenso wie bei diesen waren die Krallen der schwereren Legelinie, also die der Legelinie LB auch die kürzeren, was laut van Emous (2003) zum einen an dem schnelleren Längenwachstum, zum anderen an der mangelnden Abriebfähigkeit der Krallen bei der Legelinie LSL liegt. Die Anlage D schien in diesem Versuch und bei dieser Charge an Legehennen die beste Krallenabriebmöglichkeit zu haben, die Anlage C die am wenigsten effektivste.

Das Körpergewicht nahm entsprechend den Behauptungen bzw. Ergebnissen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004) und Weitzenbürger (2005) im Verlauf der Legeperiode zu, wobei die Braunleger schwerer waren als die Weißleger. Die in der 30. LW gemessenen Körpergewichte von mittleren 1,60 kg bei der Legelinie LSL und 1,92 kg bei der Legelinie LB lagen genau zwischen den Körpergewichten, die von der Lohmann Tierzucht GmbH (2010) für die 20. LW (LSL 1,40 kg; LB 1,70 kg) angegeben werden, und den von Tauson et al. (1999) in der 35. LW ermittelten (Käfig-, Volieren-, Bodenhaltung; LSL 1,68 kg, LB 1,93 kg). Die Zunahme des Körpergewichtes von erstem zu zweitem und zweitem zu drittem UZR erfolgte bei beiden Legelinien ähnlich, wobei der erste Zuwachs mit 0,065 kg höher war als der zweite mit mittleren 0,040 kg. Bei Tauson et al. (1999), der ebenso 20 LW später noch einmal Körpergewichte maß, jedoch aber erst in der 55. LW, war die Zunahme zumindest bei der Legelinie LSL mit 0,70 kg vergleichbar, die Körpergewichtszunahme bei der Legelinie LB betrug bei diesem aber nur mittlere 0,01 kg. Die in dieser Arbeit festgestellten geringeren Körpergewichtszunahmen im Laufe der Legeperiode können vermutlich mit der Verschlechterung der Gefiederqualität in Einklang gebracht werden. Durch eine schlechtere Befiederung wird nämlich mehr Energie für die Thermoregulation verbraucht, als dass diese in Körpermasse umgewandelt werden könnte (Weitzenbürger, 2005). Ebenso sei auch hier wieder die positive Korrelation zwischen Körpergewicht und Eigewicht zu sehen (Siegel, 1962). Zum einen zeigte die Legelinie LB auch die

schwereren Eier, zum anderen nahm das Eigewicht während der Legeperiode zwar kontinuierlich zu, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt in einem geringeren Maße. In Bezug auf die Anlagentypen zeigten Legehennen mit steigenden Bewegungsmöglichkeiten auch die niedrigeren Körpergewichte, wodurch die mittleren Körpergewichte in der Voliere mit 1,70 kg am niedrigsten waren. Dies war hier ebenso korreliert mit dem niedrigsten festgestellten Eigewichten in dieser Anlage.

5.6 Mortalität

Die Verlustrate bei der Legelinie LSL war mit 11,55 % (bzw. sogar 12,90 % bei Berücksichtigung der in Anlage B und D ausgestallten Käfigabteile) deutlich höher als die der Legelinie LB mit 4,22 % und übertraf die Angaben der Lohmann Tierzucht GmbH (2010) in Bezug auf deren mittlere Mortalitätsrate um fast 7,00 %. Die der Legelinie LB war wie bei Weitzenbürger (2005), welche ausgestaltete Käfige mit Kleingruppen verglich und bei der Legelinie LB eine Mortalitätsrate von 4,87 % feststellte, auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Gegensatz dazu aber konnte Weitzenbürger (2005) bei der Legelinie LSL eine niedrigere Mortalitätsrate von 4,52 % feststellen. Betrachtet man unterschiedliche vorangegangene Forschungsarbeiten kann man erkennen, dass die Mortalitätsraten der beiden Legelinien stark variieren können (Abrahamsson und Tauson, 1995, LSL 6,2-8,0 %, LB 35,8 %; Abrahamsson und Tauson, 1997, LSL 1,4-3,2 %; Tauson et al. , 1999, LSL 7,9 %, LB 18,5 %;). Daraus lässt sich wiederum folgern, dass diese von unterschiedlichen Faktoren beeinflussbar sind, was zum Beispiel die Aufzucht mit und ohne Einstreu, die Wahl der Legelinie hinsichtlich der Haltung in Gruppen oder aber auch, in Bezug auf Federpicken/Kannibalismus, das Beschäftigungsmaterial in den einzelnen Haltungssystemen sein kann (Weitzenbürger, 2005). Interessant war die Tatsache, dass es in Bezug auf die Mortalitäten in den verschiedenen Anlagen eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Telle (2011) gab, welche in ihre Untersuchungen nur die Legelinie LSL mit einbezog. Hier gab es ebenso in der Anlage D die höchste Mortalitätsrate, wobei hier knapp ein Viertel der zu Beginn eingestellten Tiere verendete.

Berücksichtigt man die Ausstattung der Käfige während der Legeperiode dann betrug die Mortalitätsrate in der Anlage D bei der Legelinie LSL sogar 38,1 %. Die Hauptursache der in dieser Anlage verendeten Tiere war Kannibalismus mit einem Anteil von 83,6 %, welcher noch höher war als der Anteil der bei Weitzenbürger (2005) festgestellt wurde. Deren durch Kannibalismus verstorbene Legehennen machten einen Anteil von 65,51 % aus. In der Anlage B bestand ebenso die Tendenz eines verstärkten Auftretens von Kannibalismus bei der Legelinie LSL in Zusammenhang stehend mit einer höheren Mortalitätsrate (16,57 %). Das Auftreten von Kannibalismus kann durch unterschiedlichste Faktoren beeinflussbar sein wie zum Beispiel durch die Besatzdichte pro Käfig, das Angebot an Nestern und Sitzstangen, die Anzahl an Fress- und Trinkplätzen oder die Abstammung der Legelinie (Keppler, 2008). Die erhöhte Kannibalismusrate in der Anlage D mag zum einen eine klare genetische Komponente gehabt haben, kann aber auch in Zusammenhang stehen damit, dass zum Beispiel nur ein Nest pro Abteil vorhanden war, welches im Vergleich zu den anderen hier untersuchten Käfigsystemen mit nur einem Nesteingang und somit einer fehlenden Fluchtmöglichkeit gegenüber anderen pickenden Hennen versehen war. Zusätzlich gab es in dieser Anlage nicht wie in allen anderen Anlagen ein Futterband, sondern einen Futterwagen. Dieser fuhr fünfmal täglich jeweils beidseits die gesamte Längsseite der Anlage entlang und gerade Tiere der Legelinie LSL konnten sich hieran nicht gewöhnen und waren stets einer Stresssituation ausgesetzt.

5.7 Pathologie

Bei der Beurteilung der Brustbeine in der Sektion fiel auf, dass es wie bei Probst (2013) insgesamt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Legelinien gab, tendenziell mehr gering- bis mittelgradige Verformungen vorzufinden waren, es jedoch ein wenig mehr hochgradige Verformungen bei der Legelinie LB gab. Im Gegensatz dazu konnten Weitzenbürger et al. (2006) feststellen, dass mehr mittel- bis hochgradige Brustbeindeformationen bei der Legelinie LSL auftraten, wobei diese jedoch ausgestaltete Käfige mit Kleingruppen verglichen. Der bei deren

Untersuchung festgestellte Zusammenhang, dass Legehennen mit einer höheren Knochenbruchfestigkeit auch weniger Brustbeindeformationen zeigten, konnte hier nicht nachgewiesen werden. In Bezug auf die Verteilung der unterschiedlichen Grade an Brustbeinverformungen auf die Anlagen stimmten die Ergebnisse weitestgehend mit denen von Scholz et al. (2009) oder Pickel et al. (2011) überein. Vor allem in der Anlage E, in der es runde Sitzstangen in unterschiedlichen Höhen gab, traten vermehrt hochgradige Verformungen auf (32,5 %). Hier war es vermutlich häufiger so, dass Legehennen im Flug ungeschickt auf den in unterschiedlicher Höhe angebrachten runden Sitzstangen (Scholz et al., 2009) oder alternativ auf den mit Metall eingefassten Kanten der beiden oberen Ebenen landeten. In der Anlage A zeigten nur geringgradig weniger Legehennen (29,2%) hochgradige Verformungen auf. Diese verfügte ebenso nur über runde Sitzstangen, welche auch noch in unterschiedlichen Höhen angebracht waren, was sich wiederum negativ auf die Brustbeine auswirkte (Scholz et al., 2009). Am wenigsten hochgradige Verformungen traten in der Anlage C auf, die nur über quadratische Sitzstangen verfügte und somit die maximale Kraft, die auf die jeweiligen Brustbeine wirkte, hier am niedrigsten war (Pickel et al., 2011). Die in dieser Untersuchung erhobenen Ergebnisse waren fast identisch mit denen von Telle (2011), welche ihre Untersuchungen in denselben Anlagen durchführte.

Die Ergebnisse der Knochenbruchfestigkeitsuntersuchungen an den Oberarmknochen (*Humeri*) und Unterschenkelknochen (*Tibiae*) stimmten in Bezug auf die Legelinien weitestgehend mit denen von Vits et al. (2005b) und Probst (2013) überein. Bei Vits et al. (2005b) waren, wie in beschriebener Doktorarbeit mit einer Knochenbruchfestigkeit von 138,02 N bei der Legelinie LSL und 164,02 N bei der Legelinie LB, die Knochenbruchfestigkeiten der *Humeri* der Legelinie LB deutlich größer als die der Legelinie LSL, bei Probst (2013) sogar die Knochenbruchfestigkeiten beider Knochen bei den Braunlegern im Vergleich zu den Weißlegern größer. Ein Grund für den deutlichen Unterschied der Bruchfestigkeiten der *Humeri* könnte bei der Legelinie

LSL ein vermehrter Umbau des strukturellen Knochenanteils in einen medullären sein und somit einer vermehrten Bereitstellung von Calcium für die Eischale (Webster, 2004; Sandilands et al., 2009), was wiederum auch mit der in diesem Versuch höheren Legeleistung bei der Legelinie LSL in Verbindung gebracht werden kann. Im Gegensatz dazu behauptet Whitehead (2004) jedoch, dass es keinen wissenschaftlichen Beweis für die Behauptung gäbe, Legeleistung und Knochenbruchfestigkeit wären korreliert. Die höhere Knochenbruchfestigkeit bei der Legelinie LB kann aber auch klar eine genetische Komponente als Ursache haben (Bishop et al., 2000). Betrachtet man die Knochenbruchfestigkeiten in den unterschiedlichen Anlagen, so lässt sich die Tatsache, dass in der Anlage D bei beiden Knochen die Bruchfestigkeit am höchsten war, damit in Verbindung bringen, dass die Legehennen dort einen höheren Bewegungsdrang zeigten (Leyendecker et al., 2002 und 2005; Sandilands et al., 2009), was wiederum aber auch damit in Verbindung stehen könnte, dass in der Anlage D vermehrt kannibalistisches Verhalten auftrat und die Tiere somit vermehrt voreinander flüchten mussten. Entsprechend den Ergebnissen von Leyendecker et al. (2002 und 2005), Weigl (2007), Scholz et al. (2009) oder Sandilands et al. (2009) waren die Knochenbruchfestigkeiten beider Knochen in der Anlage E, dass heißt einer Anlage mit vielen Bewegungsmöglichkeiten am zweithöchsten. Die Zufütterung von Muschelgrit, welche nur in München durchgeführt wurde, hatte hier, im Gegensatz zu den Behauptungen von Guinotte und Nys (1991) oder Fleming et al. (2006), keine Auswirkungen auf die mittleren Knochenbruchfestigkeiten in den unterschiedlichen Anlagen. Ebenso wenig die unterschiedlichen Besatzdichten. Die Knochenmaße der *Humeri* bei der Legelinie LB waren wie bei Lee (2012) und Probst (2013) mit 78,80 mm (Länge) bzw. 7,82 mm (Breite) höher als die der Legelinie LSL mit 75,91 mm (Länge) bzw. 6,88 mm (Breite) und entsprachen in ihren Mittelwerten weitestgehend auch den Angaben von Probst (2013), welche mit Legehennen derselben Charge aus derselben Aufzuchtstation arbeitete (L/B LSL 75,9/6,9 mm, LB 78,4/ 7,9 mm). Die Maße der *Tibiae* beider Legelinien unterschieden sich im Gegensatz zu den Ergebnissen von Lee (2012) oder Probst (2013) sowohl in Länge, Breite und Höhe

signifikant voneinander. Bei Probst (2013) waren nur die Breite und die Höhe der Legelinie im Durchschnitt bei der Legelinie LB größer als bei der Legelinie LSL. Da das Knochenwachstum bei Einstellung der Tiere und somit kurz vor Beginn der sexuellen Reife vermutlich schon weitestgehend abgeschlossen war (Whitehead, 2004) und alle Tiere aus demselben Aufzuchtstall stammten, gab es bei den Knochenmaßen zwischen den unterschiedlichen Anlagen keine signifikanten Unterschiede.

Die Milzgewichte sowohl der beiden Legelinien, als auch der Anlagentypen unterschieden sich wie bei Lee (2012) oder Probst (2013) mit 1,87 g (LSL) bzw. 1,96 g (LB) nicht signifikant voneinander, was laut John (1994) dafür spricht, dass in keiner der Anlagen oder bei keiner der beiden Legelinien ein Infektionsgeschehen im Gange war. Wäre dies der Fall gewesen, hätte man vermutlich eine Zunahme des mittleren Milzgewichtes erkennen können. Nur in vereinzelten Fällen erreichten die Milzgewichte Werte von 6,0 (LSL) bis 8,0 g (LB), weswegen bei diesen Tieren unter anderem von einer zu diesem Zeitpunkt erhöhten Aktivität des vogelspezifischen Immunsystems ausgegangen werden kann (John, 1994).

Die Lebergewichte waren ähnlich den Ergebnissen von Probst (2013) bei der Legelinie LSL mit 36,76 g höher als bei der Legelinie LB mit 35,35 g, was im Grunde für eine vermehrte stoffwechselbedingte Zunahme des Lebergewichtes durch Verfettung bei der Legelinie LSL sprechen kann, möglicherweise hervorgerufen durch die Züchtung dieser Rasse auf eine höhere Legeleistung (Jeager, 2011). In Bezug auf die Beurteilung der Leber hinsichtlich ihres Verfettungsgrades hatte ein Großteil der Legehennen beider Legelinien eine mittelgradige Leberverfettung, entsprechend den Ergebnissen von Baumgart (2005), Weigl (2007), Lee (2012) oder Probst (2013). Im Gegensatz zur Behauptung Weitzenbürgers (2005) konnte hier nicht festgestellt werden, dass schwerere Legehennen eine höhere Tendenz zur Ausbildung einer Fettleber aufwiesen. Auf Anlagenebene gesehen trat nur in der Anlage E und in der Anlage B bei je einem Fall keine Leberverfettung auf, wohingegen dafür nur in der Anlage D hochgradige Leberverfettungen vorzufinden waren. Auch in der Anlage

E, der Anlage mit den vermeintlich größten Bewegungsmöglichkeiten, traten gehäuft gering- bis mittelgradige Leberverfettungen auf, woraus man folgern kann, dass hier sowohl in den Kleingruppen als auch in der Voliere die Bewegungsmöglichkeiten der untersuchten Anlagentypen noch nicht ausreichten, um die Ausbildung einer Fettleber zu verhindern (Weitzenbürger, 2005).

Das Körpergewicht bei Schlachtung war auch wie bei bereits oben beschriebener Bonitur entsprechend den Ergebnissen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2004) und Weitzenbürger (2005) bei der Legelinie LB mit 2,05 kg größer als bei der Legelinie LSL mit 1,72 g und entsprach dem von der Lohmann Tierzucht GmbH (2010) angegebenen Ausstellungsgewicht von 1,7-1,9 kg bei der Legelinie LSL und 1,9-2,1 kg bei der Legelinie LB.

5.8 Schlussfolgerungen

Die Legeleistungen beider Legelinien erreichten in den Kleingruppen ein vergleichbar hohes Niveau und auch die deutlich niedrigere Legeleistung in der Voliere kann mit den Ergebnissen anderer Arbeiten in Einklang gebracht werden. Die Anteile an Schmutzeiern waren vor allem in der Voliere hoch, konnten aber bei den Kleingruppen auf einem relativ niedrigen Niveau gehalten werden. Als problematisch aus kommerzieller Sicht war in diesem Versuch das vermehrte Auftreten von Schmutzeiern im Verlauf der Legeperiode, wobei die Anteile an Knick-, Bruch- und Windeiern jedoch sehr gering waren. In Bezug auf die Eiablage zeigte sich, dass die Legelinie LB eine niedrigere Affinität zeigte ein Nest aufzusuchen. Ähnlich wie in vorangegangenen Arbeiten gab es in der Voliere die größte Zahl an verlegten Eiern, jedoch konnte man auch deutliche Unterschiede in den Kleingruppen erkennen, was darauf schließen lässt, dass eine hohe Nestqualität auch hier essentiell ist. Die Eiquantitätsparameter waren denen vorangegangener Untersuchungen sehr ähnlich. Auffällig war hier vor allem ein eher untypisches niedriges Eigewicht in der Voliere in Kombination mit einem wiederholt auftretenden hohen Eigewicht in einer Kleingruppe. Der im Vergleich zu anderen Arbeiten eher hohe Abfall der Eischalenbruchfestigkeit lässt nur vermuten, dass eventuell eine optimale Calciumversorgung zumindest in Bezug auf die Bildung der Eischale nicht gewährleistet war. Diese hätte, wie man bereits bei anderen Untersuchungen feststellen konnte, auch einer Abnahme der Eischalendicke entgegenwirken können. Die Haltung an sich hatte keinen Einfluss auf die Eiklarhöhen, ebenso wie sie keinen Einfluss hatte auf das Auftreten von Fleisch- und Blutflecken. Erstgenannte waren jedoch bei der Legelinie LSL höher, letztere traten fast nur bei der Legelinie LB auf. Darauf lässt sich wiederum schließen, dass die Ausprägung der Eiklarhöhe und der Blut- und Fleischflecken einer starken genetischen Komponente unterzogen ist. Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen lassen zum einen eine genetische Beeinflussung vermuten, zum anderen aber auch die Möglichkeit, dass diese auch durch die Haltungseinrichtung bzw. das Haltungsmanagement beeinflussbar

sind (Hämatokrit). Die Gefiederqualität der Legelinie LSL war hier deutlich schlechter, was vermutlich mit einer höheren Bewegungsaktivität und aber auch einem höheren Potential des Federpickens gegenüber Artgenossen in Zusammenhang stand. Das Auftreten von Brustbeindeformationen wurde vor allem von den unterschiedlichen Sitzstangenformen der Anlagen beeinflusst. Der höhere Anteil an Verletzungen trat bei der Legelinie LSL auf und war aber zudem in den unterschiedlichen Anlagen verschieden, was wiederum mit der Käfigeinrichtung oder aber mit dem Auftreten von Federpicken und Kannibalismus in Zusammenhang stehen könnte. Die Veränderungen an den Zehen/ Fussballen wurden vor allem beeinflusst von den unterschiedlichen Haltungseinrichtungen bzw. dem vorliegendem Hygienemanagement. Die initialen Gewichtszunahmen waren in allen Haltungen gut, wurden aber vermutlich aufgrund der im Laufe der Zeit abnehmenden Befiederung etwas schlechter. Prägnant war in diesem Versuchsdurchgang die hohe Mortalitätsrate bei der Legelinie LSL in einer Anlage, die auf ein erhöhtes Aufkommen von Kannibalismus zurückzuführen war. Da das Auftreten von Kannibalismus multifaktoriell ist, lassen sich wenig Rückschlüsse auf die Qualität der Anlage ziehen. Bei der Erfassung der Parameter der postmortalen Untersuchungen war wiederum ersichtlich, dass die genetische Abstammung auch hier von großer Bedeutung ist, wobei auch die Haltungseinrichtung an sich darauf Einfluss haben kann.

Die aus diesem Versuch gewonnen Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass es viele Komponenten gibt, die die Gesundheit bzw. die Leistung von Legehennen in Kleingruppen beeinflussen können. Viele dieser stehen vor allem in Zusammenhang mit dem jeweiligen Käfigdesign, wobei hier nicht nur die Käfiganordnung in den unterschiedlichen Anlagen zu nennen ist, sondern auch das jeweilige Käfiginterieur. Besondere Beachtung sollte hier dem Nестdesign geschenkt werden. Es sollten nicht nur mehrere davon pro Käfig vorhanden sein, sondern diese sollten auch von allen Seiten frei zugänglich sein. Ebenso sollte aus tiergesundheitlicher Sicht auf die jeweilige Form und Anordnung der Sitzstangen geachtet werden. Wichtig, wie in jeder anderen Haltungsform auch, sind aber zudem die

umgebenden Managementfaktoren, sei es das Lichtprogramm, die Versorgung mit Futter oder die Betreuung durch den Menschen.

Letztendlich lassen die in diesem Versuch erhobenen Parameter zu Leistung und Tiergesundheit keine Nachteile der Kleingruppe gegenüber der Voliere erkennen. Es sollte aber berücksichtigt werden, dass in der Kleingruppe das artspezifische Verhalten der Legehennen nur teilweise oder gar nicht ausgeübt werden kann und hier somit der wohl größte Nachteil im Vergleich zu den alternativen Haltungssystemen zu sehen ist.

6 Zusammenfassung

Optimierung der Kleingruppenhaltung von Legehennen: Tiergesundheit und Leistung von Lohmann Selected Leghorn (LSL) und Lohmann Brown Classic (LB) Legehennen

In einem einjährigen Versuch (Oktober 2010 bis Oktober 2011) wurden Legehennen der Legelinie Lohmann Brown Classic (LB, n = 1351) und der Legelinie Lohmann Selected Leghorn Classic (LSL, n = 1351) jeweils von der 18. bis zur 69./70. Lebenswoche (LW) in fünf verschiedenen Anlagentypen gehalten, wobei es sich bei vier davon um Kleingruppen (Anlage A - D), bei der fünften um eine Volierenhaltung (Anlage E) handelte. Die Anlagen A - D verfügten jeweils über eine unterschiedliche Zahl und Form an Nestern, Sitzstangen und Staubbadematten. In der Anlage E befanden sich Nester und Sitzstangen auf zwei Ebenen, ein Boden mit Einstreu bildete die dritte Ebene. In allen Anlagen wurde dasselbe kommerzielle Legehennenalleinmehl verfüttert, die Legehennen in den Anlagen C - E wurden ab der 30. LW zweimal pro Woche mit einer zusätzlichen Calciumquelle (Muschelgrit) versorgt. Die tägliche Lichtdauer betrug 14 Stunden.

Zu den täglichen Maßnahmen gehörte die Erfassung der Legeleistung und die Einteilung der Eier in Schmutz-, Knick-, Bruch- und Windeier sowie ins ‚Nest gelegt‘ oder ‚verlegt‘ und die Erfassung der Legehennenverluste. In einem Intervall von zwei Wochen wurden in den Anlagen C bis E zwischen der 25. und 69. LW alle Eigewichte erfasst und diese in die jeweiligen Gewichtsklassen eingeteilt. In der 34., 50. und 69. LW führte man an Eiern aus den Anlagen C - E (Tagesgelege) Eequalitätsuntersuchungen (Erfassung Eigewicht, Eimaße, Eischalendicke Eischalenbruchfestigkeit und Eiklarhöhe) durch. Zusätzlich wurde in drei anderen Untersuchungszeiträumen (30./ 49./ 69.LW) von einem Teil der Hennen (n = 300) Blut gewonnen und anschließend untersucht (Erfassung Hämatokrit, Hämoglobinkonzentration, Calcium- und Phosphorkonzentration und Immunglobulin Y). Ebenso beurteilte man in demselben Zeitraum bei insgesamt 834 Legehennen das Exterieur nach

dem Scoringsystem von LayWel (2006) (Erfassung Gefiederqualität, Brustbeinstatus, Hautverletzungen, Hyperkeratose/ Epithelläsionen Zehen/Füße und Körpergewicht). In denselben Untersuchungszeiträumen fanden wiederum auch Eiqualitätsuntersuchungen (Erfassung Eigewicht, Eimaße, Eischalendicke Eischalenbruchfestigkeit und Immunglobulin Y) statt. In der 69. LW wurden zehn Prozent der Tiere ($n = 106$) geschlachtet und postmortale Untersuchungen durchgeführt (Erfassung Milzgewicht, Lebergewicht, Leberverfettungsgrad, Brustbeinstatus, Knochenmaße und Knochenbruchfestigkeit *Tibia* und *Humerus*). Anschließend fand eine Auswertung in Bezug auf die Unterschiede zwischen den beiden Legelinien und den Anlagen statt.

Die Legeleistung der Legelinie LSL war mit 87,07 % signifikant höher als die der Legelinie LB mit 85,85 % ($p < 0,001$). Zwischen den Anlagen konnte mit einer Signifikanz von $p = 0,001$ ebenso ein deutlicher Unterschied festgestellt werden.

In Bezug auf die Eiklassifizierung in den Anlagen C - E hatte die Legelinie LSL im Vergleich zur Legelinie LB einen mit $p < 0,001$ signifikant höheren Anteil an Schmutzeiern und an Eiern, die ins Nest gelegt wurden. Der Unterschied zwischen den Anlagen erwies sich ebenso als signifikant ($p < 0,001$). Die Anteile an Knick-, Bruch-, Wind- und verlegten Eiern waren hingegen bei der Legelinie LB mit $p < 0,001$ signifikant höher als die der Legelinie LSL. Die Anteile der verschiedenen Anlagen unterschieden sich hier deutlich voneinander (Knickeier $p = 0,005$, Bruch-Wind- und verlegte Eier $p < 0,001$). In den Anlagen A und B, in denen nur eine Unterscheidung in Schmutz- und Knickeier stattfand, gab es im Vergleich der Anteile an Schmutzeiern der beiden Legelinien keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,596$), auf Anlagenebene gesehen hatte die Anlage B mit 2,94 % einen signifikant höheren im Vergleich zur Anlage A mit 1,69 % ($p < 0,001$). Die Knickeieranteile bei der Legelinie LSL waren hier mit 12,26 % signifikant höher als die der Legelinie LB mit 8,87 % ($p < 0,001$), ebenso unterschieden sich die Anteile signifikant ($p < 0,001$) in den beiden Anlagen (A 15,87 %; B 6,23 %).

Bei der Erfassung der Eigewichte alle zwei Wochen (Anlage C - E) konnte bei der Legelinie LB (63,34 g) ein mit $p < 0,001$ signifikant höheres Eigewicht im Vergleich zur Legelinie LSL (62,40 g) festgestellt werden, die Unterschiede zwischen den Anlagen waren hier mit $p < 0,001$ ebenso signifikant. Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Eigewichte der beiden Legelinien in den drei Untersuchungszeiträumen (Anlage A - E) nicht signifikant voneinander ($p = 0,115$), die Eigewichte zwischen den Anlagen hier jedoch schon ($p = 0,006$). Die Eilängen und die Eibreiten der Legelinien unterschieden sich jeweils mit $p = 0,001$ signifikant, wohingegen es bei der Eilänge keinen signifikanten Unterschied zwischen den Anlagen gab ($p = 0,217$), bei der Eibreite jedoch schon ($p = 0,009$). Bei der Eischalenbruchfestigkeit gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Legelinien ($p = 0,560$), zwischen den Anlagen bestand ein signifikanter Unterschied ($p = 0,027$). Die Legelinie LSL zeigte mit 0,399 mm eine signifikant ($p = 0,009$) niedrigere Eischalendicke im Vergleich zur Legelinie LB mit 0,405 mm, die Unterschiede zwischen den Anlagen erwiesen sich als ebenso signifikant ($p < 0,001$). Ähnlich verhielt es sich mit den jeweiligen Immunglobulinkonzentrationen im Eidotter. Sowohl Fleisch- als auch Blutflecken zeigten sich signifikant häufiger bei der Legelinie LB ($p < 0,001$), nur bei den Fleischflecken gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den Anlagen ($p < 0,001$).

Die Eigewichte der Tagesgelege unterschieden sich sowohl zwischen den Legelinien, als auch den Anlagen nicht signifikant, ebenso wie sich die Eischalenbruchfestigkeiten dieser mit $p = 0,621$ zumindest in Bezug auf die Legelinien nicht signifikant voneinander unterschieden. Die Eischalenbruchfestigkeiten der Anlagen zeigten mit einer Signifikanz von $p = 0,035$ jedoch Unterschiede. Im Vergleich zu den Eischalendicken der drei Untersuchungszeiträume waren hier die der Legelinie LB größer als die der Legelinie LSL ($p < 0,001$) und unterschieden sich ebenso in Bezug auf die Anlagen ($p = 0,001$). Die Eiklarhöhen sowie die Haugh- Units waren bei der Legelinie LSL höher ($p < 0,001$), diese unterschieden sich jedoch in Bezug auf die Anlagen nicht signifikant ($p = 0,198$). Auch hier gab es signifikant häufiger Blut- und Fleischflecken bei der Legelinie LB

($p < 0,001$), zwischen den Anlagen gab es hier jedoch keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,376$).

Sowohl der Hämatokrit als auch die Hämoglobinkonzentration war bei der Legelinie LSL signifikant höher als bei der Legelinie LB ($p < 0,001$), die Unterschiede beider Parameter waren zwischen den Anlagentypen signifikant ($p < 0,001$). Gegensätzlich verhielt es sich mit den Immunglobulinkonzentrationen (IgY) im Blut. Hier zeigte die Legelinie LB mit 13,28 mg/ml einen signifikant höheren Wert als die Legelinie LSL mit 12,06 mg/ml ($p = 0,001$). Ebenso unterschieden sich die Immunglobulinkonzentrationen zwischen den Anlagentypen signifikant ($p < 0,001$). Die Calciumkonzentrationen der Legelinie LSL waren mit 7,39 mmol/l signifikant höher als die der Legelinie LB mit 6,53 mmol/l ($p < 0,001$), wobei sich diese nicht signifikant zwischen den Anlagen unterschieden ($p = 0,074$). Im Gegensatz hierzu gab es bei der Phosphorkonzentration keinen signifikanten Unterschied zwischen den Legelinien ($p = 0,160$), jedoch aber zwischen den Anlagen ($p < 0,001$).

In Bezug auf die Exterieurbeurteilung zeigte die Legelinie LSL signifikant mehr Verletzungen am Kamm und einen signifikant schlechtere Gefiederqualität als die Legelinie LB ($p < 0,001$), ebenso erwiesen sich hier die unterschiedlichen Ausprägungen in den verschiedenen Anlagen als signifikant ($p = 0,001$). Die jeweiligen Brustbeinveränderungen der Legelinien unterschieden sich signifikant voneinander ($p = 0,006$), wobei die Legelinie LSL mehr geringgradige Veränderungen zeigte, die Legelinie LB mehr mittel- bis hochgradige. Ebenso gab es signifikante Unterschiede auf Anlagenebene betrachtet ($p < 0,001$). Die Legelinie LSL zeigte signifikant mehr Verletzungen als die Legelinie LB ($p < 0,001$) mit unterschiedlichen Ausprägungen zwischen den Anlagen ($p < 0,001$). Außerdem zeigte die Legelinie LSL mehr mittel- bis hochgradige Hyperkeratosen ($p = 0,023$) und schwerwiegendere Epithelläsionen ($p < 0,001$) an den Fußballen, mit ebenso signifikanten Unterschieden zwischen den Anlagen ($p < 0,001$). In Bezug auf die Veränderungen an den Zehenballen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Legelinien, jedoch aber zwischen den Anlagentypen ($p < 0,001$). Sowohl

die Krallenlängen (LSL 2,5 cm; LB 2,17 cm), als auch die Körpergewichte (LSL 1,65 kg; LB 1,98 kg) unterschieden in Bezug auf Legelinie und die Anlagenebene signifikant voneinander ($p < 0,001$).

Die Mortalität der Legelinie LSL war mit 11,55 % signifikant höher als die der Legelinie LB mit 4,22 % ($p < 0,001$) und unterschied sich auch in den verschiedenen Anlagen signifikant ($p < 0,001$).

Bei den postmortalen Untersuchungen zeigte die Legelinie LB mit einer Humerusknochenbruchfestigkeit von 163,93 N einen signifikant höheren Wert als die Legelinie LSL mit 137,90 N ($p < 0,001$). Die Humerusknochenbruchfestigkeiten der Anlagen unterschieden sich jedoch nicht signifikant voneinander ($p = 0,067$). Die Tibiabruchofestigkeiten zeigten mit 124,29 N (LSL) und 121,90 N (LB) keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,677$), hier gab es jedoch signifikante Unterschiede zwischen den Anlagen. Die Lebergewichte waren bei der Legelinie LSL mit 36,75 g signifikant höher als die der Legelinie LB mit 35,37 g ($p = 0,05$), zusätzlich unterschieden sich diese auch zwischen den Anlagen ($p = 0,009$). Das Schlachtgewicht unterschied sich signifikant zwischen den Legelinien (LSL 1,72 kg/LB 2,04 kg; $p < 0,001$), nicht aber zwischen den Anlagen ($p = 0,248$).

Im Allgemeinen konnte festgestellt werden, dass es zwar zwischen den beiden Legelinien in Bezug auf die erhobenen Parameter Unterschiede gibt, jede aber auch für sich Vor- und Nachteile mit sich bringt in den jeweiligen unterschiedlichen Haltungen. Ebenso waren die erhobenen Gesundheitsparameter in den Kleingruppen teils vergleichbar mit denen in der Volierenhaltung, wobei jedoch immer berücksichtigt werden muss, dass den Legehennen weitestgehend die Möglichkeit gegeben werden muss, ihre artspezifischen, natürlichen Verhaltensweisen auszuüben.

7 Summary

The improvement of small group housing systems for laying hens: Health and performance of Lohmann Selected Leghorn (LSL) and Lohmann Brown Classic (LB) laying hens

In a one-year trial (October 2010-October 2011) hens from the two different layer strains Lohmann Brown Classic (LB, n = 1351) and Lohmann Selected Leghorn Classic (LSL, n = 1351) were kept in five different housing systems (HS) from their 18th to their 69th/ 70th week of life (WL). Four of the HS were small group housing systems (HS A to D), the fifth one was an aviary system (HS E). Each of the HS A to D had a different number and shape of nests, perches and dust baths. In HS E nests and perches were evenly distributed on two tiers, the floor with litter represented the third tier. In all systems the same commercial laying hen diet was fed, the laying hens in HS C to E were additionally supplied with a source of calcium (oystershell grit) twice a week from their 30th WL till the end of the project. The hens were given light for fourteen hours a day.

The daily activities included the recording of egg production and the classification of eggs in dirty, cracked, broken and shell - less eggs as well as eggs laid in the nest or 'misplaced' eggs. Furthermore the daily loss of hens was recorded.

Every two weeks, from the 25th to the 69th WL, all eggs were weighed in HS C to E and then grouped into the respective weight category. In the 34th, 50th and 69th WL egg quality was examined in HS C to E (recording egg weight, egg size, eggshell thickness, eggshell breaking strength and egg albumen height). In three other examination periods (30th/ 49th/ 69th WL) blood was obtained from part of the hens (n = 300) and then examined (recording hematocrit, hemoglobin concentration, calcium and phosphorus concentration and immunoglobulin Y). In the same periods of time the exterior of overall 834 laying hens was assessed using the scoring system of LayWel (2006) (recording feather quality, keel bone status, skin lesions, hyperkeratosis/ epithelial lesions toes/ feet and body weight). In addition, egg quality examinations took place in the same

periods of time (recording egg weight, egg size, eggshell thickness, eggshell breaking strength and immunoglobulin Y). In the 69th WL ten percent of the laying hens were slaughtered (n = 106) and post-mortem examinations were carried out (recording spleen weight, liver weight, liver fatty degeneration score, keel bone status, bone size and bone breaking strength of tibia and humerus). Subsequently, the results were analysed regarding the differences between the two strains and the housing systems.

The egg production of the LSL hens with 87.07 % was significantly higher than that of the LB hens with 85.85 % ($p < 0.001$). A significant difference between the HS could also be detected ($p = 0.001$).

Regarding egg classification in HS C to E the LSL hens had, in comparison to the LB hens, a significantly higher proportion of dirty eggs and eggs laid in the nest ($p < 0.001$). The difference between the HS was also proved significant ($p < 0.001$). The proportions of cracked, broken, shell-less eggs and misplaced eggs from the LB hens, however, were significantly higher than that from the LSL hens ($p < 0.001$). The proportions in the HS also differed significantly from each other (cracked eggs $p = 0.005$; broken, shell-less eggs and misplaced eggs $p < 0.001$). In HS A and B, where only dirty and cracked eggs were recorded, there were no significant differences seen ($p = 0.596$) between the proportions of dirty eggs of the two layer strains, whereas the proportions of dirty eggs in HS B (2.94 %) were significantly higher than in HS A (1.69 %, $p < 0.001$). The proportions of cracked eggs from the LSL hens (12.26 %) were significantly higher than that from the LB hens (8.87%, $p < 0.001$). In addition, referring to the proportions of cracked eggs in the two housing systems, the differences between them was significant (HS A 15.87 %, HS B 6.23 %; $p < 0.001$). Recording the egg weight every two weeks (HS C to E) the LB hens (63.34 g) had a significant higher egg weight in comparison to the LSL hens (62.40 g; $p < 0.001$), the differences between the HS were also significant ($p < 0.001$). By contrast, there were no significant differences seen between the egg weights of the two layer strains recorded in the three examination periods (HS A to E; $p = 0.115$),

but between the HS instead ($p = 0.006$). The egg lengths and widths of the two layer strains differed significantly from each other ($p = 0.001$), whereas there was no significant difference between the HS referring to the egg length ($p = 0.217$). Referring to the egg width, however, the difference between the HS was significant ($p = 0.009$).

Eggshell breaking strengths were not significantly different between the two layer strains ($p = 0.560$), but there was a significant difference between the HS ($p = 0.027$). The LSL hens showed a significantly lower eggshell thickness in comparison to the LB hens (LSL 0.399 mm, LB 0.405 mm; $p = 0.009$), the differences between the HS proved equally significant ($p < 0.001$). It was the same with the immunoglobulin concentrations in the egg yolk. Both meat and blood spots were significantly more frequent in LB hens ($p < 0.001$), and there was only a significant difference between the HS ($p < 0.001$) referring to the meat spots.

The egg weights measured in the 34th, 50th and 69th WL in HS C to E were not significantly different between the two layer strains as well as the HS. Equally there wasn't a significant difference of eggshell breaking strengths between the layer strains ($p = 0.621$). However the eggshell breaking strengths of the various HS differed significantly from each other ($p = 0.035$). In comparison to the eggshell thickness recorded in the three examination periods, the LB hens showed a significant higher eggshell thickness than the LSL hens ($p < 0.001$) and a significant difference could also be seen referring to the HS ($p = 0.001$). Albumen heights and Haugh-Units of the LSL hens were higher ($p < 0.001$), but the differences between the HS were not significant ($p = 0.198$). Again, LB hens showed significantly more blood and meat spots ($p < 0.001$), but there could no significant differences be seen between the HS ($p = 0.376$).

The hematocrit and the hemoglobin concentrations were both significantly higher in the LSL hens than in the LB hens ($p < 0.001$) and, referring to HS, the differences of both parameters were significant ($p < 0.001$). Regarding the blood immunoglobulin concentrations (IgY) the situation

was completely different. Here the LB hens showed a significantly higher concentration with 13.28 mg/ml than the LSL hens with a concentration of 12.06 mg/ml ($p = 0.001$). Similarly, the immunoglobulin concentrations between HS differed significantly ($p < 0.001$). The calcium concentrations of the LSL hens (7.39 mmol/l) were significantly higher than that of the LB hens (6.53 mmol/l; $p < 0.001$), whereas those were not significantly different between the HS ($p = 0.074$). In contrast, the phosphorus concentration wasn't significantly different between the two layer strains ($p = 0.160$), but between the HS ($p < 0.001$).

In terms of exterior assessment, the LSL hens showed significantly more injuries on their comb and a significantly lower plumage condition than the LB hens ($p < 0.001$), as well as there could be seen significant differences in the various HS ($p = 0.001$). The keel bone status changes in the layer strains were significantly different from each other ($p = 0.006$), the LSL hens showed more slight changes, the LB hens more moderate to severe. Similarly, there were significant differences in the HS ($p < 0.001$). The LSL hens showed significantly more injuries than the LB hens ($p < 0.001$) with significant differences between the systems ($p < 0.001$). Furthermore, the LSL hens showed more moderate to severe hyperkeratosis ($p = 0.023$) and severe epithelial lesions ($p < 0.001$) on the ball of the foot, with equally significant differences between the systems ($p < 0.001$). In terms of changes to the toe pads, there were no significant differences between the two layer strains, but between HS ($p < 0.001$). Both claw lengths (LSL 2.5 cm; LB 2.17 cm), and body weights (LSL 1.65 kg, 1.98 kg LB) were significantly different between layer strains and HS ($p < 0.001$).

Mortality of the LSL hens was significantly higher than that of the LB hens (LSL 11,55 %, LB 4,22 %; $p < 0,001$) and differed significantly in the various HS ($p < 0.001$).

In the post-mortem examinations, the LB hens showed a significant higher humerus bone breaking strength (163.93 N) than the LSL hens (137.90 N; $p < 0,001$, whereas the humerus bone breaking strength of the HS did not differ significantly from each other ($p = 0,067$). The tibia bone breaking

strength showed no significant differences between the two layer strains (LSL 124.29 N, LB 121.90 N; $p = 0.677$), however, there were significant differences between the various HS. The liver weights of the LSL hens were significantly higher than that of the LB hens (LSL 36.75 g, LB 35.37 g ($p = 0.05$), in addition, they also differed between the systems ($p = 0.009$). The carcass weight differed significantly between the layer lines (LSL 1.72 kg/ LB 2.04 kg; $p < 0.001$), but not between the systems ($p = 0.248$).

In general, regarding the collected data, it was shown that there are indeed differences between the two layer strains, but each of them has its pros and cons in the respective housing system. In addition, the health parameters collected in the small group housing systems were partly similar to those in aviaries, but it has always to be kept in mind that laying hens must be given the opportunity to exercise their species-specific, natural behavior.

8 Eidesstattliche Versicherung/Declaration on oath

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

I hereby declare on oath, that I have written the present dissertation on my own and have not used other than the acknowledged resources and aids.

München, den _____ Unterschrift/Signature _____

(Sandra Mayr)

9 Literaturverzeichnis

- ABRAHAMSSON, P und TAUSON, R 1995. Aviary systems and conventional cages for laying hens- effects on production, egg quality, health and bird location on 3 hybrids. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 45, S. 191-203
- ABRAHAMSSON, P, TAUSON, R und APPLEBY, MC 1996. Behaviour, health and integument of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages. *British Poultry Science*, 37, S. 521-540
- ABRAHAMSSON, P und TAUSON, R 1997. Effects of group size on performance, health and birds' use of facilities in furnished cages for laying hens. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 47, S. 254-260
- ABRAHAMSSON, P, FOSSUM, O und TAUSON, R 1998. Health of laying hens in an aviary system over five batches of birds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 39, S. 367-379
- ABRAHAMSSON, P und TAUSON, R 1998. Performance and egg quality of laying hens in an aviary system. *Journal of Applied Poultry Research*, 7, S. 225-232
- APPLEBY MC, SMITH SF und HUGHES BO 1993. Nesting, dust bathing and perching by laying hens in cages: effects of design on behaviour and welfare. *British Poultry Science*, 34, S. 835-847
- APPLEBY, MC, WALKER, AW, NICOL, CJ, LINDBERG, AC, FREIRE, R, HUGHES, BO und ELSON, HA 2002. Development of furnished cages for laying hens. *British Poultry Science*, 43, S. 489-500
- ARBONA, DV, ANDERSON, KE und HOFFMAN, JB 2011. A comparison of humoral immune function in response to a killed Newcastle's vaccine challenge in caged vs. free-range hy-line brown layers. *International Journal of Poultry Science*, 10, S. 315-319
- BAUMGART, B 2005 Tiergesundheit, Verhalten und Leistung unter besonderer Berücksichtigung der Besatzdichte bei Legehennen in Volierenhaltung. Diss.med.vet. LMU München
- BAZER, D 2005 Einfluss einer Auslaufstrukturierung auf das Verhalten, den Gesundheitszustand und die Leistung von Legehennen in Freilandhaltung. Diss.med.vet. LMU München
- BEARSE, GE, MCCLARY, CF und SAXENA, HC 1960. Blood spot incidence in chicken eggs and vitamin A level of the diet. *Poultry Science*, 39, S. 860-865

-
- BESSEI, W 2012. DLG- Merkblatt 380- Das Tier im Blick– Legehennen; Hilfen zur systematischen Erfassung von Verhalten und Erscheinungsmerkmalen bei Legehennen im Legehennenstall DLG e.V. Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft, Fachausschuss für Tiergerechtheit, S 1-22
- BHATTI, BM, TALAT, T und SARDAR, R 2002. Estimation of serum alkaline phosphatase, cholesterol, calcium and phosphorus during pre-laying and laying conditions in different strains of chickens. *Pakistan Veterinary Journal*, 22, S. 94-96
- BISHOP, SC, FLEMING, RH, MCCORMACK, HA, FLOCK, DK und WHITEHEAD, CC 2000. Inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens. *British Poultry Science*, 41, S. 33-40
- BÖLÜKBASI, SC, CELEBI, S und UTLU, N 2005. The effects of calcium and vitamin D in diet on plasma calcium and phosphorus, eggshell calcium and phosphorus levels of laying hens in late laying production period. *International Journal of Poultry Science*, 4, S. 600-608
- BOLLEN, LS und HAU, J 1997. Immunoglobulin G in the developing oocytes of the domestic hen and immunospecific antibody response in serum and corresponding egg yolk. *In Vivo*, 11, S. 395-398
- BOLLEN, LS und HAU, J 1999. Comparison of immunospecific antibody response in young and old chickens immunized with human IgG. *Laboratory Animals*, 33, S. 71-76
- CAMPO, JL und GARCIA GIL, M 1998. Internal inclusions in brown eggs: relationships with fearfulness and stress. *Poultry Science*, 77, S. 1743-1747
- CARALANDER, D 2002. Avian IgY Antibody. In vitro and in vivo. *Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Medicine* 1119. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis
- CHAUVE, C 1998. The poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778): current situation and future prospects for control. *Veterinary Parasitology*, 79, S. 239-245
- CHIRICO, J, ERIKSSON, H, FOSSUM, O und JANSSON, D 2003. The poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, a potential vector of *Erysipelothrix rhusiopathiae* causing erysipelas in hens. *Medical and Veterinary Entomology*, 17, S. 232-234

-
- CLERICI, F, CASIRAGHI, E, HIDALGO, A und ROSSI, M 2006. Evaluation of eggshell quality characteristics in relation to the housing system of laying hens. *XII European Poultry Conference Verona-Italy*
- CONRATHS, FJ, WERNER, O, METHNER, U, GEUE, L, SCHULZE, F, HANEL, I, SACHSE, K, HOTZEL, H, SCHUBERT, E, MELZER, F und METTENLEITER, TC 2005. Conventional battery cages and alternative poultry housing systems - Infectiological aspects. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 118, S. 186-204
- COOK, JKA, SMITH, HW und HUGGINS, MB 1986. Infectious-Bronchitis Immunity- Its study in chickens experimentally infected with mixtures of Infectious-Bronchitis Virus and Escherichia-Coli. *Journal of General Virology*, 67, S. 1427-1434
- DHO-MOULIN, M und FAIRBROTHER, JM 1999. Avian pathogenic Escherichia coli (APEC). *Veterinary Research*, 30, S. 299-316
- DONALDSON, CJ, BALL, MEE und O'CONNELL, NE 2012. Aerial perches and free-range laying hens: The effect of access to aerial perches and of individual bird parameters on keel bone injuries in commercial free-range laying hens. *Poultry Science*, 91, S. 304-315
- ECKERT, J, FRIEDHOFF, KT, ZAHNER, H und DEPLAZES, P 2005a. Familie Dermanyssidae. *Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin*, 1. Auflage. S. 369-371 Stuttgart: Enke Verlag
- ECKERT, J, FRIEDHOFF, KT, ZAHNER, H und DEPLAZES, P 2005b. Familie Eimeriidae. *Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin*. 1. Auflage. S. 57-75 Stuttgart: Enke Verlag
- ELSON, HA und CROXALL, R 2006. European study on the comparative welfare of laying hens in cage and non-cage systems. *Archiv für Geflügelkunde*, 70, S. 194-198
- ER, D, WANG, Z, CAO, J und CHEN, Y 2007. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 16, S. 605-612
- ERBEN, RG 2005. Knochen und Calciumhomöostase. In: ENGELHARDT, VW und BREVES, G (Hrsg.) *Physiologie der Haustiere*. 2. Auflage. S. 580-587 Stuttgart: Enke Verlag
- ERHARD, M, ÖZİPAR, H, BILAL, T, ABBAS, Y, KUTAY, C, ESECELI, H und STANGASSINGER, M 2000. The humoral immune response and the productivity of laying hens kept on the ground or in cages. *ATLA (Alternatives to Laboratory Animals)*, 28, S. 699-705

-
- ERIKSSON, H, BRANNSTROM, S, SKARIN, H und CHIRICO, J 2010. Characterization of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolates from laying hens and poultry red mites (*Dermanyssus gallinae*) from an outbreak of erysipelas. *Avian Pathology*, 39, S. 505-509
- FISCHER, V. 2009. Evaluierung von unterschiedlich gestalteten Kleingruppensystemen und einer Bodenhaltung für zwei Legelinien hinsichtlich Legeleistung, Eiqualität, Tiergesundheit, Körperentwicklung, Mortalität und Stressparametern. Diss.med.vet. Tierärztliche Hochschule Hannover
- FLEMING, RH, MCCORMACK, HA, MCTEIR, L und WHITEHEAD, CC 2004. Incidence, pathology and prevention of keel bone deformities in the laying hen. *British Poultry Science*, 45, S. 320-330
- FLEMING, RH, MCCORMACK, HA, MCTEIR, L und WHITEHEAD, CC 2006. Relationships between genetic, environmental and nutritional factors influencing osteoporosis in laying hens. *British Poultry Science*, 47, S. 742-755
- FRIEDRICH-LÖFFLER-INSTITUT (FLI) CELLE- INSTITUT FÜR TIERSCHUTZ UND TIERHALTUNG 2008. Schema zur Präparation von Knochen-Beurteilung des Fettgehaltes der Leber; Verbundprojekt zur Weiterentwicklung der Kleingruppenhaltung für Legehennen
- GASSMANN, M und LUTZ, TA 2005. Blut- Zelluläre Bestandteile. In: ENGELHARDT, VW und BREVES, G (Hrsg.) *Physiologie der Haustiere*. 2. Auflage. S. 198-207 Stuttgart: Enke Verlag
- GERSTBERGER, R und BARTH SW 2005. Reproduktion - Struktur und Funktion des Oviduktes (Legedarms). In: ENGELHARDT, VW und BREVES, G (Hrsg.) *Physiologie der Haustiere*. 2. Auflage. S. 540-544 Stuttgart: Enke Verlag
- GLOMSKI, CA und PICA 2011. The Avian Erythrocyte: It's phylogenetic odyssey. 1. Auflage. Science Publishers, CRC Press, Taylor & Francis Group
- GRASHORN, M 2008. Legehuhnzucht und Eierzeugung - Empfehlungen für die Praxis - Eiqualität. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research*, Sonderheft 322, S. 18-33
- GREGORY, N G, WILKINS, L J, ELEPERUMA, S D, BALLANTYNE, A J und OVERFIELD, N D 1990. Broken bones in domestic fowls-effect of husbandry system and stunning method in end-of-lay hens. *British Poultry Science*, 31, S. 59-69

-
- GUESDON, V, AHMED, AMH, MALLET, S, FAURE, JM und NYS, Y 2006. Effects of beak trimming and cage design on laying hen performance and egg quality. *British Poultry Science*, 47, S. 1-12
- GUINOTTE, F und NYS, Y 1991. Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg-laying hens. *Poultry Science*, 70, S. 583-592
- GUO, YY, SONG, ZG, JIAO, HC, SONG, QQ und LIN, H 2012. The effect of group size and stocking density on the welfare and performance of hens housed in furnished cages during summer. *Animal Welfare*, 21, S. 41-49
- HASSAN, R, SULTANA, S, CHOE, HS und RYU, KS 2012. Effect of different housing system on the performance, bone mineral density and yolk fatty acid composition in laying hen. *Korean Journal of Poultry Science*, 39, S. 261-267
- HEINRITZI, K 2006. Hautkrankheiten. In: HEINRITZI, K, GINDELE, HR, REINER, G und SCHNURRBUSCH, U (Hrsg.) *Schweinekrankheiten*. 1. Auflage. S. 64-65 Stuttgart: Eugen Ulmer KG
- HIDALGO, A, ROSSI, M, CLERICI, F und RATTI, S 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry*, 106, S. 1031-1038
- Hinter dem Komma. 1976. *Der Spiegel*, 49, S. 94-95
- HINZ, KH und GLÜNDER, G 2005. Rotlauf. In: SIEGMANN, O & NEUMANN, U (Hrsg.) *Kompendium der Geflügelkrankheiten*. 6. Auflage. S. 240-242 Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft
- HOOP, RT und GLÜNDER, G 2005. Coliseptikämie. In: SIEGMANN, O & NEUMANN, U (Hrsg.) *Kompendium der Geflügelkrankheiten*. 6. Auflage. S. 215-217 Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft
- HÖRNING, B 2005. Tiergerechtheit der ausgestalteten Käfige-Tiergesundheit und-leistungen. In: MARTIN, G, SAMBRAUS HH. und STEIGER, A. (Hrsg.) *Das Wohlergehen von Legehennen in Europa– Berichte, Analysen und Schlussfolgerungen*. S. 154
- HUNEAU-SALAUN, A, GUINEBRETIERE, M, TAKTAK, A, HUONNIC, D und MICHEL, V 2011. Furnished cages for laying hens: study of the effects of group size and litter provision on laying location, zootechnical performance and egg quality. *Animal*, 5, S. 911-917

-
- JAEGER, G 2009. The most important viral and bacterial, mycotic and parasitic diseases of laying hens accompanied by direct impairments of egg productiveness and egg quality in different housing systems. *Tierärztliche Umschau*, 64, S. 490-500
- JAEGER, G 2011. Do we lose in-vivo expertise on chicken? Notes to behaviour, feather pecking, fatty liver syndrome, sternal deformity, foot abscess. *Tierärztliche Umschau*, 66, S. 18-28
- JOHN, JL 1994. The avian spleen- a neglected organ. *The Quarterly Review of Biology*, 69, S. 327-351
- JOHNSON, AL 1999. Reproduction in the female. In: WHITTOW, GC (Hrsg.). *Sturkies Avian Physiology*. 5. Auflage. S. 589-590, Academic Press
- JORDAN, FTW 1996. Erysipelas. In: JORDAN, FTW und PATTINSON, M (Hrsg.) *Poultry Diseases*. 4. Auflage. S. 73-75 London, Philadelphia, Toronto, Tokyo: Saunders Company Ltd
- KAEPPPELI, S, GEBHARDT-HENRICH, SG, FROEHLICH, E, PFULG, A, SCHAEUBLIN, H und STOFFEL, MH 2011. Effects of housing, perches, genetics, and 25-hydroxycholecalciferol on keel bone deformities in laying hens. *Poultry Science*, 90, S. 1637-1644
- KAUFMANN-BART, M und HOOP, RK 2009. Diseases in chicks and laying hens during the first 12 years after battery cages were banned in Switzerland. *Veterinary Record*, 164, S. 203-207
- KEPPLER, C 2008. Untersuchungen wichtiger Einflussfaktoren auf das Auftreten von Federpicken und Kannibalismus bei unkupierten Legehennen in Boden- und Volierenhaltungen mit Tageslicht unter besonderer Berücksichtigung der Aufzuchtphase. KNIERIEM, U (Hrsg.), Kassel University Press
- KÜCÜKYILMAZ, K, BOZKURT M, HERKEN, EN, CINAR M, CATLI, AU, BINTAS, E und CÖVEN, F 2012. Effects of rearing systems on performance, egg characteristics and immune response in two layer hen genotype. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 25, S. 595-568
- LAY, DC, FULTON, RM, HESTER, PY, KARCHER, DM, KJAER, JB, MENCH, JA, MULLENS, BA, NEWBERRY, RC, NICOL, CJ, O'SULLIVAN, NP und PORTER, RE 2011. Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science*, 90, S. 278-294

-
- LEBRIS, M 2005. Vergleichende Untersuchungen zum Verhalten sowie zur Gesundheit und Leistung von Legehennen unterschiedlicher Linien (LSL, LB, LT) in Volierenhaltung. Diss.med.vet. LMU München
- LEDVINKA, Z, TUMOVA, E, ENGLMAIEROVA, M und PODSEDNICEK, M 2012. Egg quality of three laying hen genotypes kept in conventional cages and on litter. *Archiv für Geflügelkunde*, 76, S. 38-43
- LEE, H-W. 2012. Vergleichende Untersuchungen der Legelinien Lohmann Selected Leghorn-Classic und Lohmann Brown-Classic hinsichtlich der Nutzung von maximal verfügbaren Ressourcen (1:1) in einem ausgestalteten Käfigsystem. Diss.med.vet. LMU München
- LEYENDECKER, M, HAMANN, H, HARTUNG, J, KAMPHUES, J, RING, C, GLÜNDER, G, AHLERS, C, SANDER, I, NEUMANN, U und DISTL, O 2001. Analyse von Genotyp-Umwelt-Interaktionen zwischen Legehennenhybriden und Haltungssystemen in der Legeleistung, Eiqualität und Knochenfestigkeit. 2. Mitteilung: Eiquälitätsmerkmale. *Züchtungskunde*, 73, S. 308-323
- LEYENDECKER, M, HAMANN, H, HARTUNG, J, GLÜNDER, G, NOGOSSEK, M, NEUMANN, U, SÜRIE, C, KAMPHUES, J und DISTL, O 2002. Untersuchungen zur Schalenfestigkeit und Knochenstabilität von Legehennen in drei verschiedenen Haltungssystemen. *Lohmann-Information*, 2, S. 1-6
- LEYENDECKER, M, HAMANN, H, HARTUNG, J, KAMPHUES, J, NEUMANN, U, SÜRIE, C und DISTL, O 2005. Keeping laying hens in furnished cages and an aviary housing system enhances their bone stability. *British Poultry Science*, 46, S. 536-544
- LICKTEIG, E 2006. Vergleich der zwei Legehennenlinien Lohmann Selected Leghorn-Classic und Lohmann Brown-Classic unter den Bedingungen des Feldversuchs im Bezug auf Verhalten, Gesundheit und Leistung in Volierenhaltung. Diss.med.vet. LMU München
- LOUTON, H 2014: Optimierung der Kleingruppenhaltung von Legehennen - Schwerpunkt: Verhalten und Lichtmanagement von Lohmann Selected Leghorn Hennen. Diss.med.vet. LMU München
- LÜDERS, H und SIEGMANN, O 2005. Fettleber In: SIEGMANN, O und NEUMANN, U (Hrsg.) *Kompendium der Geflügelkrankheiten*. 6. Auflage. S. 334 Stuttgart: Schlütersche Verlagsgesellschaft
- LÜKE, M, POTTGÜTER, R und GRASHORN, M 2007. DLG-Merkblatt 343- Legehennenhaltung. DLG eV. Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft, Ausschuss für Geflügelproduktion, S 1-27
-

-
- LUNDEN, A, THEBO, P, GUNNARSSON, S, HOOSHWAND-RAD, P, TAUSON, R und UGGLA, A 2000. Eimeria infections in litter-based, high stocking density systems for loose-housed laying hens in Sweden. *British Poultry Science*, 41, S. 440-447
- MARTIN, CD und MULLENS, BA 2012. Housing and dustbathing effects on northern fowl mites (*Ornithonyssus sylviarum*) and chicken body lice (*Menacanthus stramineus*) on hens. *Medical and Veterinary Entomology*, 26, S. 323-333
- MAZAHERI, A, LIERZ, M und HAFEZ, HM 2005. Investigations on the pathogenicity of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in laying hens. *Avian Diseases*, 49, S. 574-576
- MAZAHERI, A, PHILIPP, HC, BONSAACK, H und VOSS, M 2006. Investigations of the vertical transmission of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in laying hens. *Avian Diseases*, 50, S. 306-308
- MEYER, WE, MILLAM, JR und BRADLEY, FA 1988. Photostimulation of Japanese quail by dim light depends upon photophase contrast, not light intensity. *Biology of reproduction*, 38, S. 536- 543
- MOHAMMED, HH 2012. Assessment of the behavior, plumage and feet conditions in two commercial layer breeds. *International Journal of Applied Animal Sciences*, 1, S. 18-22
- MOINARD, C, STATHAM, P und GREEN, PR 2004. Control of landing flight by laying hens: implications for the design of extensive housing systems. *British Poultry Science*, 45, S. 578-584
- MORO, CV, CHAUVE, C und ZENNER, L 2005. Vectorial role of some dermanyssoid mites (Acari, Mesostigmata, Dermanyssoidea). *Parasite (Paris, France)*, 12, S. 99-109
- MORO, CV, CHAUVE, C und ZENNER, L 2007. Experimental infection of *Salmonella Enteritidis* by the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology*, 146, S. 329-336
- MORO, CV, DE LUNA, CJ, TOD, A, GUY, JH, SPARAGANO, OAE und ZENNER, L 2009. The poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*): a potential vector of pathogenic agents. *Experimental and Applied Acarology*, 48, S. 93-104
- MORO, CV, THIOULOUSE, J, CHAUVE, C und ZENNER, L 2011. Diversity, geographic distribution, and habitat-specific variations of microbiota in natural populations of the chicken mite, *Dermanyssus gallinae*. *Journal of Medical Entomology*, 48, S. 788-796

-
- NAKAMURA, K, COOK, JKA, FRAZIER, JA und NARITA, M 1992. Escherichia-Coli multiplication and lesions in the respiratory tract of chickens inoculated with infectious-bronchitis virus and/or Escherichia-Coli. *Avian Diseases*, 36, S. 881-890
- NAKAMURA, K, UEDA, H, TANIMURA, T und NOGUCHI, K 1994. Effect of mixed live vaccine (Newcastle-Disease and Infectious-Bronchitis) and Mycoplasma- Galliseptikum on the chicken respiratory tract and on Escherichia-Coli infection. *Journal of Comparative Pathology*, 111, S. 33-42
- NASR, MAF, MURRELL, J, WILKINS, LJ und NICOL, CJ 2012. The effect of keel fractures on egg-production parameters, mobility and behaviour in individual laying hens. *Animal Welfare*, 21, S. 127-135
- NEFF, C 2000 Die Belastung von Federfußigen Zwerghühnern (*Gallus gallus* f. dom.), Sächsischen Feldfarbentauben (*Columba livia* f. dom.) und Zwergenten (*Anas platyrhynchos* f. dom.) durch unterschiedliche Beförderungsarten in einem speziellen Transportkarton. Diss.med.vet. Tierärztliche Hochschule Hannover
- O'CONNOR, EA, PARKER, MO, DAVEY, EL, GRIST, H, OWEN, RC, SZLADOVITS, B, DEMMERS, TGM, WATHES, CM und ABEYESINGHE, SM 2011. Effect of low light and high noise on behavioural activity, physiological indicators of stress and production in laying hens. *British Poultry Science*, 52, S. 666-674
- OTOIKHIAN, CSO, IMASUEN, JA und IGUE, UB 2014. Relationship between egg and blood mineralprofile in different breeds of layers reared in humid nigeria. *Indo American Journal od Pharmaceutical Research*, 2, S 1-8
- OZAKI, H und MURASE, T 2009. Multiple Routes of Entry for Escherichia coli Causing Colibacillosis in Commercial Layer Chickens. *Journal of Veterinary Medical Science*, 71, S. 1685-1689
- PAVLIK, A, LICHOVNIKOVA, M und JELINEK, P 2009. Blood plasma mineral profile and qualitative indicators of the eggshell in laying hens in different housing systems. *Acta Veterinaria Brno*, 78, S. 419-429
- PICKEL, T, SCHRADER, L und SCHOLZ, B 2011. Pressure load on keel bone and foot pads in perching laying hens in relation to perch design. *Poultry Science*, 90, S. 715-724
- PISTEKOVA, V, HOVORKA, M, VECEREK, V, STRAKOVA, E und SUCHY, P 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. *Czech Journal of Animal Science*, 51, S. 318-325

-
- PROBST, A. 2013. Vergleich von Leistung, Gesundheit und Verhalten zwischen den Legelinien Lohmann Selected Leghorn-Classic (LSL) und Lohmann Brown-Classic (LB) bei einem Ressourcenangebot von 2:1 in einem ausgestalteten Käfigsystem. Diss.med.vet. LMU München
- RAUTENSCHLEIN, S und JUNG A 2008. Legehuhnzucht und Eierzeugung - Empfehlungen für die Praxis - Gesundheitsmanagement und Krankheiten. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research*, Sonderheft 322, S. 177-189
- RAYAN GN, GALAL A, FATHI MM und EL-ATTAR AH 2010. Impact of layer breeder flock age and strain on mechanical and ultrastructural properties of eggshell in chicken. *International Journal of Poultry Science*, 9, S. 139-147
- RÖHRIG, H-G und BRAND, R 2005. Legehennenhaltung und Eierzeugung von 1995 bis 2004. *Wirtschaft und Statistik/Statistisches Bundesamt*, 6, S. 587-592
- ROLAND D SR 1977. The extent of uncollected eggs due to inadequate shell. *Poultry Science*, 56, S. 1517-1521
- ROMMEL, M 2000. Protozoeninfektionen des Nutzgeflügels. In: ROMMEL, M, ECKERT, J, KUTZER, E, KÖRTING, W und SCHNIEDER, T (Hrsg.) *Veterinärmedizinische Parasitologie*. 5. Auflage. S. 673-707 Berlin: Parey Buchverlag
- RUZAL, M, SHINDER, D, MALKA, I und YAHAV, S 2011. Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature. *Poultry Science*, 90, S. 856-862
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, FACHBEREICH TIERISCHE ERZEUGUNG 2004. *Evaluierung alternativer Haltungsformen für Legehennen*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL); Institut für Tierhaltung und Tierschutz, Kitzingen
- SAFAA HM, SERRANO MP, VALENCIA DG, FRIKHA M, JIMENEZ-MORENO E und MATEOS GG 2008. Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. *Poultry Science*, 87, S. 2043-2051
- SALISCH, H und SIEGMANN, O 2005. Kokzidiosen. In: SIEGMANN, O und NEUMANN, U (Hrsg.) *Kompendium der Geflügelkrankheiten*. 6. Auflage. S. 293-300 Stuttgart: Schlütersche Verlagsgesellschaft
-

-
- SANDILANDS, V, MOINARD, C und SPARKS, NHC 2009. Providing laying hens with perches: fulfilling behavioural needs but causing injury?. *British Poultry Science*, 50, S. 395-406
- SCHOLZ, B, RÖNCHEN, S, HAMANN, H und DISTL, O 2008. Meta-Analyse von Gesundheits-, Eiqualitäts-, Leistungs- und Verhaltensmerkmalen zur Beurteilung von Kleingruppenhaltungssystemen für Legehennen. *Züchtungskunde*, 80, S. 303–314
- SCHOLZ, B, RÖNCHEN, S, HAMANN, H und DISTL, O 2009. Bone strength and keel bone status of two layer strains kept in small group housing systems with different perch configurations and group sizes. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 122, S. 249-256
- SHERWIN, CM, RICHARDS, GJ und NICOL, CJ 2010. Comparison of the welfare of layer hens in 4 housing systems in the UK. *British Poultry Science*, 51, S. 488-499
- SHINI, S, SHINI, A und HUFF, GR 2009. Effects of chronic repeated corticosterone administration in rearing chickens on physiology, the onset of lay and egg production of hens. *Physiology and Behavior*, 98, S. 73-77
- SHOFFNER, RN, SHUMAN R, OTIS, JS und BITGOOD, JJ 1982. The effect of a protoporphyrine mutant on some economic traits of the chicken. *Poultry Science*, 61, S. 817-820
- SIEGEL, PB 1962. Selection for body weight at eight weeks of age. Short term response and heritabilities. *Poultry Science*, 41, S. 954-962
- SILVERSIDES FG und SCOTT TA 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*, 80, S 1240-1245
- SPARAGANO, O, ARKLE, S, GEORGE, D, HARRINGTON, D, LUNA, CD, KAISER, P, ROTHWELL, L, STEENBERG, T, MOORE, D, KILPINEN, O, PORT, G, OKELLO, E, SHIEL, RS und GUY, JH 2007. Non-insecticide methods for controlling arthropod vectors of zoonotic and other pathogens in layer flocks XVIII *European Symposium on the Quality of Poultry Meat* and XVII *European Symposium on the Quality of Eggs and Egg products*. Czech Republic
- SPARAGANO, O, PAVLICEVIC, A, MURANO, T, CAMARDA, A, SAHIBI, H, KILPINEN, O, MUL, M, VAN EMOUS, R, LE BOUQUIN, S, HOEL, K und CAFIERO, MA 2009. Prevalence and key figures for the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* infections in poultry farm systems. *Experimental and Applied Acarology*, 48, S. 3-10
-

-
- STAAK, C, SCHWARZKOPF, C und SCHADE, R 2009. Gewinnung von Antikörpern aus dem Hühnerei- Merkblatt Nr. 9. Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V., Arbeitskreis 4 (Tierversuche)
- STANFORD, M 2005. Calcium Metabolism. *In: HARRISON GJ, LIGHTFOOD, T (Hrsg.) Clinical Avian Medicine*. 1. Auflage. S. 141-151 Spix Publishing
- STERN, H 1980. Familienkrach der Verhaltensforscher. *Der Spiegel*, 32, S. 50-58
- STRUELENS E, TUYTTENS FA, JANSSEN A, LEROY T, AUDOORN L, VRANKEN E, DE BAERE K, ODBERG F, BERCKMANS D, ZOONS J und SONCK B 2005. Design of laying nests in furnished cages: influence of nesting material, nest box position and seclusion. *British Poultry Science*, 46, S. 9-15
- SUCHY, P, STRAKOVA E, JARKA B, THIEMEL, J und VECEREK, V. 2004. Differences between metabolic profiles of egg-type hybrid hens and meat-type hybrid hens. *Czech Journal Of Animal Science*, 49, S 323-328
- TAUSON, R und ABRAHAMSSON, P 1994. Foot and skeletal disorders in laying hens- effects of perch design, hybrid, housing system and stocking density *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 44, S. 110-119
- TAUSON, R und ABRAHAMSSON, P 1996. Foot and keel bone disorders in laying hens- Effects of artificial perch material and hybrid. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 46, S. 239-246
- TAUSON, R 1998. Health and production in improved cage designs. *Poultry Science*, 77, S. 1820-1827
- TAUSON, R, WAHLSTROM, A und ABRAHAMSSON, P 1999. Effect of two floor housing systems and cages on health, production, and fear response in layers. *Journal of Applied Poultry Research*, 8, S. 152-159
- TEGELER, G 1992. Fettlebersyndrom. *In: HEIDER, G und MONREAL, G (Hrsg.) Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels*. 1. Auflage. S. 675-683 Stuttgart: Gustav Fischer Verlag
- TELLE, M. 2011. Verhaltensbeobachtungen bei der Kleingruppenhaltung von Legehennen (LSL). Diss.med.vet. LMU München
- THRALL, MA, WEISER, G, ALLISON, R und CAMPBELL, TW 2012. Veterinary hematology and clinical chemistry. 2. Auflage. Wiley - Blackwell
-

-
- TREES, AJ 1996. Parasitic Diseases. In: JORDAN, FTW und PATTINSON, M (Hrsg.) *Poultry Diseases*. 4. Auflage. S. 261-289 London, Philadelphia, Toronto, Tokyo: Saunders Company Ltd
- TUCCI, EC, PRADO, AP und ARAUJO, RR 2008. Development of *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) at different temperatures. *Veterinary Parasitology*, 156, S. 363-364
- VALKONEN, E, VENALAINEN, E, ROSSOW, L und VALAJA, J 2010. Effects of calcium diet supplements on egg strength in conventional and furnished cages, and effects of 2 different nest floor materials. *Poultry Science*, 89, S. 2307-2316
- VAN DEN BRAND, H, PARMENTIER, HK und KEMP, B 2004. Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science*, 45, S. 745-752
- VAN EMOUS, R 2003. Claw lengths in alternative systems- to measure or not to measure. *World Poultry*, 19, S. 34
- VITS, A, WEITZENBÜRGER, D, HAMANN, H und DISTL, O 2005a. Einfluss verschiedener Varianten von Kleingruppenhaltungssystemen auf die Legeleistung, Eiqualität und Knochenfestigkeit von Legehennen; 1. Mitteilung: Legeleistung und Eiqualität. *Züchtungskunde*, 77, S. 303-323
- VITS, A, WEITZENBÜRGER, D, HAMANN, H und DISTL, O 2005b. Production, egg quality, bone strength, claw length and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. *Poultry Science*, 84, S. 1511-1519
- WALL, H und TAUSON, R 2002. Egg quality in furnished cages for laying hens-effects of crack reduction measures and hybrid. *Poultry Science*, 81, S. 340-348
- WALL, H 2011. Production performance and proportion of nest eggs in layer hybrids housed in different designs of furnished cages. *Poultry Science*, 90, S. 2153-2161
- WEBSTER, AB 2004. Welfare implications of avian osteoporosis. *Poultry Science*, 83, S. 184-192
- WEIGL, B. 2007. Gesundheitsstatus von Legehennen in Klein- und Großvolierenhaltung im Vergleich. Diss.med.vet. LMU München
- WEITZENBÜRGER, D 2005. Evaluierung von Kleingruppenhaltung und ausgestalteten Käfigen hinsichtlich Gesundheitsstatus, Körperzustand und bestimmter ethologischer Parameter bei den Legelinien Lohmann Selected Leghorn und Lohmann Brown. Diss.med.vet. Tierärztliche Hochschule Hannover
-

-
- WEITZENBÜRGER, D, VITS, A, HAMANN, H, HEWICKER-TRAUTWEIN, M und DISTL, O 2005. Evaluation of foot pad health of laying hens in small group housing systems and furnished cages. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 118, S. 270-279
- WEITZENBÜRGER, D, VITS, A, HAMANN, H und DISTL, O 2006. Evaluation of small group housing systems and furnished cages concerning keel bone deformities, plumage condition, claw length und body weight in layer strains Lohmann Selected Leghorn and Lohmann Brown. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding*, 49, S. 89-102
- WHITEHEAD, CC und FLEMING, RH 2000. Osteoporosis in cage layers. *Poultry Science*, 79, S. 1033-1041
- WHITEHEAD, CC 2004. Overview of bone biology in the egg-laying hen. *Poultry Science*, 83, S 193-199
- WILKINS, LJ, BROWN, SN, ZIMMERMAN, PH, LEEB, C und NICOL, CJ 2004. Investigation of palpation as a method for determining the prevalence of keel and furculum damage in laying hens. *Veterinary Record*, 155, S. 547-549
- WILKINS, LJ, MCKINSTY, JL, AVERY, NC, KNOWLES, TG, BROWN, SN, TARLTON, J und NICOL, CJ 2011. Influence of housing system and design on bone strength and keel bone fractures in laying hens. *Veterinary Record*, 169, S. 414-447
- WOOLLEY, JA und LANDON, J 1995. Comparison of antibody- production to human interleukin-6 (IL-6) by sheep and chickens. *Journal of Immunological Methods*, 178, S. 253-265
- WRAY, C, DAVIES, RH und CORKISH, JD 1996. Enterobacteriaceae. In: JORDAN, FTW und PATTINSON, M (Hrsg.) *Poultry Diseases*. 4. Auflage. S. 9-43 London, Philadelphia, Toronto, Tokyo: Saunders Company Ltd
- YAMAK, US und SARICA, M 2012. Relationships between feather score and egg production and feed consumption of different layer hybrids kept in conventional cages. *Archiv für Geflügelkunde*, 76, S. 31-37

Onlinezugriffe

BMELV 2012. 86 Prozent aller Legehennen in Boden-, Freiland- und Öko-Haltung/ Pressemitteilung Nr. 93 vom 29.03.2012 [Online]. http://www.bmelv.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/2012/93-Legehennen.html;jsessionid=79E68121522192C7CF58652E8B95B678.2_cid230. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. (Zugriff am 06.08.2012)

BMELV 2013a. Mehr Tierschutz in der Legehennenhaltung [Online]. <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Tierhaltung/HaltungLegehennen.html>. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. (Zugriff am 03.08.2013)

BMELV 2013b. Kennzahlen des deutschen Eiermarktes 2013 [Online]. http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Markt-Statistik/Kennzahlen-Eiermarkt.html;jsessionid=B7B08BAA5EC2FAC02EA3957077DBC858.2_cid367. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. (Zugriff am 23.06.2013)

BUNDESVERFASSUNGSGERICHT 1999. Pressemitteilung Nr.72/1999 [Online]. <http://www.bundesverfassungsgericht.de/pressemitteilungen/legheenne.html>. Bundesverfassungsgericht. (Zugriff am 13.02.2012)

BUNDESVERFASSUNGSGERICHT 2010. Pressemitteilung Nr. 111/2010 [Online]. <http://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2010/bvg10-111.html>. Bundesverfassungsgericht. (Zugriff am 18.02.2015)

DESTATIS 2006. Käfighaltung von Legehennen nimmt weiter ab, Pressemitteilung Nr.120 vom 16.03.2006 [Online]. http://www.pressrelations.de/new/standard/result_main.cfm?r=225408&aktion=jour_pm. Statistisches Bundesamt. (Zugriff am 18.02.2015)

DESTATIS 2009. Käfighaltung bei Legehennen weiter rückläufig, Pressemitteilung Nr.071 vom 02.03.2009 [Online]. https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2009/03/PD09_071_413.html. Statistisches Bundesamt. (Zugriff am 22.02.2012)

DESTATIS 2012. Legehennenbestand im Jahr 2011 deutlich gestiegen [Online]. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaft/TierischeErzeugung/Aktuell.html?nn=50908>. Statistisches Bundesamt. (Zugriff am 21.04.2012)

DESTATIS 2013. Geflügel - Fachserie 3 Reihe 4.2.3 - 2012 [Online].
<https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/AlteAusgaben/GefluegelAlt.html;jsessionid=27D086129030922A7589BD8B34644FD8.cae4>. Statistisches Bundesamt. (Zugriff am 18.02.2015)

IOWA STATE UNIVERSITY. 2008. Laboratory Animal Resources- Normal blood values in birds [Online].
http://www.lar.iastate.edu/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=98: Iowa State University. Iowa State University. (Zugriff am 15.01.2014)

LAYWEL 2006. Scoringsystem [Online].
http://www.laywel.eu/web/xmlappservlet11da.html?action=ProcessSelection&SA_VE_P_ARA_METER_SA_V_SOURCE_DA_T_ABASE_NAME=/flexyz/projects/wur/fx_cm_laywel.nsf&REDIRECT_P_ARAMETER_VIEWLEVEL=449A6A53F0392EECC1256F2000377D7A407C75_B40B0AFCDCC1256F1D004E232A&REDIRECT_P_ARAMETER_UNID=DC2288E6152C2545C125717000528FBD&SA_VE_P_ARAMETER_SA_V_DESIGN_CHOICE=&SA_VE_P_ARA_METER_SA_V_TEMPLATE_NAME=&&&SA_VE_P_ARAMETER_SA_V_QUERY_STRING=&SA_VE_P_ARAMETER_SA_V_SORT_ORDER=&SA_VE_P_ARAMETER_SA_V_OBJECT_UNID=&SA_VE_P_ARAMETER_SA_V_PRODUCT_GROUP=&SA_VE_P_ARAMETER_SA_V_SESSION_ID=PROCESS_DOCUMENT_CHANGES&SA_VE_P_ARAMETER_SA_V_SOURCE_DOCUMENT_NAME=scoringsystem&REDIRECT_TEMPLATE=ShwPage. (Zugriff am 26.12.2012)

LOHMANN TIERZUCHT GMBH 2010. Leistungsdaten Legehennen [Online].
<http://www.ltz.de/produkte/Legehennen>. Lohmann Tierzucht GmbH. (Zugriff am 26.07.2012)

RKW SÜD 2012. Korngold® Legehennen Geflügelaufzucht [Online].
www.rkwsued.de/korngold. Raiffeisen Kraftfutterwerke. (Zugriff am 08.08.2012)

ROBINSON, FE, MELNYHUK, VL, MULLER, LD, OOSTERHOFF, HH, WAUTIER, TA und WILSON JL 1996. Sexual maturation in female domestic poultry as influenced by photostimulation program [Online].
http://www.poultryscience.org/.../1996_Robinson.pdf. (Zugriff am 18.04.2014)

SOJKA, K 2001. Batteriekäfighaltung – Dauererfolg einer Lobby? [Online].
<http://albert-schweitzer-stiftung.de/tierschutzinfos/analysen/geschichte-der-batteriekafighaltung>. Albert-Schweitzer-Stiftung. (Zugriff am 10.02.2012)

TAUSON, R, KJAER, JB, MARIA, GA, CEPERO, R und HOLM, K-E 2005. Applied scoring of integument and health in laying hens [Online]. <http://www.slu.se/PageFiles/7724/Tauson%20et%20al%202005%20-%20Applied%20scoring%20of%20integument%20and%20health%20in%20laying%20hens.pdf>. (Zugriff am 11.04.2012)

WINDHORST, H-W 2014. Themen in der Geflügelhaltung- Wie die Legehennen in den Käfig kam (II). [Online]. http://www.wing-vechta.de/themen/geschichte_der_kaefighaltung/teil_ii_verbote_und_veraenderungen/wie_die_legehennen_in_den_kaefig_kam_ii.html. WING (Wissenschafts- und Informationszentrum Nachhaltige Geflügelwirtschaft Universität Vechta). (Zugriff am 15.02.2015)

WING 2014. Legehennenhaltung: Keine Strafzahlung für Griechenland. [Online] http://www.wing-vechta.de/news/archiv_2014/legehennenhaltung_keine_strafzahlung_fuer_griechenland.html. WING (Wissenschafts- und Informationszentrum Nachhaltige Geflügelwirtschaft Universität Vechta). (Zugriff am 15.02.2015)

Gesetzliche Grundlagen und Verordnungen

Erste Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. 2002. Bundesgesetzblatt, Nr. 16, Teil I, S. 1026-1030.

Richtlinie 1999/74/EG des Rates zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen (1999/74/EG). 1999. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 203/ S. 253-257.

Tierschutzgesetz-Neufassung von 2006 (TierSchG). 1972. Bundesgesetzblatt, Nr. 74, Teil I, S. 1277-1283.

Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung, Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV) 2014. BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ. [Online]. <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutzv/BJNR275800001.html>. (Zugriff am 18.02.2015)

Verordnung zum Schutz von Legehennen bei Käfighaltung, Hennenhaltungsverordnung (HHVo). 1987. Bundesgesetzblatt, Nr. 57, S. 2622-2623.

Verordnung (EG) Nr. 589/2008 der Kommission vom 23. Juni 2008 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1234/2007 des Rates hinsichtlich der Vermarktungsnormen für Eier. 2008. Amtsblatt der europäischen Union, L163, S. 10

Zweite Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. 2006. Bundesgesetzblatt, Nr. 37, Teil I, S. 1804-1812

10 Anhang

Tabellen: Siehe beigefügtes Speichermedium (CD-ROM)

11 Danksagung

Mein erster Dank geht natürlich an Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael Erhard für die Überlassung dieses interessanten Themas und die Endkorrektur dieser Arbeit.

Mein ganz spezieller Dank geht an meine beiden Betreuerinnen Frau Dr. Shana Bergmann und Frau Dr. Elke Rauch für ihre tatkräftige Unterstützung während des praktischen Teils und das stets freundliche Entgegenkommen bei aufkommenden Fragen. Vor allem danke ich ihnen für die Geduld, die sie mir entgegengebracht haben, während der Fertigstellung des schriftlichen Teiles und natürlich für die sorgfältige Erstkorrektur.

Überaus dankbar bin ich der Rechnerbetriebsgruppe der Tierärztlichen Fakultät insbesondere natürlich Christian Strobl, der mir immer und vor allem schnell geholfen hat, wenn es um computertechnische Anliegen ging. Insbesondere natürlich für die Einrichtung meiner Remotedesktopverbindung, was mir die Auswertung meiner Daten deutlich erleichterte.

Ein besonderer Dank geht auch an das Laborpersonal Herrn Hermann Kuchler, Frau Katrin Schuster und Frau Nicole Zobel für die Einführung in die Laborarbeit und die umfassende Unterstützung bei der Auswertung der unzähligen Proben. Nicht vergessen werden dürfen an dieser Stelle Frau Christina Hoeborn und Frau Karin Scholz, die mir bei der Untersuchung der Proben tatkräftig zur Hand gegangen sind.

Herrn Dr. Klaus Damme und Stefanie Urselmans vom Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Geflügel- und Kleintierhaltung Kitzingen danke ich für ihre Hilfsbereitschaft, mir erhobene Daten und Informationen vom Untersuchungsstandort Kitzingen mitzuteilen und für die praktische Hilfe bei den Untersuchungen in Kitzingen. Im Zuge dessen danke ich ebenso allen Projektpartnern, die am Verbundprojekt beteiligt waren sowie den Herstellerfirmen der Anlagen, der Big Dutchman International GmbH, der

Salmet International GmbH und der TESO Ten Elsen GmbH & Co Kommanditgesellschaft.

Ein Dankeschön gilt auch dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Förderung dieses Projektes.

Herrn Prof. Helmut Küchenhoff und den Mitarbeitern des Statistischen Beratungslabors, vor allem Frau Ingrid Herb, Institut für Statistik, Ludwig-Maximilians-Universität, München, Deutschland danke ich für ihre Beratung bei der statistischen Auswertung.

Ein riesiges Dankeschön geht auch an Frau Dr. Helen Louton, mit der ich während dem gesamten Versuchsjahres unheimlich gerne zusammen gearbeitet habe.

Mein größter Dank gilt allerdings meiner Familie, die mich immerzu unterstützt und aufgemuntert hat, egal in welcher Gefühlslage ich mich gerade befunden habe. Hierbei seien auch die zwei Fellnasen erwähnt, die immer an meiner Seite verweilen, wenn ich nach Hause komme und mir immer ein Lächeln ins Gesicht zaubern können. Ihr seid die Besten!