

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

Angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. M. Erhard

**Vergleichende Untersuchungen zu
Gesundheit, Leistung und Verhalten von Legehennen mit
unterschiedlichen Einstreumaterialien
in Volierenhaltung**

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

von

Bernd Fitz

aus
Buchen

München 2007

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

Dekan: Prof. Dr. E. P. Märtlbauer
Referent: Prof. Dr. M. Erhard
Korreferent: Prof. Dr. W. Rambeck

Tag der Promotion: 9. Februar 2007

Meiner Familie und meinen Freunden

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Literatur	2
2.1 Rechtliche Anforderungen an die Legehennenhaltung	2
2.2 Haltung von Legehennen in Volieren	5
2.3 Die Linie ISA Brown	6
2.4 Leistung und Produktivität	6
2.4.1 Legeleistung	6
2.4.2 Eiverschmutzung und verlegte Eier	7
2.4.3 Eigewicht	8
2.4.4 Eischalenqualität	9
2.4.5 Knick- und Brucheier	10
2.5 Immunglobulin Y	11
2.6 Physiologische Parameter	12
2.6.1 Grundlagen	12
2.6.2 Hämatokrit und Hämoglobin	13
2.6.3 Calcium und Phosphor	13
2.7 Gefieder	14
2.8 Mortalität und Tiergesundheit	14
2.9 Bruchfestigkeit der Knochen	16
2.10 Verhalten	17
2.10.1 Allgemeine Verhaltensweisen	17
2.10.2 Hähne in Legehennengruppen	18
2.10.3 Sandbaden	19
2.10.4 Futtersuchverhalten	20
2.10.5 Federpicken	20
2.10.6 Folgen des Federpickens	22
2.10.7 Maßnahmen gegen Federpicken	22
2.11 Einstreu	24
2.11.1 Beschäftigung der Legehennen mit der Einstreu	24
2.11.2 Beliebtheit verschiedener Einstreumaterialien	25
2.11.3 Anforderungen an die Einstreu	25

3. Material und Methoden	26
3.1 Grundlagen	26
3.2 Tiere	26
3.3 Haltungssystem	26
3.4 Stallmanagement	29
3.4.1 Einstreu	29
3.4.2 Stallhygiene, Bestandsgesundheit und Krankheitsprophylaxe	29
3.5 Erfassung von Produktionsparametern	30
3.5.1 Leistung	30
3.5.2 Produktmerkmale	31
3.6 Parameter in Eidotter und Blut	32
3.6.1 Blutentnahme	32
3.6.2 Immunologische Parameter in Eidotter und Blut	32
3.6.3 Hämatokrit und Hämoglobin	32
3.6.4 Calcium und Phosphor	33
3.7 Bonitierung	34
3.8 Körpergewicht	35
3.9 Erkrankungen und Verluste	35
3.10 Kotuntersuchung auf Parasiten	35
3.11 Post mortem Untersuchungen	36
3.12 Schadgasmessungen	36
3.13 Verhalten	37
3.13.1 Grundlagen	37
3.13.2 Direktbeobachtung	37
3.13.3 Videobeobachtung	40
3.14 Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	41
4. Ergebnisse	42
4.1 Leistung	42
4.1.1 Legeleistung	42
4.1.2 Anteil verlegter Eier	43
4.1.3 Anteil der Bodeneier	45
4.1.4 Anteil der Gittereier	46
4.2 Produktmerkmale	47
4.2.1 Eigewicht	47

4.2.2 Knick- und Brucheier	49
4.2.3 Windeier	49
4.2.4 Bruchfestigkeit der Eischalen	50
4.2.5 Dicke der Eischalen	51
4.3 Immunologische Parameter	52
4.3.1 IgY Bestimmung im Eidotter	52
4.3.2 IgY Bestimmung im Serum	53
4.3.3 Vergleich der IgY Konzentration im Eidotter und im Serum	54
4.4 Physiologische Blutparameter	55
4.4.1 Hämatokrit	55
4.4.2 Hämoglobin	56
4.4.3 Calcium	57
4.4.4 Phosphor	59
4.4.5 Calcium-Phosphor Verhältnis	60
4.5 Bonitierung	60
4.5.1 Beurteilung des Gefieders	60
4.5.2 Beurteilung von Verletzungen	61
4.6 Körpergewicht	62
4.7 Mortalität	63
4.8 Kotuntersuchung	64
4.9 Post mortem-Untersuchungen	64
4.9.1 Pathologische Untersuchung	64
4.9.2 Knochenbruchfestigkeitsmessung	66
4.10 Schadgasmessungen	66
4.11 Verhalten	67
4.11.1 Direktbeobachtung	67
4.11.2 Videobeobachtung des Sandbadeverhaltens	71
4.12 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	73
5. Diskussion	75
5.1 Grundlagen des Versuchs	75
5.2 Leistungsmerkmale	75
5.3 Immunstatus und physiologische Blutparameter	78
5.4 Bonitierung	80
5.5 Körpergewicht	81

5.6 Mortalität und Tiergesundheit	81
5.7 Verhalten	83
5.8 Schlussfolgerung	86
6. Zusammenfassung	87
7. Summary	89
8. Literaturverzeichnis	91

Abkürzungen

Anim. Behav.	- Animal Behaviour
Anim. Behav. Mono.	- Animal Behaviour Monograph
Appl. Environm. Microbiol.	- Applied and Environmental Microbiology
Anim. Sci.	- Animal Science
Appl. Anim. Behav. Sci.	- Applied Animal Behaviour Science
Arch. Geflügelk.	- Archiv für Geflügelkunde
ATLA	- Alternatives to Laboratory Animals
Br. Poult. Sci.	- British Poultry Science
bzw.	- beziehungsweise
ca.	- circa
Dev. Comp. Immunol.	- Developmental and Comparative Immunology
Dtsch. tierärztl. Wschr.	- Deutsche tierärztliche Wochenschrift
ECVAM	- European Centre for the Validation of Alternative Methods
EDTA	- Ethylendiamintetraacetat
et al.	- und andere
Eur. J. Immunol.	- European Journal of Immunology
Hrsg.	- Herausgeber
ISAE	- International Society of Applied Ethology
J. Appl. Poult. Res.	- Journal of Applied Poultry Research
J. Immunol. Meth.	- Journal of Immunology Methods
J. Vet. Med.	- Journal of Veterinary Medicine
Ig	- Immunglobulin
LW	- Lebenswoche
max.	- maximal
mind.	- mindestens
Poult. Sci.	- Poultry Science
Res. Vet. Sci.	- Research in Veterinary Science
SEM	- Standard error of the mean
Vet. Rec.	- Veterinary Record
World Poultr.	- World Poultry
World's Poultr. Sci. J.	- World's Poultry Science Journal

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Legeleistung [in %], die im zeitlichen Verlauf der Legeperiode erbracht wurde, in Abhängigkeit von der Einstreuart.	42
Abb. 2: Anteil [in %] der verlegten Eier im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	44
Abb. 3: Anteil [in %] der Bodeneier im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	45
Abb. 4: Anteil [in %] der Gittereier im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	46
Abb. 5: Medianwert des Eigewichts [in g] in Abhängigkeit von der Einstreuart.	47
Abb. 6: Medianwert des Eigewichts [in g] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	48
Abb. 7: Anteil [in %] der Knick- und Brucheier im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	49
Abb. 8: Durchschnittliche Bruchfestigkeit [in N] der Eischalen im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	50
Abb. 9: Durchschnittliche Dicke [in mm] der Eischalen im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	51
Abb. 10: Durchschnittliche IgY-Konzentration [in mg/ml] im Eidotter im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	52
Abb. 11: Durchschnittliche IgY-Konzentration [in mg/ml] im Serum im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	53

Abb. 12: Vergleich des Kurvenverlaufs der durchschnittlichen IgY-Konzentration im Serum und im Eidotter im zeitlichen Verlauf der Legeperiode.	54
Abb. 13: Durchschnittlicher Hämatokritwert [in %] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	55
Abb. 14: Durchschnittlicher Hämoglobinwert [in g/dl] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	56
Abb. 15: Medianwert der Calciumkonzentration [in mg/dl] in Abhängigkeit von der Einstreuart.	57
Abb. 16: Medianwert der Calciumkonzentration [in mg/dl] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	58
Abb. 17: Durchschnittliche Phosphorkonzentration [in mg/dl] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	59
Abb. 18: Durchschnittliches Körpergewicht [in kg] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	62
Abb. 19: Überlebensrate der Hennen [in %] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.	63
Abb. 20: Medianwert der Knochenbruchfestigkeit der Femura [in N] in Abhängigkeit von der Einstreuart.	66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wichtige rechtliche Vorschriften für die Legehennenhaltung	3
Tabelle 2: Einige Angaben zur Konzentration von IgY im Eidotter	12
Tabelle 3: Knochenbruchfestigkeit der Femura	17
Tabelle 4: Vergleich der Stalldaten eines Volierenabteils mit der Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung	27
Tabelle 5: Schema zur Beurteilung des Gefieders bei Legehennen	34
Tabelle 6: Verhaltensweisen auf die bei der Direktbeobachtung beim Scan Sampling geachtet wurde, deren Kategorie, Definition und Bereiche in denen sie vermerkt wurden	38
Tabelle 7: Verhaltensweisen auf die bei der Direktbeobachtung durch Behaviour Sampling geachtet wurde, deren Kategorie und Definition	39
Tabelle 8: Calcium-Phosphor-Verhältnis im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart	60
Tabelle 9: Durchschnittsnoten für die Gefiederbeurteilung im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart (+/-SEM)	61
Tabelle 10: Anteil von Brustbeinverkrümmungen [in %] in Abhängigkeit von der Einstreuart	64
Tabelle 11: Anteil von Fettlebern [in %] in Abhängigkeit von der Einstreuart	65
Tabelle 12: Anteil der Hennen in den vier Volierenbereichen [in %] am Vormittag und ihr Verhalten in Abhängigkeit von der Einstreuart (+/-SEM)	67
Tabelle 13: Anteil der Hennen in den vier Volierenbereichen [in %] am Nachmittag und ihr Verhalten in Abhängigkeit von der Einstreuart (+/-SEM)	69

Tabelle 14: Durchschnittliche Dauer des Sandbadeverhaltens [in sec] und Häufigkeit [pro h] in Abhängigkeit von der Einstreuart (+/-SEM)	72
Tabelle 15: Ergebnisse der Gruppen für die Untersuchungsparameter	73

1 Einleitung

In der Legehennenhaltung gab es zahlreiche Entwicklungsschritte. Von der ehemals üblichen Auslaufhaltung und Bodenhaltung ging die Entwicklung schließlich zur Käfighaltung. Diese ist technisch sehr weit entwickelt und ermöglicht es, große Bestände mit vergleichsweise geringem Arbeitszeitaufwand zu halten, die natürlichen Bedürfnisse der Tiere werden jedoch zugunsten von Leistung und Produktivität zurückgestuft. In der Öffentlichkeit vollzieht sich jedoch seit Jahren ein Meinungswechsel. Immer mehr Verbraucher achten auf eine tiergerechte Unterbringung der Tiere und die Legehennenhaltung ist in der Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung (neue Fassung von 2006) geregelt. Die Volierenhaltung gehört zur Bodenhaltung, nutzt jedoch bis zu vier Ebenen des Stalls für die Haltung und Bedürfnisse der Tiere aus.

In Hinblick auf die Ansprüche der Legehennen, wie Freiheit vor Hunger und Durst, ausreichende Beleuchtung und Nachbarschaft zu Artgenossen, genügen alle Systeme den Haltungsansprüchen. Darüber hinaus sollte man aber auf Ansprüche der Tiere in bezug auf die Freiheit zur Äußerung der normalen Verhaltensweisen achten. Verhaltensweisen, wie das Futtersuch- und Sandbadeverhalten, können in der bisherigen Käfighaltung kaum ausgeübt werden. Bei alternativen Systemen ist dies möglich. Allerdings erfordern derartige Haltungssysteme ein gutes Management.

Ziel der Arbeit ist es herauszufinden, wie sich verschiedene Einstreuarten auf die Volierenhaltung von Legehennen auswirken und in welcher Weise sie ethologischen und ökonomischen Anforderungen an ein Haltungssystem für Legehennen Rechnung tragen. Dafür werden verschiedene Parameter aus den Bereichen Leistung, Gesundheit und Verhalten untersucht. Bei den Verhaltensbeobachtungen wurde besonderes Augenmerk auf das Sozial-, Futtersuch- und Sandbadeverhalten gelegt.

2 Literatur

2.1 Rechtliche Anforderungen an die Legehennenhaltung

In der Schweiz wurde 1981 mit der Schweizer Tierschutzverordnung die Käfighaltung verboten. Seit 1992 gibt es dort keine Batteriehaltung mehr (SCHWEIZER TIERSCHUTZVERORDNUNG 1981). Die EU gestattet die Käfighaltung noch bis zum Jahr 2012 und hat ausgestaltete Käfige auf unbegrenzte Zeit zugelassen (EG-RICHTLINIE 1999/74/EG). In Deutschland wurde die Legehennenhaltung bis zum Jahr 1999 von der VERORDNUNG ZUM SCHUTZ VON LEGEHENNEN BEI KÄFIGHALTUNG (1981) geregelt, die durch ein Urteil des Bundesverfassungsgerichtes am 06.07.1999 für nichtig erklärt wurde.

Die Ausgestaltung alternativer Haltungsformen wurde erst ab dem 15.05.1991 mit der VERORDNUNG 1274/91/EWG DER KOMMISSION MIT DURCHFÜHRUNGSVORSCHRIFTEN FÜR DIE VERORDNUNG NR.1907/90/EWG DES RATES ÜBER BESTIMMTE VERMARKTUNGSNORMEN FÜR EIER gesetzlich vorgeschrieben. Damit gab es Rechtsvorschriften, mit deren Hilfe man auf die Ausgestaltung alternativer Haltungssysteme Einfluss nehmen konnte.

Die Umsetzung der EG-RICHTLINIE 1997/74/EG trat mit der ERSTEN VERORDNUNG ZUR ÄNDERUNG DER TIERSCHUTZ-NUTZTIERHALTUNGS-VERORDNUNG vom 28.02.2002 in Kraft. Durch diese mussten neue Haltungsformen für Hennen so gestaltet werden, dass raumgreifende Bewegungen möglich sind, ein Nest zur Eiablage vorhanden und ein artgemäßes Fressen, Trinken, Ruhen und Sandbaden möglich ist. Es wird nicht mehr zwischen den unterschiedlichen Haltungsformen unterschieden, jedoch sind die allgemeinen Anforderungen so formuliert, dass nur noch die Boden-, Volieren- und Auslaufhaltung sie erfüllen (ACHILLES et al., 2002).

Zum 01.07.2007 sollte die Übergangsfrist für die Legehennenhaltung in Käfigen enden. Am 01.08.2006 beschloss der Bundesrat ÄNDERUNGEN DER TIERSCHUTZ-NUTZTIERHALTUNGS-VERORDNUNG. Demnach dürfen Legehennen nach einer Übergangsfrist, die am 31.12.2006 beginnt, ab 1.

Januar 2009 nur noch am Boden, im Freiland oder (neu dazugekommen) in tiergerechten Kleinvöliern gehalten werden.

Tabelle 1:

Wichtige rechtliche Vorschriften für die Legehennenhaltung

	EU-Richtlinie 1999/74/EG, Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen	Tierschutz- Nutztierhaltungs- Verordnung Vom 25.10.2001 mit Änderungen vom 28.02.2002 und 01.08.2006	Neue Vermarktungsnormen für Eier (Änderung der Verordnung 1274/91/EWG sowie 1907/90/EWG)
Bestandsgröße	-	Max. 6000 Tiere je Gruppe	-
Besatzdichte	Max. 9 Hennen je m ² nutzbarer Fläche (Ausnahme: max. 12 Tiere je m ² verfügbare Fläche)	In Kleingruppen max. 12,5 Hennen je m ² nutzbarer Fläche (Ausnahme max. 11,1 Hennen ab einem durchschnittlichem Gewicht von 2 kg), in Bodenhaltung max. 9 Hennen je m ² nutzbarer Fläche, in Haltungen mit mehreren Ebenen max. 18 Hennen je m ² nutzbarer Stallgundfläche	Max. 9 Hennen je m ² nutzbarer Fläche (Ausnahme: max. 12 Tiere je m ² verfügbare Fläche)

Einstreufäche	Mind. 1/3 der Bodenfläche, mind. 250 cm ² je Henne	Mind. 1/3 der Bodenfläche und mind. 250 cm ² je Henne in Bodenhaltung; in Kleingruppen mind. 800 cm ² je 10 Hennen	Mind. 1/3 der Bodenfläche, mind. 250 cm ² je Henne
Rundfüttertrog	Mind. 4 cm je Henne	Mind. 4 cm je Henne	Mind. 4 cm je Henne
Längsfüttertrog	Mind. 10 cm je Henne	In Bodenhaltung mind. 10 cm je Henne und in Kleingruppen je Henne mind. 12 cm und 14,5 cm ab einem durchschnittlichen Gewicht von 2 kg	Mind. 10 cm je Henne
Rinnentränke	Mind. 2,5 cm je Henne	Mind. 2,5 cm je Henne	Mind. 2,5 cm je Henne
Rundtränke	Mind. 1 cm je Henne	Mind. 1 cm je Henne	Mind. 1 cm je Henne
Nippel/Näpfe	Max. 10 Hennen pro Stück	Max. 10 Hennen pro Stück	Max. 10 Hennen pro Stück
Einzelnest	Mind. 1 je 7 Hennen	Mind. 1 je 7 Hennen	Mind. 1 je 7 Hennen
Gruppennest	Max. 120 Hennen für mind. 1 m ²	Mind. 900 cm ² je 10 Hennen, in Bodenhaltung max. 120 Hennen pro m ²	Max. 120 Hennen für mind. 1 m ²
Sitzstange	Mind. 15 cm je Henne	Mind. 15 cm je Henne	Mind. 15 cm je Henne

Mindesthöhe	bei Haltungen mit mehreren Ebenen max. 4 Ebenen erlaubt mit Abstand von mind. 45 cm	Mind. 60 cm an der Seite mit Futtertrog, sonst 50 cm in Kleingruppen; bei Haltungen mit mehreren Ebenen max. 4 Ebenen erlaubt mit Abstand von mind. 45 cm	-
-------------	---	---	---

2.2 Haltung von Legehennen in Volieren

Volierensysteme werden nach der Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung zur Bodenhaltung gezählt. Volieren sind Etagensysteme mit Zwischenböden, bei denen Futtertröge, Tränken, Nester und Sitzstangen auf maximal 4 Ebenen angebracht sind. Der Abstand zwischen den Ebenen muss mindestens 45 cm betragen und es darf von einer Ebene kein Kot auf eine tiefer liegende Ebene fallen (PETERMANN, 2003). Bei der Entwicklung der Voliere stand das Normalverhalten der Hennen am Anfang der Überlegungen (FÖLSCH, 1981b). Durch zusätzliche Stalleinrichtungen und die Nutzung der dritten Dimension mit erhöhten Sitzstangen und Etagen wurde die konventionelle Bodenhaltung zur Voliere weiterentwickelt. Die wichtigste Änderung besteht in der Strukturierung in einzelne Funktionsbereiche (FRÖHLICH und OESTER, 2003). Die Haltung in Volieren hat sich in der Schweiz heute vollständig durchgesetzt. In Deutschland stieg der Anteil der Betriebe mit Volierenhaltung nach der ZMP-Marktbilanz von 2004 von 2,8% im Jahr 2000 auf 4,5% im Jahr 2002.

2.3 Die Linie ISA Brown

Die Linie ISA Brown ist ein weltweit verbreiteter Hybrid zur Produktion braunschaliger Eier. Sie wurde von der französischen Firma ISA aus den Rassen Rhode Island Red und Rhode Island White gezüchtet. Die Firma ISA ist inzwischen ein Teil der zu Merial Ltd. gehörenden Hendrix-Genetics.

Nach Angaben des Züchters liegt die Spitze der Eierproduktion bei 95% und wird in der 26. Lebenswoche erreicht. Das durchschnittliche Eigewicht liegt bei 63,1 g und die durchschnittliche Mortalität bei 6,8% (Überlebensrate von 93,2%). Die Legereife wird nach 143 Tagen erreicht (HENDRIX-GENETICS, 2006).

In zwei Leistungsprüfungen, die in Boden- und Volierenhaltungssystemen durchgeführt wurden, lag die Mortalität bei 7,1% (LANGE und KEPPLER, 1999).

Der Sollwert der Legeleistung liegt nach 44 Lebenswochen bei 89,0% während das Gewicht zwischen 1900 und 2000 g betragen soll (HUBBARD ISA, 1998).

2.4 Leistung und Produktivität

2.4.1 Legeleistung

Die Legeleistung gibt die täglich wahrgenommene Eieranzahl als Prozentwert, bezogen auf die Tierzahl, an. Der Legebeginn ist ab einer Gruppenlegeleistung von 10% erreicht, von Legereife spricht man bei Erreichen einer 50%-igen Legeleistung an 3 aufeinanderfolgenden Tagen.

In Legeleistungsprüfungen von 1991-1993 betrug die Eizahl pro Durchschnittshenne bei Braunlegern 289,5 Eier und die Legereife wurde mit 151,9 Lebenstagen erreicht (FLOCK und HEIL, 2001). In Prüfungen von 2002-2004 wurde bei Braunlegern eine Eizahl von 325,1 Eiern pro Durchschnittshenne erreicht, zur Legereife kam es am 146. Tag (ANONYMUS, 2005). Ohne Unterscheidung von Braun- und Weißlegern gibt die ZMP-Marktbilanz 2004 einen Wert von 277 Eiern/Huhn/Jahr an. Untersuchungen in Schweizer Volierenställen ergaben eine durchschnittliche Legeleistung von 279 Eiern pro Durchschnittshenne (AMGARTEN und MEIERHANS, 1992)

2.4.2 Eiverschmutzung und verlegte Eier

Auf die Sauberkeit der Eischale wirken sich fast ausschließlich Haltungsfaktoren, wie unsaubere Nester bzw. Eirinnen, feuchte, verklebte Einstreu, zu wenig Einstreu in den Nestern und viel Glucken, aus. Eine andere Ursache sind Eileitervorfälle, Eileiterentzündungen und Kannibalismus, die zu mit Blut beschmierten Eiern führen können (KRAX, 1974).

In Volierenhaltungen weisen die Eier durch verschmutzte Nester und das fälschliche Ablegen in der Einstreu meist einen höheren Verschmutzungsgrad auf als in Käfighaltungen (ABRAHAMSON et al., 1995; LEYENDECKER et al., 2001a). Um den Schmutzeanteil zu verringern sollte deshalb versucht werden die Nestakzeptanz zu erhöhen. Dazu ist eine ausreichende Anzahl an Nestern, deren gleichmäßigere Auslastung und Uniformität, nötig (BAUER, 1995). KEELING (2004) sieht als einen Grund für das Verlegen von Eiern von der Henne als ungeeignet zur Eiablage empfundene Nester. Als weiteren Grund nennt er Plätze, die den Hennen als geeigneter zur Eiablage erscheinen als ihr Nest. HULZEBOSCH (2004) betrachtet einige Faktoren für die Nutzung der Nester zum Eierlegen für wichtig. Darunter das Grundmaterial des Nestes, die Einstreu, die Haltungsform, die Verteilung der Nester und die Leichtigkeit ein Nest zu besetzen. Er beschreibt auch die Vorliebe von Legehennen für Abrollnester (gegenüber eingestreuten) und von Einzelnestern (gegenüber Gemeinschaftsnestern). Zum Vermeiden von Bodeneiern schlägt er einen erhöhten Boden und eine geringe Entfernung der Legenester zu den Tränken vor. Die Einstreu auf dem Boden sollte zu Beginn der Legeperiode nicht zu hoch sein um die Hennen nicht zum Legen der Eier in diese zu animieren.

Das Legen von Eiern außerhalb des Nestes (solche Eier werden als verlegte Eier bezeichnet) fordert einen erhöhten Arbeitsaufwand, verursacht durch das Einsammeln der Eier. Diese verschmutzen leichter und werden von den Hennen angepickt und gefressen, daher ist es nötig die Anzahl der Bodeneier möglichst gering zu halten. Ein Anteil an verlegten Eiern von 3-4% der Gesamteierzahl ist tolerierbar. Faktoren, die Einfluss auf das Legeverhalten, und damit auf die verlegten Eier haben sind unter anderem die Aufzucht, die Länge der Eingewöhnungsphase vor Legebeginn, die Hybridherkunft und das Management im Betrieb (ACHILLES et al., 2002).

Bei einer Bewertung von Haltungssystemen bezüglich des Schmutzeieranteils muss jedoch immer die Eischalenfarbe mitberücksichtigt werden, da Verschmutzungen auf weißen Eiern leichter zu erkennen sind als auf braunen.

2.4.3 Eigewicht

Das Eigewicht schwankt zwischen 40 und 90 g. Das Eigewicht hängt dabei vor allem von der Herkunft (Weißleger erreichen 62-63 g pro Ei, Braunleger 65-67 g), dem Alter der Henne (die Eigröße nimmt mit dem Hennenalter zu), der Körpergröße in Relation zum Herdenmittel, der Futterzusammensetzung und der Stalltemperatur ab (GRASHORN, 2004). Krankheiten wie Infektiöse Bronchitis, Newcastle Disease, Lebererkrankungen und Intoxikationen führen zu einer niedrigeren Eigröße. Nach KRAX (1974) gibt es einen negativen Zusammenhang zwischen Größe der Eier und früher Legereife, durch verzögerte Legereife erhöht sich das Anfangseigewicht. Zu einem Gewichtsverlust kann es durch die Lagerung, in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit, durch den Verlust von Feuchtigkeit aus dem Ei kommen. Der Verlust ist umso größer, je länger die Eier gelagert, bzw. je ungünstiger die Lagerbedingungen sind. In stark erwärmten Verpackungen können einem Ei in kurzer Zeit einige Gramm Feuchtigkeit entzogen werden. Dies wirkt sich vor allem bei „Grenzeiern“, die dann in die nächst tiefere Gewichtsklasse fallen, negativ aus (KRAX, 1974). Ein Mangel an Aminosäuren und Protein im Futter hat eine deutliche Abnahme des Einzeleigewichts zur Folge (FISHER, 1969). Durch Trinkwassermangel kommt es ebenfalls zu reduzierten Eigewichten (PINGEL und JEROCH, 1980).

Das durchschnittliche Eigewicht der Linie ISA Brown lag bei einer Legeleistungsprüfung in Käfigen bei 65,8 g, die aller Braunleger bei 66,2 g (ANONYMUS, 2005). HENDRIX GENETICS (2006) gibt ein Eigewicht von 63,1 g für Legehennen der Linie ISA Brown an.

2.4.4 Eischalenqualität

Die Hauptursache für Brucheier ist eine ungenügende Schalendicke (FEHLHABER und JANETSCHKE, 1992). Neben dieser ist die Bruchfestigkeit der Eischale ein weiteres wichtiges Merkmal für die Entstehung von Brucheiern. Die Schalenqualität wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Sie nimmt mit zunehmendem Alter der Tiere ab, resultierend aus einer verminderten Fähigkeit der Hennen das mit dem Futter aufgenommene Calcium zu resorbieren (CORDTS et al., 2001). Jedoch dürfte bei Hennen in alternativen Haltungssystemen, bedingt durch den Verzehr von Einstreu, der Darmtrakt vergrößert sein, wodurch die Verdaulichkeit von Calcium und anderen Mineralstoffen verbessert wird (BESSEI und DAMME, 1998).

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die Fütterung, insbesondere das Ca-P-Verhältnis im Futter, in der ersten Phase benötigen die Hennen eine geringere Ca-Konzentration in der Futtermischung als in den späteren Legemonaten, da mit zunehmendem Alter auch die Größe der Eier zunimmt und somit mehr Eischalenmasse produziert werden muss (SCHOLTYSSSEK, 1994). ROLAND (1986) wertete 44 Forschungsergebnisse, die den Vergleich von Austern-/Muschelschalen und Kalkstein verschiedener Herkunft und Partikelgröße beinhalten, aus. Tendenziell zeigte sich, dass größere Partikel (Austernschalen oder Kalkstein) gegenüber feingemahlenem Kalkstein im Futter zu einer besseren Eischalenqualität führen. Die positive Wirkung der Korngröße auf die Schalenbildung war deutlicher als dessen Herkunft.

Eine ausreichende Versorgung mit Vitamin D (LEYENDECKER et al., 2002) ist ebenso nötig wie die mit Vitamin C (SCHOLTYSSSEK, 1968).

Auch verschiedene Krankheiten, wie die Infektiöse Bronchitis (IB) führen zu einer mangelhaften Eischalenbildung (CORDTS et al., 2001).

KRAX (1974) weist auf eine negative Beeinflussung der Schalenqualität durch hohe Umwelttemperaturen hin, die durch verringerte Futteraufnahme ausgelöst wird. Die Schalenqualität nimmt bereits nach einem Tag ab, benötigt aber 4 Tage um sich wieder zu normalisieren.

Stress, ausgelöst durch große Aufregung im Stall oder Störungen der Hennen in der Phase der Eischalenbildung führt zur Bildung von weichen, rissigen Eischalen (APPLEBY et al., 2004).

Ein möglicher Einfluss des Haltungssystems wurde auch überprüft, die bisherigen Ergebnisse in der Literatur sind aber nicht einheitlich.

LEYENDECKER et al. (2002) verglichen die durchschnittliche Bruchfestigkeit der Eischale von Legehennen in Volierenhaltung. Diese betrug am Ende des 6. Legemonats 37,9 N, erhöhte sich zu Ende des 9. Legemonats auf 38,9 N und fiel am Ende des 14. Legemonats auf 31,4 N ab. Verglichen mit der Bruchfestigkeit in anderen Haltungssystemen zeigten sich in der Volierenhaltung signifikant hohe Werte.

BISHOP et al. (2000) konnten eine negative Korrelation zwischen Schalenstabilität und Knochenfestigkeit feststellen.

Ebenso wurde eine negative Korrelation zwischen der Festigkeit der Tibiaknochen und der Dicke der Schalen ermittelt (LEYENDECKER et al., 2001b). Die negative Korrelation von Schalenstabilität und Knochenbruchfestigkeit wurde in weiteren Untersuchungen bestätigt (LEYENDECKER et al., 2002).

BERGFELD et al. (2004) stellten bei Braunlegern mit Stroheinstreu in alternativen Haltungssystemen eine durchschnittliche Bruchfestigkeit von 45,79 / 41,60 und 36,35 N nach 25 / 50 bzw. mehr als 60 Lebenswochen fest. Braunleger mit sonstiger Einstreu erzielten Werte von 45,85 / 38,29 und 34,79 N nach 25 / 50 bzw. mehr als 60 Lebenswochen.

2.4.5 Knick- und Brucheier

Der Anteil an Knick- und Brucheiern ist in Käfigen meist höher als in der Volierenhaltung (ABRAHAMSON et al., 1995; LEYENDECKER et al., 2001a). Die erhöhte Anzahl beruht auf einer räumlich konzentrierten Eiablage in den Nestern, dadurch kann es zu Kollisionen zwischen den Eiern und daraufhin zu einer Beschädigung der Eischale kommen (WALL und Tauson, 2002). Zu einer Erhöhung der Knick- und Brucheianzahl kann es in Volierenhaltungen durch ungleichmäßige Nutzung und Überbesetzung mancher Nester kommen (BAUER, 1995). KRAX (1974) verweist auf Konstruktionsfehler in Käfigen, die die Knickeianzahl erhöhen können. Auch verweist er darauf, dass man Knickeier in der Käfighaltung noch einsammeln kann, während in anderen Haltungen die Möglichkeit des Auffressens der Eier durch die Hennen besteht.

2.5 Immunglobulin Y

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurde über die Immunität des Huhnes gegen Tetanusbazillen und deren Übertragung durch das Eigelb berichtet (KLEMPERER, 1893). Die Bezeichnung der Immunglobuline des Huhnes wurde in der Literatur unterschiedlichst gehandhabt und sorgte so für Verwirrung. Die Immunglobulin-Klassen der Vögel weisen Ähnlichkeiten mit denen der Säugetiere auf und werden oft als IgG, IgM und IgA bezeichnet (NEUMANN und KALETA, 1992). LÖSCH (1972) beschrieb, dass das langsamer sedimentierende Immunglobulin des Haushuhns sich in einigen Eigenschaften von Säugetierimmunglobulinen der Klasse G unterscheidet. LESLIE und CLEM schlugen 1969 die Bezeichnung IgY für das Immunglobulin des Huhnes vor, da dieses Hühnerimmunglobulin dem Säugetier-IgG mehr als irgendeinem anderen Säugetier-Immunglobulin ähnelt. Y steht hierbei für Yolk, den englischen Namen für Eidotter. Teilweise bezeichnet man IgG und IgY synonym (SCHADE et al., 1996). Nachfolgend wird unabhängig vom Autor die Bezeichnung IgY verwendet.

Das IgY gelangt über die intensive Blutzirkulation der Follikel in das Eidotter und wird über einen aktiven Mechanismus aus dem Plasma ins Ei transportiert (KÜHLMANN et al., 1988). ROSE et al. (1974) vermuteten höhere IgY-Konzentrationen im Dotter als im Plasma und LARSEN et al. (1993) waren aufgrund des aktiven Transportes von der Henne in den Dotter ebenfalls dieser Meinung. Nach LÖSCH et al. (1986) wird der Serumantikörpertiter durch die Antikörpermenge im Eidotter widerspiegelt, weil der Titer im Dotter proportional im Abstand von ungefähr einer Woche nach dem Titer im Serum ansteigt. Zu einem Anstieg der Antikörperkonzentration kommt es nach POLSON et al. (1980) und RICKE et al. (1988) nach Immunisierungen. Sie beschreiben den spezifischen Antikörperanstieg im Ei mit einem Höhepunkt nach 20 Tagen.

Nach Angaben von ROSE und ORLANS (1981) bewegen sich die IgY-Konzentrationen im Serum zwischen 20 und 25 mg/ml, wobei sie von höheren Konzentrationen im Dotter ausgehen. REES und NORDSKOG (1981) geben Werte der Immunglobulin-Konzentration im Blut von 6,6-13,5 mg/ml, bei

Einzeltieren auch über 19 mg/ml, mit einer großen Variabilität zwischen einzelnen Individuen, an.

Zur Bestimmung von Hühner-Immunglobulinen (IgY, IgM und IgA) entwickelten ERHARD et al. (1992) eine sehr empfindliche und auch spezifische Methode mit Hilfe eines Sandwich-ELISA´s (enzyme-linked immunosorbent assay).

Tabelle 2:

Einige Angaben zur Konzentration von IgY im Eidotter

Autor	Konzentration von IgY
LÖSCH et al. (1986)	3-25 mg/ml
SCHADE et al. (1991)	10-20 mg/ml
AKITA und NAKAI (1993)	8-20 mg/ml
BAUMGART (2005)	7-40 mg/ml (Mittelwert Legeperiode 12,6-14,3 mg/ml)
BAZER (2005)	10-32 mg/ml (Mittelwert Legeperiode 15,6-15,9 mg/ml)
LEBRIS (2005)	10-42 mg/ml (Mittelwert Legeperiode 20,0-22,0 mg/ml)
LICKTEIG (2006)	19-34 mg/ml (Mittelwert Legeperiode 25,8-27,8 mg/ml)

2.6 Physiologische Parameter

2.6.1 Grundlagen

Die physiologischen Werte im Blut unterliegen einer großen Schwankungsbreite, die phylogenetisch bedingt ist (SIEGMANN, 1992).

Dadurch haben Untersuchungen nur eine eingegrenzte diagnostische Bedeutung.

2.6.2 Hämatokrit und Hämoglobin

Der Richtwert für Hämoglobin liegt bei Hühnern bei 10 g/dl, der für den Hämatokrit bei 45% (SIEGMANN, 1992). Nach FREEMAN (1971) ist der Volumenanteil der Erythrozyten im Blut abhängig von der Ovulation, bei ovulierenden Hennen erreicht er Werte zwischen 19 und 30,9%, bei nicht ovulierenden solche zwischen 28,8 und 33%. Verletzungen, Blutentnahmen und Schadgase führen zu einem Absinken, Kälte zu einer Erhöhung des Erythrozytenanteils im Blut. Bedingt durch Östrogen nimmt die Erythrozytenzahl vor Beginn der Legereife ab und steigt kontinuierlich gegen Ende des Produktionsjahres (FREEMAN, 1971; ADAM, 1973).

2.6.3 Calcium und Phosphor

Calcium ist zusammen mit Phosphor ein wichtiger Gerüstbestandteil im Wirbeltierorganismus. Als Kriterium der Bedarfsbestimmung für Calcium dienen bei Legehennen die Legerate und die Eischalendicke. Der Calciumbedarf liegt bei Legehennen bei 3,7% im Futter, der von Phosphor bei 0,45%. Hühnereischalen enthalten im Durchschnitt 1,6 bis 2,4 g Calcium, dieses stammt fast ausschließlich aus dem Blut und wird innerhalb von 15 bis 16 Stunden abgelagert (HEIDER und MONREAL, 1992; GRATZL und KÖHLER, 1968).

Calcium-Mangel schränkt bei Legehennen die Eierproduktion ein, bei ausgeprägtem Mangel wird sie nach wenigen Tagen eingestellt (ANTILLON et al., 1977). Ein Phosphat-Mangel spielt bei Legehennen bei der üblichen Fütterung keine Rolle. Im Experiment nimmt die Legeleistung bei einem Phosphorgehalt des Futters von 0,2% ab, es werden dünnschaligere Eier mit einer größeren Masse gebildet (KLINGENSMITH und HESTER, 1983). Eine überdosierte Calciumversorgung über das Futter führt zu einem Anstieg des Calciums im Blutplasma und zu einer Abnahme des Phosphorgehaltes (KOLB, 1992).

2.7 Gefieder

Der Gefiederzustand des Huhnes ist ein Kriterium für dessen Gesundheitszustand und Wohlbefinden. Neben der Wärmeisolation schützt das Gefieder vor Feuchtigkeit und mechanischen Einwirkungen auf die Haut. Ferner ermöglicht es das Fliegen der Vögel und ist wichtig bei Interaktionen mit der Umwelt, es signalisiert Stimmungen und dient zur optischen Vergrößerung bei Rangordnungskämpfen und Feindabwehr (KRUIJIT, 1964; WOOD-GUSH, 1971). Weiterhin ermöglicht es das gegenseitige Erkennen der Artgenossen (DYCE et al., 1997).

Studien von WALL (2003) zeigten einen positiven Einfluss des Staubbadens auf das Auftreten von Gefiederschäden. ABRAHAMSSON et al. (1996) konnten keinen Unterschied in der Gefiederqualität durch den Zugang zu Staubbädern nachweisen.

2.8 Mortalität und Tiergesundheit

BESSEI (1999) gibt für die gesamte Legeperiode Mortalitätsraten von 4-7% an, damit gibt eine Sterblichkeitsrate von 0,5% pro Monat keinen Anlass zur Besorgnis. Beim Vergleich der Mortalitätsraten in verschiedenen Haltungssystemen ist es wichtig zu beachten, dass diese zu einem nicht unerheblichen Maß vom jeweiligen Management beeinflusst werden. So schreiben viele Autoren von höheren Verlusten in der Volierenhaltung als in Käfighaltung (TAUSON et al., 1999; PETERMANN, 2003; GERKEN, 1994). Untersuchungen in der Schweiz, in der die Volierenhaltung schon seit den 1980er Jahren ausgiebig genutzt wird, zeigten, dass auch in der Volierenhaltung wesentlich niedrigere Mortalitätsraten erreicht werden können wenn langfristige Erfahrung mit dieser besteht (HÄNE, 1999). In einer systematischen Übersicht über die Volierenhaltung konnten AERNI et al. (2005) keine signifikanten Unterschiede der Mortalitätsrate in Volieren zu der in Käfighaltung feststellen.

Eine der Hauptursachen für die Mortalitätsrate ist in allen Haltungssystemen die Salpingitis. Nach KLACZINSKI (1992) steht sie an zweiter Stelle der Abgangsursachen von Legehennen, in Legehennenleistungsprüfungen von

1991-1993 durch FLOCK und HEIL (2001) betrug die durch sie verursachte Mortalitätsrate 1,7% und war somit deren Hauptursache. Eine Salpingitis ist multifaktoriell bedingt und durch mechanische Verletzungen, ein gestörtes Östrogen-Progesteron-Verhältnis, hohe Legeleistung und große Eigewichte begünstigt (KLACZINSKI, 1992).

Eine weitere wichtige Ursache für die Mortalität ist der Kannibalismus, der eine Mortalitätsrate von 1,1% verursachte (FLOCK und HEIL, 2001). ALLEN und PERRY (1975) definieren den Kannibalismus als Verhaltensweise, bei der Hautgewebe oder blutgefüllte Federkiele von Artgenossen bepickt werden und dadurch größere Verletzungen entstehen, die ein verstärktes Interesse der anderen Tiere nach sich ziehen. Verletzte Tiere werden in der Regel so lange verfolgt, bis sie so stark geschwächt sind, dass sie nicht mehr fliehen können und dann getötet.

Ein weiteres Problem bei der Legehennenhaltung stellt das Fettlebersyndrom dar. Bestände, in denen es auftritt, zeigen einen Leistungseinbruch und eine erhöhte Mortalität, die jedoch gewöhnlich unter 5% bleibt. Die Pathogenese des Fettlebersyndroms ist multifaktoriell und nicht in allen Einzelheiten geklärt, jedoch sind Herkunft, Östrogenspiegel, Fütterung von Bedeutung (TEGELER, 1992). Ein weiterer Grund ist die Einschränkung der Bewegung. KEUTGEN et al. (1999) stellten in Käfighaltungen häufiger das Fettlebersyndrom fest als in Bodenhaltungen, der Grad deren Ausprägung war ebenfalls in der Käfighaltung am stärksten.

Um eine weitere, stark von der Haltungsform beeinflusste Veränderung, handelt es sich bei der Brustbeindeformation. Brustbeindeformationen bei Legehennen stellen sich entweder als s-förmige Verbiegungen, als dorso-ventrale Stauchungen oder als osteale Verdickungen dar (KEUTGEN et al., 1999). WAHLSTRÖM et al. (2001) schreiben vom Einfluss der Sitzstangen und der Druckbelastung beim Hocken auf diesen als Grund für Brustbeindeformationen. Nach GREGORY et al. (1990) ist das gehäufte Auftreten von Frakturen des Brustbeines auf fehlerhaftes Anfliegen der Sitzstangen zurückzuführen. KEUTGEN et al. (1999) schrieben von Brustbeindeformationen bei 73,3% der Tiere in Auslaufhaltung, 60,7% in Bodenhaltung und 35,6% in der konventionellen Käfighaltung.

2.9 Bruchfestigkeit der Knochen

Legehennen leiden oft unter Knochenproblemen wie Knochenschwäche, Knochendformationen und Knochenbrüchen (RATH et al., 2000). Die Osteoporose ist als Hauptursache dafür anzusehen (RANDALL und DUFF, 1988). Bei ihr handelt es sich um einen Verlust von vollständig mineralisierter Knochensubstanz, mit der Folge einer herabgesetzten Knochenfestigkeit und einer erhöhten Frakturanfälligkeit (WHITEHEAD, 1999). WILSON et al. (1992) zeigten, dass die Entwicklung der Osteoporose mit Erreichen der Geschlechtsreife beginnt, und im Lauf der Legeperiode fortschreitet, so dass die Hennen am Ende ihrer Legeaktivität die deutlichsten Ausprägungen zeigen. Verschiedene Faktoren sind an der Entstehung von Osteoporose beteiligt. Zum einen kommt es aufgrund des hohen Calciumbedarfs für die Eischalenproduktion zum Abbau der medullären Knochensubstanz, die als Calciumreservoir dient. Sind diese Reserven aufgebraucht greifen die Hennen auf die kortikale Knochenmasse zurück, deren Abbau zur Abnahme der Bruchfestigkeit der Knochen führt (FLEMING et al., 1998). Auch das Aufzuchtssystem und eine erbliche Veranlagung sind mitverantwortlich (GREGORY et al., 1991; BISHOP et al., 2000). KNOWLES und BROOM (1990) fanden heraus, dass leichtere Legelinien in der Regel eine geringere Knochenfestigkeit als schwere Legelinien haben. Herausragende Bedeutung für die Entstehung der Osteoporose dürfte jedoch das Haltungssystem haben. Hennen in Boden-, Volieren- und Freilandhaltung wiesen höhere Knochenfestigkeit auf als solche in Käfigen (KNOWLES und BROOM, 1990; LEYENDECKER et al., 2002). KNOWLES und BROOM (1990) gehen davon aus, dass eine vermehrte Beanspruchung von Knochen deren Bruchfestigkeit erhöht. Das Risiko von Knochenbrüchen bei der Volierenhaltung scheint größer zu sein als in der Käfighaltung, da geschlachtete Hennen aus der Volierenhaltung mehr alte, verheilte Knochenbrüche aufwiesen als solche aus Käfighaltung (GREGORY et al., 1990).

Tabelle 3:
Knochenbruchfestigkeit der Femura

Autor, Rasse, Haltung	Nutzungsdauer	Mittlere Knochenbruchfestigkeit in Newton (N)
BAUMGART (2005) Tetra-SL Voliere	10 Legemonate	217,6 (4,5 Tiere/m ²) 263,7 (9 Tiere/m ²) 247,7 (13,5 Tiere/m ²) 224,6 (18 Tiere/m ²)
BAZER (2005) Tetra-SL Voliere mit Auslauf	10 Legemonate	280,1 271,7
SCHÜMANN (2006) ISA Brown Voliere mit Auslauf	11 Legemonate	261,0 267,0
LICKTEIG (2006) LSL/LB Voliere	14 Legemonate	226,0 (LSL-Hennen) 212,6 (LB-Hennen)

2.10 Verhalten

2.10.1 Allgemeine Verhaltensweisen

Das Verhalten kann als ein Mittel zur Anpassung des Tieres an seine Umwelt gesehen werden. Damit liefert das Beobachten des Verhaltensrepertoires von Legehennen wichtige Anhaltspunkte für die Bewertung seines Haltungssystems.

Wenn es möglich ist, leben Hühner in kleinen Gruppen, von denen jede ihr eigenes Territorium hat, und das an die Territorien anderer Gruppen grenzt (MCBRIDE et al., 1969). Innerhalb der Gruppe bestehen soziale Beziehungen, die auf der Rangordnung beruhen; in kleinen Gruppen ist diese oft linear. Eine ihrer Wirkungen scheint die Reduzierung der Aggressionen innerhalb der

Gruppe zu sein (GUHL, 1962). Dafür ist das Wiedererkennen aller anderen Individuen in einer Gruppe nötig. In Hennenherden bis zu 96 Tieren ist es möglich stabile Gruppen zu bilden, in größeren Gruppen wird die Rangordnung nicht wiedererkannt und es kommt immer wieder zu Kämpfen (D'EATH und KEELING, 2003). Übersteigt die Tierzahl die Möglichkeit mit jedem Artgenossen Kämpfe auszutragen, erhöht sich die Reizschwelle und die Aggressionen nehmen wieder ab (HUGHES et al., 1997; NICOL et al., 1999). Aggressionsverhalten wird dadurch hervorgerufen, dass ein Tier ins Umfeld eines Artgenossen kommt (MCBRIDE, 1970). Soziale Interaktionen sind zum Beispiel „Hacken“ und „Gehackt werden“, „Jagen“ und „Gejagt werden“, „Kämpfen“ und „Federpicken“. Zum Eiablageverhalten gehören das Entfernen aus der Gruppe, der Nestsuchlaut, evtl. das führende Begleiten und Aufsuchen möglicher Nestplätze durch den Hahn, Nestbauhandlungen und das Sitzen im Nest. Zum Funktionskreis des Ernährungsverhaltens gehören „Trinken“, „Futterpicken“, „Scharren“ und „Objektpicken“ (FÖLSCH, 1981a). Zum Komfortverhalten gehören verschiedene Handlungen, die mit der Pflege der Körperoberfläche verbunden sind, wie „Putzen“, „Flügelschlagen“ und „Sandbaden“ (KRUIJT, 1964). Zur genauen Definition einiger Verhaltenweisen siehe auch Tabellen 6 und 7.

2.10.2 Hähne in Legehennengruppen

Unter natürlichen Bedingungen bestehen Hühnergruppen aus 1-4 Hähnen und bis zu 10 Hennen. Die Hähne bewachen die Grenzen des Reviers und verteidigen sie gegenüber den Hähnen aus den Nachbarrevieren. In jeder Gruppe gibt es einen dominanten Hahn, der über allen anderen Hähnen steht. Alle Hähne stehen in der Rangordnung über den Hennen (MCBRIDE et al., 1969). Einen positiven Einfluss auf das Sozialverhalten können Hähne in großen Gruppen ausüben, da sie möglicherweise eine Untergruppenbildung stimulieren (KEPPLER et al., 1997) und zusätzlich zu einer Reduktion der Aggressivität der weiblichen Tiere beitragen (ODEN et al, 1999). Sie reduzieren den Kannibalismus in Legehennenherden, daneben garantieren sie den Fortbestand der Art, zeigen Futter an und begleiten die Hennen zum Nest, was zu einer geringeren Anzahl an verlegten Eiern führt (HARLANDER-

MATAUSCHEK, 2003). Empfehlungen über das Geschlechterverhältnis in Legehennenherden schwanken zwischen 1:20 und 1:100. Bei der gemeinsamen Haltung von Hähnen und Hennen ist darauf zu achten, dass die Hähne in ihrer Anpassungsfähigkeit nicht überfordert werden (HARLANDER-MATAUSCHEK, 2003).

2.10.3 Sandbaden

Das als Sand- oder Staubbaden bezeichnete Verhalten wird dem Funktionsbereich des Komfortverhaltens zugeordnet. Normalerweise erfolgt es in der lockeren Erde des Auslaufs oder in der Einstreu. Sein normaler Ablauf in Haltungen mit Einstreu ist durch die Reihenfolge typischer Verhaltenselemente gekennzeichnet. Hühner, die ohne Einstreu gehalten werden, können nur unecht und sehr unvollständig den Verhaltensablauf des Sandbadens durchführen (FÖLSCH et al., 1986).

KRUIJT (1964) gliedert den Verlauf des Sandbadens in die Elemente Picken, vertikales Flügelschütteln, Scharren, auf der Seite liegen und Kopfreiben am Boden. FÖLSCH (1981a) findet es passender das Element Kopfreiben am Boden als „Kopf-Fuss-Streifen“ zu bezeichnen. Das Sandbaden hat die Funktion der Gefiederpflege, insbesondere der Aufrechterhaltung der Federstruktur und der Regulation der Fettlipide (VAN LIERE et al., 1990). Es ist darüber hinaus für die Entfernung von Ektoparasiten aus dem Gefieder von Bedeutung (VAN LIERE, 1992). Ausgelöst wird es durch verschiedene Außenreize wie Licht, Wärme und staubiges loses Substrat. Außerdem geht von einem gerade sandbadenden Huhn ein visueller Reiz aus, das andere Hühner zum Sandbaden animiert (VESTERGAARD et al., 1999, DUNCAN, 1998). WOOD-GUSH (1971) beurteilt es als eine stark sozial getönte Aktivität. Das Unterbinden von Sandbaden führt zu einer Anhebung der Vokalisierung und deutet an, dass Hennen, deren Zugang blockiert wurde frustriert sind (ZIMMERMAN et al., 2000). CAMPO und MUNOZ (2001) untersuchten das Verhältnis von Heterophilen zu Lymphozyten als Indikator für Stress und die tonische Immobilität als Indikator für Furcht bei sandbadenden und nicht sandbadenden Tieren. Sie fanden heraus, dass bei sandbadenden Tieren das Verhältnis von Heterophilen zu Lymphozyten signifikant geringer ausfiel, daraus

schlossen sie, dass das Sandbaden den Stressstatus beeinflusst. Bei der tonischen Immobilität gab es keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

Nach FÖLSCH (1981a) liegt die Dauer des Sandbades bei ungestörtem Ablauf bei 20 Minuten. HUBER et al. (1994) gehen von einer Dauer von 20 Minuten und einem Auftreten an jedem zweiten Tag aus. FÖLSCH et al. (1985) fanden einen signifikanten Unterschied der Dauer in der Auslaufhaltung (12 Minuten) und in der Käfighaltung (5,8 Minuten) heraus.

2.10.4 Futtersuchverhalten

Das Futtersuchverhalten spielt eine große Rolle im Leben des Huhnes. Bankivahühner verbringen 61% ihrer Zeit mit ihm (DAWKINS, 1989). Zu ihm gehören unter anderem Picken und Scharren an potentiellen Futterquellen, ebenso wie die Bewegung, die mit dem Suchen und Probieren neuen Futters verbunden ist. Durch Fütterung lässt sich zwar die Notwendigkeit dieses Verhaltens beseitigen, jedoch sind die Hennen immer noch zur Nahrungssuche motiviert (HUGHES und DUNCAN, 1988). DUNCAN und HUGHES (1972) fanden heraus, dass Hennen trotz Zugang zu ausreichend Futter an weiterem Futter interessiert sind. Dieses Interesse lässt sich mit einem Bedürfnis zum Futtersuchen oder zur Erschließung neuer Futterquellen erklären. Es liefert auch eine Erklärung dafür, dass vollständig gesättigte Hennen noch Futtersuchverhalten zeigen.

2.10.5 Federpicken

Federpicken ist eines der Hauptprobleme in Legehennenhaltungen. Seine Auswirkungen schädigen sowohl das Wohlergehen der Tiere, als auch die wirtschaftlichen Verhältnisse der Halter. Unter Federpicken versteht man das Picken eines Vogels nach den Federn eines anderen, unabhängig von der Region des Körpers an dem sich dessen Befiederung befindet. Die Körperregion, die betroffen ist hängt vom Standort des pickenden Vogels und seiner Opfer ab (BILCIK und KEELING, 2000). Federpicken tritt hauptsächlich in Ruhe- und Futterbereichen auf (HANSEN, 1992). Es kann schon in der

Aufzucht auftreten, ein erstmaliges Auftreten während der Legeperiode ist jedoch ebenso möglich (ALLEN und PERRY, 1975).

Die Gründe für das Auftreten von Federpicken sind noch nicht vollständig geklärt und abhängig von vielen Faktoren, darunter die Umgebung, Ernährung, Management, Stress und Vererbung.

Zu den Umgebungsfaktoren gehören z.B. Lichtintensität und -farbe. KJAER und VESTERGAARD (1998) fanden heraus, dass sanftmütiges Federpicken häufiger in Gruppen mit niedriger Lichtintensität auftritt, wohingegen bei hoher Lichtintensität heftiges Federpicken öfter auftrat. D'EATH und STONE (1999) fanden heraus, dass auch die Lichtfarbe das Sozialverhalten beeinflusst. Nach AERNI et al. (2000) tritt Federpicken bei der Fütterung mit pelletiertem Futter häufiger auf als mit der von mehlförmigem. In größeren Gruppen tritt häufiger Federpicken auf, als in kleineren (ALLEN und PERRY, 1975) und in größeren Gruppen mit hoher Besatzdichte tritt es häufiger auf, als in solchen mit niedriger (SAVORY et al., 1999). NICOL et al. (1999) sprechen von einer Erhöhung von sanftmütigem Federpicken und Gefiederschäden bei höherer Besatzdichte und größeren Gruppen. Sie beobachteten sanftmütiges Federpicken vor allem im Boden- und Futterbereich, und heftiges im Nestbereich. Nach EL-LETHEY et al. (2000) führt Zugabe bzw. Entfernen von Stroh oder anderem Einstreumaterial zu weniger bzw. mehr Federpicken. In ängstlichen Legehennengruppen kommt es zu ausgeprägterem Federpicken (HUGHES und DUNCAN, 1972). Unterschiede im Gefiederzustand (WAHLSTRÖM et al., 2001) und Federpickverhalten (HUGHES und DUNCAN, 1972) verschiedener Hennenlinien lassen darauf schließen, dass es einen genetischen Hintergrund des Federpickens gibt. KJAER et al. (2001) konnten durch Selektion auf Federpickverhalten eine hochgradig und eine geringgradig federpickende Linie erzeugen.

In der Literatur wird die Ursache des Federpickens durch 3 Hypothesen erklärt. Die 1. Hypothese sieht eine abnormale Entwicklung des Wahrnehmungsmechanismus der für das Sandbaden verantwortlich ist als Hauptursache (VESTERGAARD et al., 1993).

Die 2. Hypothese betrachtet Federpicken als fehlgeleitetes Bodenpicken (BLOKHUIS, 1986). In Versuchen mit einem niedrigen Anteil an Bodenpicken

gab es einen hohen Anteil an Federpicken und umgekehrt (BLOKHUIS und ARKES, 1984; BLOKHUIS, 1986).

Die 3. Hypothese sieht im frühen Federpicken eine Form des sozialen Erkundens. RIEDSTRA und GROOTHUIS (2002) argumentierten, dass sanftmütiges Federpicken im jungen Alter eine wichtige Rolle in der Entwicklung und Erhaltung sozialer Beziehungen spielt.

2.10.6 Folgen des Federpickens

Die direkten Auswirkungen von Federpicken auf betroffene Tiere lassen sich auf die damit meist verbundene Schädigung des Gefieders bis hin zur vollständigen Nacktheit zurückführen. Nach BURCKHARDT et al. (1979) kann man davon ausgehen, dass beim Ausrupfen der Federn Schmerzen erlitten werden. Bei deutlichen Schädigungen kann das Gefieder seine Funktion der Thermoregulation nur noch eingeschränkt erfüllen, der daraus resultierende Wärmeverlust führt zu einem höheren Futtermittelverzehr, der pro Tier und Tag bis zu 20 g betragen kann (BLOKHUIS et al, 1998). In Zusammenhang mit starkem Federpicken tritt häufig Kannibalismus auf, der zu zahlreichen Abgängen führen kann (BESSEI, 1983). Das federpickende Tier leidet nach Ansicht von BAUM (1995) und MARTIN (1989) darunter, bestehende Handlungsbedürfnisse nicht befriedigen zu können durch das fortbestehende motivationale Ungleichgewicht. Dies alles führt zu wirtschaftlichen Einbußen des Geflügelhalters.

2.10.7 Maßnahmen gegen Federpicken

Das Kupieren der Schnabelspitze ist eine vorbeugende Maßnahme gegen Schäden durch Federpicken und Kannibalismus beim Geflügel. Als eine der Ursachen des Federpickens wird ein fehlgeleitetes Futtersuchverhalten angesehen (MARTIN, 1986; BAUM, 1995). Danach führen alle Maßnahmen, die die Aktivität am Futter bzw. die Beschäftigung mit diesem erhöhen, zu einer Abnahme des Federpickens. Dieses soll durch einen erhöhten Zeitaufwand für die Futteraufnahme durch kupierte Schnäbel eintreten. EISSELE-KRAFT (1993) hat in Untersuchungen allerdings festgestellt, dass die Dauer der

Futteraufnahme bei schnabelkupierten Tieren nicht wesentlich höher ist als bei unkupierten. Auch fand sie keinen Zusammenhang zwischen kupierten Schnäbeln und der Federpickaktivität heraus. Als Grund für die verbesserte Befiederung der schnabelkupierten Tiere nennt sie die durch das Schnabelkupieren verringerte Fähigkeit, die Federn zu erfassen und auszureißen. Nach HEYSTER und SHEA-MOORE (2003) liegen die Nachteile des Schnabelkupierens in kurzzeitigem und manchmal auch längerfristigem Schmerz, ausgelöst durch den Kupiervorgang, und in kurzzeitigem Stress. Zusätzlich ist eine Anpassung der Futteraufnahme an die neue Schnabelform, bzw. der Legehennen an eine geänderte Haltungsumwelt, nötig. Vorteile sehen sie im Wohlbefinden der Tiere durch verringertes Federziehen, reduziertem Kannibalismus, besserer Gefiederqualität und geringerer Mortalität. FIEDLER (2006) schreibt von schwerwiegenden Schäden und erheblichen, langanhaltenden Schmerzen, die durch die üblichen Kürzungsmethoden mittels Lichtbogen (Bio-beaker) und Infrarotstrahl (PSP) verursacht werden.

Während der Aufzuchtphase lässt sich Federpicken durch niedrige Bestandsdichten, Zugang zu erhöhten Sitzstangen (>35 cm) ab einem Alter von höchstens 4 Wochen (HUBER-EICHER und AUDIGE, 1999; HUBER-EICHER und SEBÖ, 2001), frühem Auslauf (APPLEBY et al., 1988) und interessanterer Beschaffenheit der Umgebung (HUBER-EICHER und WECHSLER, 1998) reduzieren. Küken, die während ihrer Aufzucht Zugang zu Stroh hatten entwickelten weniger heftiges Federpicken und Kannibalismus als andere (JOHNSEN et al., 1998).

Haltungen, die Futtersuchverhalten förderten (HUBER-EICHER und WECHSLER, 1997), Tiere bei niedriger Lichtintensität hielten (KJAER und VESTERGAARD, 1998) und in denen diese mit Stroh oder anderer Einstreu versorgt wurden (SAVORY,1999) zeigten einen Rückgang des Federpickens während der Legeperiode.

2.11 Einstreu

2.11.1 Beschäftigung der Legehennen mit der Einstreu

Einstreu hilft Legehennen beim Ausführen von Futtersuch- und Sandbadeverhalten, zwei Verhaltensweisen, deren Häufigkeit bzw. Fehlleitung man mit dem Federpicken in Verbindung bringt.

Untersuchungen von RAUCH und ARTMANN (1994) zeigten, dass es große individuelle Unterschiede in der Häufigkeit des Aufenthalts im Einstreubereich gibt. Manche Tiere suchten den Bereich 20-30 mal pro Tag auf, andere nur selten. Nach NOOGARD-NIELSEN et al. (1993) betrug der Anteil des Sandbadens bei der Nutzung des Einstreubereiches nur 10%, während er für die Beschäftigung mit der Einstreu in Form von Picken und Scharren intensiv genutzt wurde. In Haltungen mit Einstreu beschäftigen sich die Legehennen in 7 bis 25% ihrer Zeit mit Futtersuchverhalten. Selbst wenn sie regelmäßig gefüttert werden beschäftigen sie sich, falls vorhanden, mit Gras, Einstreu oder anderem losen Material (HUGHES und DUN, 1986; GIBSON et al. 1988; APPLEBY et al., 1989). Die Nutzung des Stalles zum Futtersuchen hängt stark mit der Verfügbarkeit und Qualität der Einstreumaterialien ab (HUBER-EICHER und WECHSLER, 1998).

Die Sandbadehäufigkeit hängt ebenfalls mit der Qualität der Einstreu zusammen. ODEN et al. (2002) fanden heraus, dass bei Verwendung von Einstreu guter Qualität mehr Hennen diese zum Sandbaden nutzen, beim Vorhandensein von lockerem Material in ihr kam es zu einem signifikanten Anstieg des Sandbadeverhaltens. Ein Mangel an Sandbadeverhalten führt bei den Tieren zu Stress (VESTERGAARD et al., 1997).

Ein weiterer Nutzen des mit Sandbaden und Futtersuche verbundenen Verhaltens ist die Abnutzung der stets nachwachsenden Hornsubstanz von Krallen und Schnabel am sich darunter befindlichen Boden (FÖLSCH et al., 1986). Krallen brechen bei Überlänge oft ab und überstehende Schnabelspitzen verursachen beim Artgenossen schwere Läsionen.

2.11.2 Beliebtheit verschiedener Einstreumaterialien

Die Bevorzugung bestimmter Einstreumaterialien zum Sandbaden scheint zwischen den Individuen zu variieren (VAN LIERE und SIARD, 1991) und hängt teilweise von der Aufzucht und Verwendung der Einstreu während dieser ab (VAN LIERE et al., 1990; VAN LIERE und SIAD, 1991; SANOTRA et al., 1995; NICOL et al., 2001). Torf und Sand sind zum Sandbaden beliebter als Stroh, Sägemehl und Holzspäne (VAN LIERE und SIAD, 1991; Sanotra et al., 1995; VAN LIERE et al. 1990). Sandbäder in nicht so beliebtem Material dauern kürzer als solche in bevorzugtem (VAN LIERE et al., 1990). VAN LIERE (1991) nimmt an, dass man die Qualität der Einstreu an Länge und Vollständigkeit des Sandbades feststellen kann.

MATTHEWS et al. (1995) stellten keine Bevorzugung von Torf, Sand oder Holzspänen zum Futtersuchverhalten fest, wohingegen VESTERGAARD und HOGAN (1992) Holzspäne und SANOTRA et al. (1995) Stroh als bevorzugtes Material sehen. Die Vorlieben für ein bestimmtes Material zum Futtersuchen machten sie an der Häufigkeit des Pickens und Scharrens im entsprechenden Material aus, in der Annahme, dass diese Verhaltensweisen im beliebteren Material häufiger gezeigt werden.

2.11.3 Anforderungen an die Einstreu

Die Versorgung von Legehennen mit Einstreu zum Sandbaden und Futtersuchen kann in der Praxis Probleme bereiten. Einstreu trägt zum Staubgehalt im Hühnerstall bei und kann bei falschem Management nass und fest und somit ungeeignet zum Sandbaden werden (ODEN et al., 2002). Ist die Einstreu jedoch von guter Qualität wird der Einstreubereich gerne genutzt. Um das Auftreten von Parasitendauerformen zu verhindern muss sie immer trocken und locker sein (MATTER, 1989). Ganz ausgewechselt werden muss sie nach Wurmbefall oder Einsatz von Medikamenten, um deren Wiederaufnahme durch den Kot zu verhindern (HAUSER, 1990; MATTER, 1989).

3 Material und Methoden

3.1 Grundlagen

Diese Studie wurde im Rahmen des Versuchsprojektes „Naturnahe Betriebs- und Haltungssysteme für Hühner – Tiergesundheit – Wirtschaftlichkeit – Umweltrelevanz“ durchgeführt und durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz gefördert.

Die Blutentnahmen wurden gemäß § 8a des Tierschutzgesetzes bei der Regierung von Oberbayern angezeigt (Aktenzeichen 209.1/211-2531.2-20/02).

3.2 Tiere

Der Versuch wurde mit Tieren der Linie ISA Brown durchgeführt. Diese ist eine mittelschwere, braune Eier legende Hybridlinie, die für eine maximale Eierproduktion gezüchtet wurde. Die Tiere wurden vom Bio-Geflügelhof RoBERT in Schöneck gekauft. Schlupftermin der Legehennen war der 12.04.2004; in der 17. Lebenswoche, am 10.08.2004 fand die Einstallung in den Versuchsstall des Instituts für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der LMU statt. Es handelt sich hierbei um einen Volierenstall, dieser besteht aus vier Abteilen. In jedem Abteil wurden 91 Hennen und 1 Hahn untergebracht. Die Besatzdichte pro Abteil betrug 14 Tiere pro m² nutzbarer Grundfläche. Am 03.09.2004, im Alter von 138 Tagen, erreichten die Hühner in allen Gruppen die Legereife. Die Tiere wurden am 27.07.2005 ausgestallt und für eine weitere Legeperiode an interessierte Bauernhöfe aus dem Umland weitervermittelt.

3.3 Haltungssystem

Die Voliere befindet sich auf dem Gelände der tierärztlichen Fakultät am Oberwiesenfeld der Ludwig-Maximilians-Universität München. Bei maximalem Besatz fasst der Stall 468 Tiere (nach dem Volierenmaßstab der Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung), dies entspricht 18 Tieren pro m² Bodenfläche. Die Volierenanlage ist eine von der Firma Big Dutchman vertriebene Voliere vom Typ Natura.

Für die Untersuchungen fand eine Aufteilung in 4 identische Abteile statt, deren Bodenfläche mit verschiedenen Einstreuarten eingestreut wurde. Weiterhin trennte ein Drahtgitter die Abteile voneinander. Im Bodenbereich erfolgte die Anbringung eines Sichtschutzes in Höhe von 50 cm, um eine gegenseitige Beeinflussung des Verhaltens in den verschiedenen Gruppen und einen Austausch von Einstreu zu vermeiden.

Die Inneneinrichtung jedes Abteils bestand aus acht Doppellegenestern mit einer Fläche von 32x50 cm² je Nest, welche in zwei Reihen übereinander angebracht waren. Vor den Nestreihen waren jeweils zwei abgerundete Sitzstangen aus Holz angebracht. Gegenüber gab es auf zwei Etagen Kotbänder mit gummierten Laufgittern, doppelte Futterbahnen und pro Abteil 17 Nippeltränken. Über den Laufgittern und über dem Bodenbereich gab es zusätzlich Sitzstangen aus Metall. Die Eier wurden täglich per Hand eingesammelt.

Tabelle 4:

Vergleich der Stalldaten eines Volierenabteils mit der Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung (2006)

	Tierschutz-Nutztier-Haltungsverordnung (2006)	Benötigt für 92 Tiere	Eigenes Volierenabteil
Fläche	Nutzbare Fläche 1 m ² je 9 Hennen	10,2 m ²	14,4 m ²
	Stallgrundfläche 1 m ² je 18 Hennen	5,1 m ²	6,5 m ²
Futtertrog	Längsfuttertrog Kantenlänge 10 cm je Henne	920 cm	1600 cm
Tränke	Nippeltränke 1 Nippel je 10 Hennen	10 Nippel	17 Nippel
Nistplätze	Gruppennest 1 m ² je 120 Hennen	Gruppennest mit 0,77 m ²	8 „Doppelnester“ mit insgesamt 1,28 m ²

Sitzstangen	15 cm je Henne	1380 cm	1840 cm
Einstreufäche	250 cm ² je Henne, mind. 1/3 der Bodenfläche	2,3 m ²	6,5 m ² , gesamte Bodenfläche

Die Regulierung der Beleuchtung fand über ein Lichtprogramm statt. Dieses steuerte flimmerfreie Spezialleuchtröhren, die sich an der Wand unter den Nestreihen (in einer Höhe von etwa 1 m) und auf der anderen Seite zwischen den Kotbändern (in einer Höhe von etwa 1,60 m) befanden. Die Hellphase wurde in den ersten Wochen nach der Einstallung stetig auf 14 Stunden verlängert. Sie begann dann um 5 Uhr morgens und endete um 19 Uhr.

Die durchschnittliche Beleuchtungsintensität in der Voliere schwankte zwischen 8 und 490 Lux. Die höchste durchschnittliche Intensität wurde im Wandbereich der Voliere gemessen (490 Lux). In der ersten Etage in einer Höhe von 1 m betrug sie 118, in der 2. Etage in 1,80 m Höhe 44 Lux. In der unteren Nestreihe wurden Werte von 35, in der oberen von 8 Lux gemessen. Die Messung der Lichtintensitäten erfolgte mit einer Lambda Sonde der Firma Ahlborn, Holzkirchen.

Das Stallklima unterlag minimal einem tages- und jahreszeitlichen Wechsel. Die Lüftungseinrichtung bestand aus einer Temperatur-Sollwert-gesteuerten Unterdrucklüftung. Zur Entlüftung dienten senkrechte Entlüftungsschächte, Zuluftöffnungen waren als Querlüftung unter der Decke angebracht.

3.4 Stallmanagement

3.4.1 Einstreu

In jedem der 4 Volierenabteile erfolgte die Einbringung einer anderen Einstreu im Bodenbereich. Als Einstreuarten wurden Stroh, Weichholzgranulat, Strohpellets und Hobelspäne gewählt. Das Stroh (Langstroh) wurde direkt vom Erzeuger gekauft. Das Weichholzgranulat (Partikel hirsekorngroß) stammt von der Firma Tierwohl, Rosenberg, und ist äußerst keim- und staubarm und aus heimischen Tannen und Fichten hergestellt. Die Hobelspäne (Späne ca. 2x0,1 cm groß) stammten von der Firma Allspan, Karlsruhe, und sind fast staubfrei und aus Weißholz hergestellt. Die Strohpellets (Pelletgröße ca. 3x1cm) wurden von der Firma Heros, Drognitz, bezogen und sind eine zerkleinerte hochverdichtete Einstreu aus Stroh. Die Einstreu bedeckte in jedem Abteil die gesamte Bodenfläche in einer Höhe von ungefähr 5 cm. Zur Erhaltung der Einstreuhöhe und ihrer Qualität wurde alle 3 Tage nachgestreut. Das Ausmisten aller Abteile fand gleichzeitig alle 2 Monate statt. Während des Versuchs wurden Stroh für 1,5 Euro (3 Ballen à 0,5 Euro), Weichholzgranulat für 24 Euro (3 Säcke à 8 Euro), Hobelspäne für 28 Euro (4 Säcke à 7 Euro) und Strohpellets für 77 Euro (9 Säcke à 8,5 Euro) verbraucht.

3.4.2 Stallhygiene, Bestandsgesundheit und Krankheitsprophylaxe

Zur Verhütung der Keimeinschleppung wurde die Voliere im „All in–all out“-Prinzip betrieben. Ein Betreten war nur mit Überschuhen und mit einem, nicht in anderen Ställen getragenen, Overall bekleidet erlaubt. Aufgrund des Befalls des Stalles mit der roten Vogelmilbe bei seiner vorherigen Nutzung erfolgte eine zweimalige Ausgasung des Stalles vor dem Neubesatz, das erste Mal mit Detmolin F, das zweite Mal mit Detmol-dur. Zusätzlich wurde der Stall während der Legeperiode in regelmäßigen Abständen mit Silikatstaub eingesprüht.

Beim täglichen Durchgang wurde in der Voliere auch auf Krankheitsanzeichen geachtet. Bei betroffenen Tieren konnte, wegen der geringen Bestandsgröße,

eine Einzeltieruntersuchung durchgeführt werden. Die Sektion eventueller Abgänge fand in der Klinik für Vögel in Oberschleißheim statt.

Zur Krankheitsprophylaxe erfolgten in der Aufzuchtphase Impfungen gegen folgende Krankheiten:

- Mareksche Krankheit (am 1. Lebenstag),
- Salmonellen-Infektion (am 1.-4. Lebenstag, 2. und 3. Impfung in der 7. und 15. Lebenswoche),
- Infektiöse Bronchitis (IB, am 13. Lebenstag, 2. und 3. Impfung in der 5. und 13. Lebenswoche),
- Newcastle Disease (ND, am 18. Tag, 2. und 3. Impfung in der 6. und 14. Woche),
- Gumboro (in der 4. Woche),
- Infektiöse Laryngotracheitis (ILT in der 9. Woche),
- Aviäre Enzephalomyelitis (AE in der 11. Woche),

Gegen ND und IB wurde alle 3 Monate nachgeimpft. Die Impfungen erfolgten über das Trinkwasser.

3.5 Erfassung von Produktionsparametern

3.5.1 Leistung

Zum Erfassen der Legeleistung wurde die Eianzahl durch tägliches Einsammeln der Eier per Hand für jedes der Abteile erfasst. Die Legeleistung je Durchschnittshenne in Prozent konnte aus der Eianzahl und der Anzahl der anwesenden Hennen berechnet werden. Eventuelle Verluste im Bestand während der Legeperiode konnten damit berücksichtigt werden.

Der Anteil der verlegten Eier wurde ebenfalls beim täglichen Einsammeln der Eier erfasst, dabei fand eine Unterteilung der verlegten Eier nach dem Fundort in Bodeneier (gefunden im Bodenbereich) und Gittereier (gefunden auf dem Kotgitter) statt.

3.5.2 Produktmerkmale

Die Bestimmung des durchschnittlichen Eigewichtes erfolgte alle 2 Wochen für jedes Abteil. Dazu wurden die Gewichte aller eingesammelten Eier je Gruppe mit einer Digitalwaage gemessen und daraus ein Durchschnittsgewicht berechnet.

Knick-, Bruch- und Windeier wurden täglich erfasst und wie folgt unterschieden:

- Knickei: Eier mit beschädigter Kalkschale, aber unversehrten Membranen, deshalb tritt kein Eiinhalt aus.
- Bruchei: Kalkschale und Eihaut sind defekt, so dass es zum Austritt des Eiinhalts kommen kann.
- Windei: Ei, das vom Vogel ohne Kalkschale gelegt wurde.

Die Bruchfestigkeit der Eischalen wurde, alle zwei Wochen bei 40 Eiern, jeweils 10 pro Abteil, mit der Verwendung eines Messapparates nach RAUCH (1958) ermittelt. Zur Messung wurde ein Ei zwischen zwei Druckplatten eingespannt und durch Drehen an einer Spindel, durch die eine Schraubenfeder eine Druckkraft auf das Ei ausübte, die Druckkraft so lange verstärkte bis das Ei brach. Die zu diesem Zeitpunkt angewandte Kraft konnte an einer Skala in Kilopond (kp) abgelesen werden. Die Umrechnung auf die heute gebräuchliche Einheit Newton (N) erfolgte durch eine Multiplikation der Werte mit 9,81. Die Bruchfestigkeit eines Eies hängt von seiner Form, seiner Schalendicke und der Struktur der Eischale ab.

Von jedem der zur Ermittlung der Bruchfestigkeit verwendeten Eier wurde auch die Schalendicke ermittelt. Dazu schlug man die Eier auf und vermaß die leeren Eischalen (ohne Eihaut) mit Hilfe einer digitalen Schieblehre am Äquator.

3.6 Parameter in Eidotter und Blut

3.6.1 Blutentnahme

Alle 6 Wochen erfolgte eine Blutentnahme bei 10 zufällig ausgewählten Tieren pro Abteil. Das Blut wurde aus den Flügelvenen Vena ulnaris sowie Vena basalis entnommen. Pro Henne wurden 3 ml in ein 4,5 ml Serum-Röhrchen (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht) und 0,5 ml in eine mit Kalium-EDTA beschichtete 9 ml-S-Monovette (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht) abgefüllt und kurz geschwenkt.

3.6.2 Immunologische Parameter in Eidotter und Blut

Alle zwei Wochen wurden von jeweils 10 Eiern pro Abteil Dotterproben entnommen, die im Verhältnis 1:10 mit phosphatgepufferter Kochsalzlösung (PBS) verdünnt, geschüttelt, verschlossen und bei -20°C tiefgefroren wurden. Die Bestimmung der Immunglobulin-Y (IgY)-Konzentration im Eidotter erfolgte mit einem Sandwich-ELISA (ERHARD et al., 1992). Im ELISA-Reader (EAR 400 AT, Tecan Deutschland GmbH, Crailsheim) wurde bei 450 nm zur Konzentrationsbestimmung die Farbintensität der ELISA-Proben gemessen.

Die Bestimmung der IgY-Konzentration erfolgte auch im Serum. Die Serumröhrchen wurden nach der Blutentnahme zentrifugiert, das Serum in 1,5 ml Eppendorf-Cups abpipetiert und dann zum Lagern bei -20°C tiefgefroren. Die Bestimmung der IgY-Konzentration im Serum erfolgte wie deren Bestimmung im Eidotter mit einem Sandwich-ELISA (ERHARD et al., 1992) und der Konzentrationsbestimmung der Farbintensität im ELISA-Reader.

3.6.3 Hämatokrit und Hämoglobin

Der Hämatokrit gibt den Anteil der korpuskulären Blutbestandteile in Prozent an. Mit Hilfe der Kapillarkraft wurde aus den mit Kalium-EDTA beschichteten Monovetten Blut in Mikrohämatokritröhrchen gesaugt bis diese zu etwa 75% gefüllt waren. Diese wurden dann mit einem Spezial-Versiegelungskit

verschlossen und in einer Hämatokrit-Zentrifuge bei 5000 g für 3 Minuten zentrifugiert. Anschließend erfolgte die Auswertung der Hämatokritwerte mittels einer Ableseschablone.

Die Hämoglobinbestimmung erfolgte ebenfalls mit dem in der mit Kalium-EDTA beschichteten Monovette befindlichen Blut. Es wurde die Cyanhämoglobin-Methode verwendet. Hämoglobin wird durch Zusatz von Kaliumhexacyanoferrat und Kaliumcyanid in Cyanhämoglobin umgewandelt und dann mit Hilfe eines Spektralphotometers gemessen. Dazu wurden 20 µl EDTA-Blut in 5 ml Reaktionslösung (Hämoglobin®, Böhringer, Mannheim) gegeben, geschüttelt und bei 20 bis 25°C mindestens drei Minuten inkubiert. Aus dieser Lösung wurden 2 ml entnommen und in spezielle Photometer-Küvetten gegeben. Die Extinktion (E) der Lösung wurde bei einer Wellenlänge von 546 nm in einem Spektralphotometer bestimmt.

Die Berechnung der Konzentration (C) des Hämoglobins im Blut erfolgte dann mit folgender Formel:

$$C = 36,77 \times E \text{ [g/dl]}.$$

Der Umrechnungsfaktor für die SI-Einheit beträgt 0,6207 mmol/l.

3.6.4 Calcium und Phosphor

Die Calcium- und Phosphorbestimmung fand über die Probe im Serum-Röhrchen statt. Die Messung ihrer Werte wurde mit einem automatischen Analysegerät (Kone Delta, Thermo Clinical Labsystems Oy, Vantaa, Finnland) und den dazugehörigen Chemikalien durchgeführt. Für die Calciumbestimmung benötigte man 0,2 mmol/l Arsenazo III, 100 mmol/l Imidazolepuffer, Surfactant und Stabilisatoren bei einem pH-Wert von 6,75. Für die Phosphorbestimmung 260 mmol/l Schwefelsäure, 0,8 mmol/l Ammoniummolybdat, Surfactant, Puffer, Füllstoffe und Stabilisatoren bei einem pH-Wert von 1.

Die Chemikalien wurden in die für sie vorgesehenen Behälter gegeben. Des Weiteren wurden 100 µl Serum in Pipetten pipettiert und das Analysengerät mit einer fertigen Kalibrationslösung, bestehend aus 50 µl lyophilisiertem Rinderserum, und einer Kontrollprobe, bestehend aus humanem Serum, vorbereitet.

Die Calciumbestimmung erfolgt über eine Komplexbildung von Calcium mit Arsenazo III und bei photometrischer Messung bei 600 nm; die Phosphorbestimmung über eine Komplexbildung von Phosphat mit Ammoniummolybdat und bei photometrischer Messung bei 340 nm.

3.7 Bonitierung

Die Bonitierung wurde zur Beurteilung des Gefieders und zum Erfassen von Verletzungen durchgeführt. Das Gefieder und eventuell auftretende Verletzungen wurden alle 6 Wochen bei 10 zufällig ausgewählten Hennen jeden Abteils beurteilt. Es wurden alle Haut-, Krallen- und Kloakenverletzungen notiert. Je nach dem Zustand des Gefieders erhielten die Tiere Noten von 1-4 (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5:

Schema zur Beurteilung des Gefieders bei Legehennen

Note	Gefiederzustand
1	Gefieder intakt, Haut vollständig mit Federn bedeckt
2	Gefieder zerstoßen, einzelne Federkiele gebrochen, einige Federn fehlend, geringgradig gerupft, < 36 cm ² kahle Hautstellen, bis 33% der Haut ohne Federn
3	Viele Federkiele gebrochen, zahlreiche Federn fehlend, mittelgradig gerupft, < 155 cm ² kahle Hautstellen, 34 - 66% der Haut ohne Federn

4	<p>Sehr schlechtes Gefieder, nur noch wenige Federn vorhanden, rote Hautbereiche, hochgradig gerupft, >155 cm² kahle Hautstellen, 67 – 100% der Haut ohne Federn</p>
---	---

3.8 Körpergewicht

Monatlich wurden 10 zufällig ausgewählte Hennen jeden Abteils auf einer Digitalwaage gewogen. Aus den Einzelgewichten der Tiere konnte dann ein Durchschnittsgewicht je Abteil berechnet werden.

3.9 Erkrankungen und Verluste

Beim täglichen Eiereinsammeln wurden alle Tiere, die Anzeichen einer Erkrankung oder eine Verletzung zeigten, einzeln untersucht. Verendete Tiere wurden zur Sektion in die Klinik für Vögel in Oberschleißheim gebracht.

3.10 Kotuntersuchung auf Parasiten

Alle 3 Monate bzw. bei Bedarf fand eine Entnahme von Sammelkotproben der Abteile zur Untersuchung auf Parasiten statt, diese erfolgte in der Klinik für Vögel. Dort wurden die Proben im Flotationsverfahren mit gesättigter Kochsalzlösung (37,5 g NaCl auf 100 ml Wasser) als Anreicherungsflüssigkeit auf Endoparasiten untersucht.

3.11 Post mortem Untersuchungen

Am Ende der Legeperiode wurden aus jedem Abteil 10 zufällig ausgewählte Tiere getötet und seziiert. Zunächst wurden bei jedem Huhn die Oberschenkel freigelegt und ausgelöst. Nach dem Abziehen der Haut wurde die Form des Brustbeins begutachtet und danach die Körperhöhlen eröffnet. Es erfolgte die Begutachtung von Luft- und Bauchfellsäcken, Herz, Herzbeutel, Leber, Milz, Magen, Darm, Eierstöcken, Nieren, Speise- und Luftröhre. Bei Veränderungen oder Verfärbungen wurde eine Tupferprobe entnommen, deren weitere Untersuchung in der Klinik für Vögel stattfand.

Die bei der Sektion entnommenen Oberschenkelknochen wurden anschließend zum Schutz vor Austrocknung in einen mit 0,9%-iger Kochsalzlösung getränkten Zellstoff eingewickelt.

Zur Bestimmung ihrer Bruchfestigkeit wurde die Materialprüfmaschine Z005 (DO-FB 005 TS, Zwick/Roell AG, Ulm) benutzt. Diese besteht aus einem Biegetisch mit zwei Auflagevorrichtungen, auf den man den Knochen so legte, dass die konkave Femurseite nach oben zeigte. Mittels eines von oben herabfahrenden Druckstößels wurde der Knochen vollständig gebrochen. Die Bruchfestigkeitsmessungen erfolgten mit der Prüfsoftware testXpert®V 11.0 und es wurde die maximale Kraft (in N) festgehalten, die zum Brechen des Knochens nötig war.

3.12 Schadgasmessungen

Über einen Zeitraum von zwei Monaten (zwischen dem Ausmisten) fand wöchentlich an 4 Stellen jedes Abteils mit Hilfe des mobilen Messgerätes Dräger MiniWarn® (Firma Dräger, Lübeck) eine Messung des Ammoniakgehaltes (0-200 ppm) statt.

An folgenden Stellen wurde gemessen: direkt über der Einstreu und circa 30-40 cm über dem Scharraum und den beiden Kotgittern (in Kopfhöhe der Legehennen).

3.13 Verhalten

3.13.1 Grundlagen

Um das Verhalten und die Ausnutzung der Voliere, insbesondere des eingestreuten Bodenbereiches, in den verschiedenen Abteilen zu erfassen fand wöchentlich eine Direktbeobachtung und alle 2 Wochen eine Videoaufzeichnung der Abteile statt. Die Verhaltensbeobachtung und Auswertung erfolgte mit Hilfe der Recording Regeln (MARTIN und BATESON, 1986). Bei der Direktbeobachtung mittels Scan und Behaviour Sampling, bei der Auswertung der Videos mittels Behaviour Sampling.

3.13.2 Direktbeobachtung

Die wöchentliche Direktbeobachtung fand abwechselnd vormittags von 9-12 Uhr bzw. nachmittags von 13-16 Uhr statt. Die Abteile wurden zur Beobachtung in 4 Bereiche aufgeteilt, den Bodenbereich / Scharraum, den Bereich über dem 1. Kotgitter / 1. Volierenetage, den Bereich über dem 2. Kotgitter / 2. Volierenetage und den Nestbereich. Die beobachtende Person befand sich im Nachbarabteil um das Verhalten der Legehennen nicht zu beeinflussen. Um eventuelle äußere Einflüsse und tageszeitliche Schwankungen auszuschließen wurde bei der Reihenfolge der Abteile, die beobachtet wurden, rotiert.

In jedem Bereich fand alle 2 Minuten ein Scan Sampling der gerade auftretenden Verhaltenweisen statt, dabei wurde der Augenmerk pro Bereich auf verschiedene Verhaltensweisen gelegt. Es wurde die Anzahl der Hennen notiert, die dieses Verhalten zeigten, zusätzlich wurde die Gesamtzahl der Hennen im Bereich notiert um berechnen zu können, wie viele Tiere sich durchschnittlich im Bereich aufhielten und welche Verhaltensweisen sie zeigten. Pro Termin fanden insgesamt vier Scans jedes Bereiches und danach die Berechnung der Durchschnittswerte statt. Zusätzlich wurde noch ein 6-minütiges Behaviour Sampling einiger Verhaltensweisen durchgeführt.

Tabelle 6:

Verhaltensweisen auf die bei der Direktbeobachtung beim Scan Sampling geachtet wurde, deren Kategorie, Definition (FÖLSCH,1981a) und Bereiche in denen sie vermerkt wurden

Verhaltensweise	Kategorie	Definition	Bereich in denen sie vermerkt wurde
Bodenpicken	Ernährungs-Verhalten	Futterpicken (Picken nach Nahrungspartikeln und Einstreu) bzw. Objektpicken (Picken nach nicht essbaren Bestandteilen des Stalls)	Bodenbereich
Scharren	Ernährungs-Verhalten	Schnelle Rückwärtsbewegung des Fußes einseitig oder abwechselnd, wobei die Zehenspitzen den Boden kratzend berühren und Material wegschieben oder fortschleudern	Bodenbereich
Sandbaden	Komfortverhalten	Scharren einer Mulde, Abliegen und im umliegenden Material picken und dieses um sich schleudern	Bodenbereich

Gefiederpflege	Komfortverhalten	Putzen mit Schnabel oder Krallen, Strecken, Flügelheben und -schlagen	alle Bereiche
Nestinspektion	Nestorientiertes Verhalten	Nestsuche und Inspektion	Nestbereich
Nestnutzung	Nestorientiertes Verhalten	Beziehen des Nestes, Eiablage im Nest, Ruhen	Nestbereich
Ruheverhalten	Ausruhverhalten	Aufstehen, Stehen, Liegen, Schlafen, Dösen	1. und 2. Volierenetage

Tabelle 7:

Verhaltensweisen auf die bei der Direktbeobachtung durch Behaviour Sampling geachtet wurde, deren Kategorie und Definition (FÖLSCH, 1981a).

Verhaltensweise	Kategorie	Definition
Verfolgen	Sozialverhalten, negative soziale Interaktionen	Jagen, Verfolgen einer Henne im Laufschrift

Hacken	Sozialverhalten, negative soziale Interaktionen	Auseinandersetzungen mit oft kräftigen Pickbewegungen auf ein anderes Huhn
Körperpicken	Sozialverhalten, negative bzw. positive soziale Interaktionen	Picken nach verschiedenen Körperteilen, wie Federn, Kamm, Ständer, Picken nach Federn ohne deren Herausziehen
Federziehen	Sozialverhalten, negative soziale Interaktionen	Zupfen nach Federn oder Federteilen einer anderen Henne

3.13.3 Videobeobachtung

Die zweiwöchentliche Videobeobachtung fand abwechselnd vormittags von 9-12 Uhr bzw. nachmittags von 13-16 Uhr statt. Dabei wurde das Verhalten im Scharraum jedes Abteils mit einer Videokamera für 3 Stunden aufgezeichnet. Beim Auswerten der Videobänder wurden die Häufigkeit der Sandbadevorgänge und deren jeweilige Dauer erfasst.

3.14 Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden zuerst mit Hilfe der Software Microsoft Excel®2000 (Firma Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) und danach mit der Software SigmaStat® 3.01 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) erfasst und deskriptiv ausgewertet.

Das Programm SigmaStat® 3.01 führte zuerst automatisch einen Test auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov's Test mit Korrektur nach Lilliefors) und anschließend einen Test auf Gleichverteilung (Levene's Median Test) durch. Erfüllten die Daten beide Kriterien, konnten danach parametrische Tests angewandt werden: für den Vergleich von zwei Versuchsgruppen wurde der ungepaarte t-Test und zum Vergleich mehrerer Gruppen die einfaktorielle Varianzanalyse mit anschließendem Student-Newman-Keuls-Test bzw. Dunn's oder Holm-Sidak Methode angewandt. Diese Werte wurden als arithmetische Mittelwerte zusammen mit dem Standardfehler des Mittelwertes (SEM) angegeben. Fiel der Test auf Normal- oder Gleichverteilung negativ aus wurde zum Vergleich mehrerer Gruppen die rangorientierte Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis durchgeführt, der ein Test nach Student-Newman-Keuls bzw. Dunn's oder Holm-Sidak Methode folgte. Diese Werte wurden, sofern nicht anders angegeben, als Mediane mit „Box and Whisker“ (25/75% Quartil und 5/95% Perzentil) präsentiert.

Die Ergebnisabbildungen wurden mit der Software SigmaPlot® 9.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) erstellt. Wahrscheinlichkeitswerte (p) kleiner als 0,05 wurden als statistisch signifikant angegeben und entsprechend gekennzeichnet. Signifikanzniveaus höher als $p < 0,01$ wurden nicht gesondert gekennzeichnet. Die Zahl der verwendeten Proben pro Versuch, die Stichprobenzahl, wurde als „n“ angegeben, während „N“ der Anzahl der dafür verwendeten Versuchstiere entspricht.

4 Ergebnisse

4.1 Leistung

4.1.1 Legeleistung

Die mittlere Gesamtlegeleistung (von 46 Wochen) der Gruppen Stroh und Strohpellets betragen 89,3 bzw. 89,5%. Sie lag damit signifikant höher als die der Gruppen Weichholzgranulat und Hobelspäne mit 87,1 bzw. 86,1%.

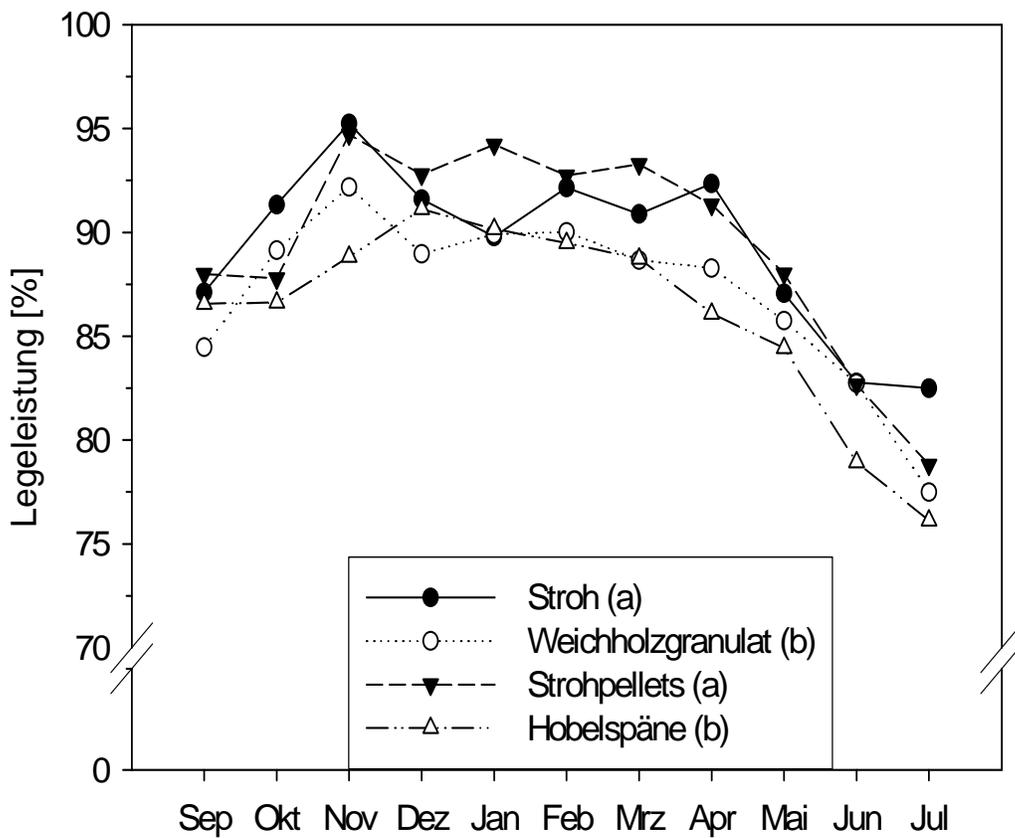


Abbildung 1:

Legeleistung [in %], die im zeitlichen Verlauf der Legeperiode erbracht wurde, in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Die Legeleistung wurde aus der gelegten Eizahl der zum jeweiligen Zeitpunkt anwesenden Hennenanzahl je Gruppe berechnet. Sie ist für jeden Monat im Durchschnitt angegeben. Startzeitpunkt der Berechnung war der Zeitpunkt, zu dem an drei aufeinanderfolgenden Tagen über 50% der Hennen ein Ei legten. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$; Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Holm-Sidak Methode)

Im Verlauf der Legeperiode zeigte sich bei allen Gruppen eine maximale Legeleistung zwischen der 29. und 37. Lebenswoche. Die Spitzenwerte betrugen 95,2% in der Gruppe Stroh, 92,2% in der Gruppe Weichholzgranulat, 94,7% in der Gruppe Strohpellets und 91,1% in der Gruppe Hobelspäne. Die Legeleistung fiel in allen Gruppen gegen Ende der Legeperiode ab. Die Tiefstwerte wurden in allen Gruppen ab der 64. Lebenswoche erreicht. Sie betrugen 82,5% in der Gruppe Stroh, 77,5% in der Gruppe Weichholzgranulat, 78,8% in der Gruppe Strohpellets und 76,1% in der Gruppe Hobelspäne. Die Tiefstwerte lagen somit in allen Gruppen zwischen 13,3 und 16,8% unter den Spitzenwerten.

4.1.2 Anteil verlegter Eier

Der höchste Anteil an verlegten Eiern konnte mit 4,6% in der Gruppe Weichholzgranulat festgestellt werden. Sie wies damit einen signifikanten Unterschied zu den anderen Gruppen auf. Deren Mittelwerte lagen bei 3,2% in der Gruppe Stroh, 3,0% in der Gruppe Strohpellets und 2,9% in der Gruppe Hobelspäne.

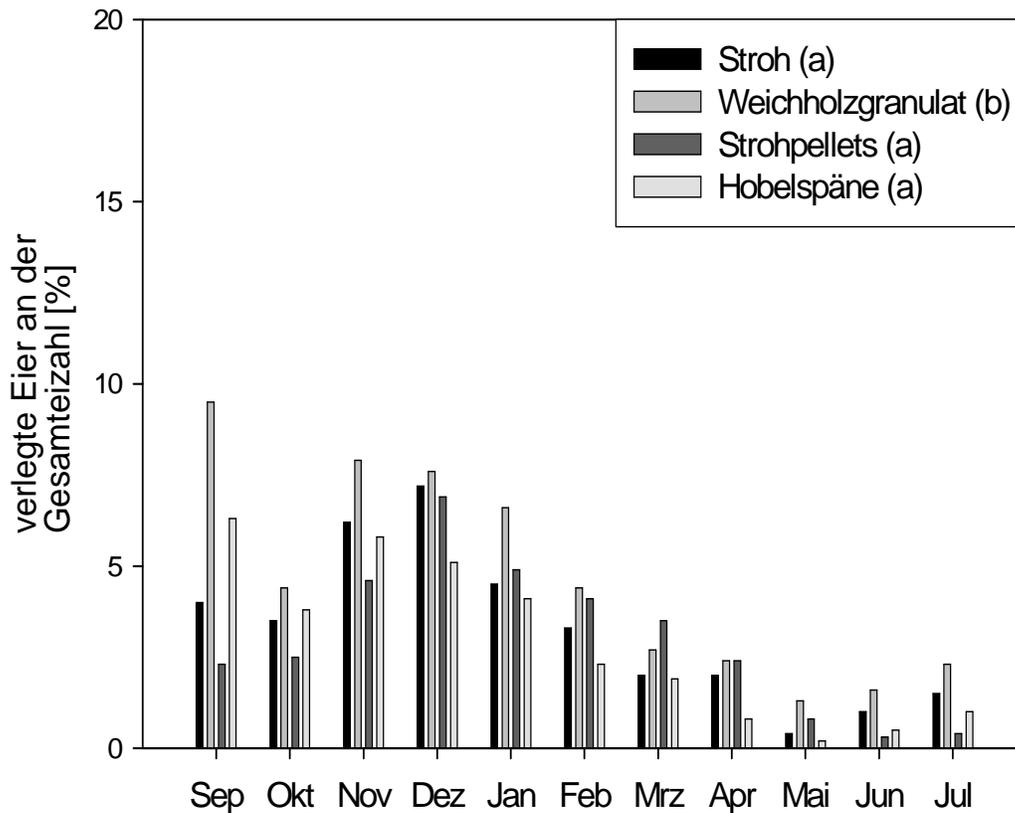


Abbildung 2:

Anteil [in %] der verlegten Eier im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Die Zahl der täglich verlegten Eier wurde in ein %-Verhältnis zur jeweils mittleren gelegten Eizahl pro Tag gesetzt. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$; Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Holm-Sidak Methode, Dunn's Methode)

Die Anzahl der verlegten Eier nahm in allen Gruppen von der 34. Lebenswoche bis zur 59. Lebenswoche kontinuierlich ab und stieg gegen Ende der Legeperiode noch einmal leicht an.

4.1.3 Anteil der Bodeneier

Der höchste Anteil an auf den Boden gelegten Eiern konnte mit 3,9% in der Gruppe Weichholzgranulat festgestellt werden. Er lag signifikant höher als der Anteil der anderen Gruppen. Der Anteil der Gruppe Stroh lag mit 2,7% auf einem ähnlichen Niveau wie der der Gruppe Strohpellets mit 2,2%, aber signifikant höher als der der Gruppe Hobelspäne mit 2,0%. Zwischen den Gruppen Strohpellets und Hobelspäne gab es hinsichtlich des Anteils der Bodeneier keine signifikanten Unterschiede.

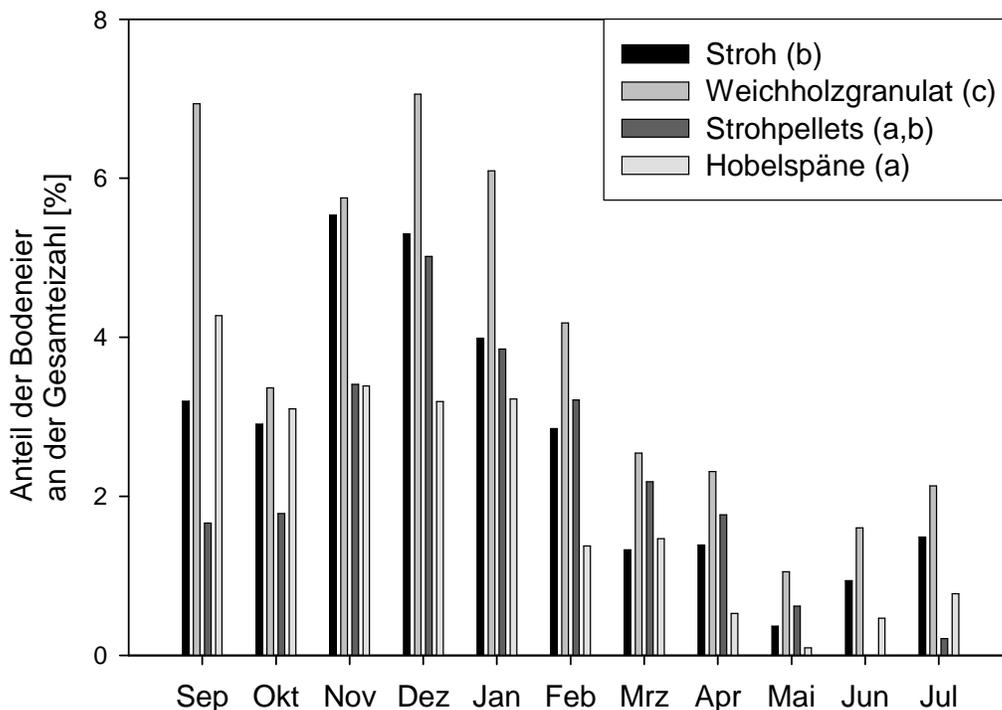


Abbildung 3:

Anteil [in %] der Bodeneier im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Die Zahl der täglich aufgesammelten Bodeneier wurde in ein %-Verhältnis zur jeweils mittleren gelegten Eizahl pro Tag gesetzt. a,b,c: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$; Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Holm-Sidak Methode, Dunn's Methode)

4.1.4 Anteil der Gittereier

Der höchste Anteil an auf die Gitter gelegten Eier konnte mit 0,9% in der Gruppe Hobelspäne festgestellt werden. Die Anteile in den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat betragen 0,6 bzw. 0,7%, der in der Gruppe Strohpellets 0,8%.

Es traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf.

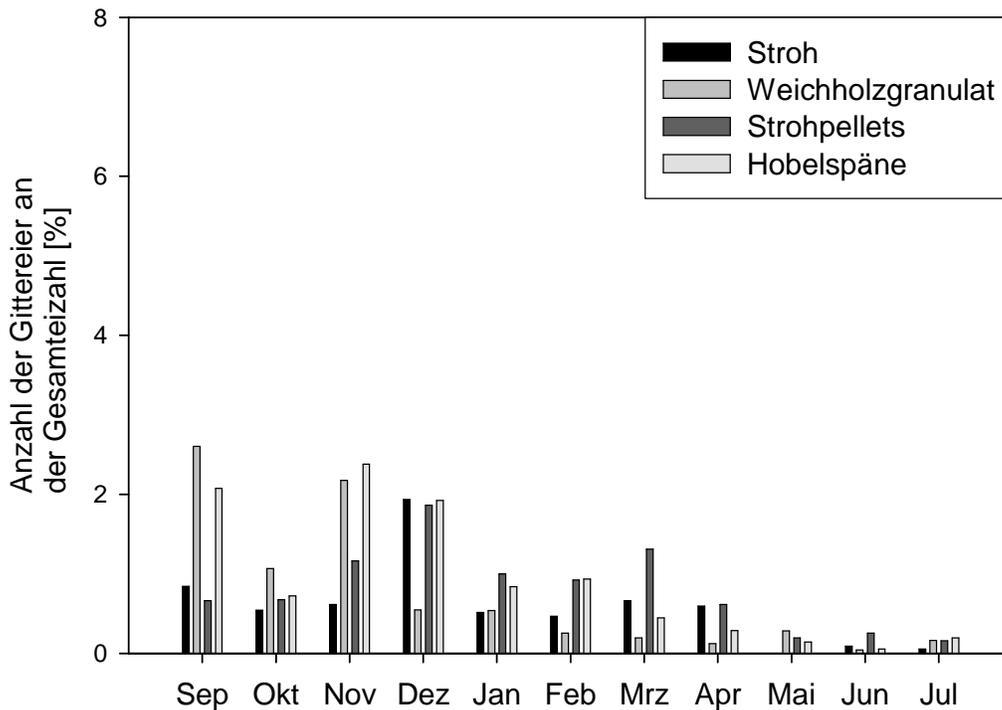


Abbildung 4:

Anteil [in %] der Gittereier im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Die Zahl der täglich aufgesammelten Gittereier wurde in ein %-Verhältnis zur jeweils mittleren gelegten Eizahl pro Tag gesetzt)

4.2 Produktmerkmale

4.2.1 Eigewicht

Die Eigewichte der Gruppe Weichholzgranulat lagen mit einem Medianwert von 64,4 g signifikant höher als die der Gruppen Stroh und Hobelspäne mit 63,5 bzw. 63,3 g. Zur Gruppe Strohpellets mit einem Medianwert von 62,8 g wiesen alle anderen Gruppen einen signifikant höheren Medianwert auf. Die Mittelwerte lagen bei 63 g in der Gruppe Stroh, 63,8 g in der Gruppe Weichholzgranulat, 62,4 g in der Gruppe Strohpellets und 62,9 g in der Gruppe Hobelspäne.

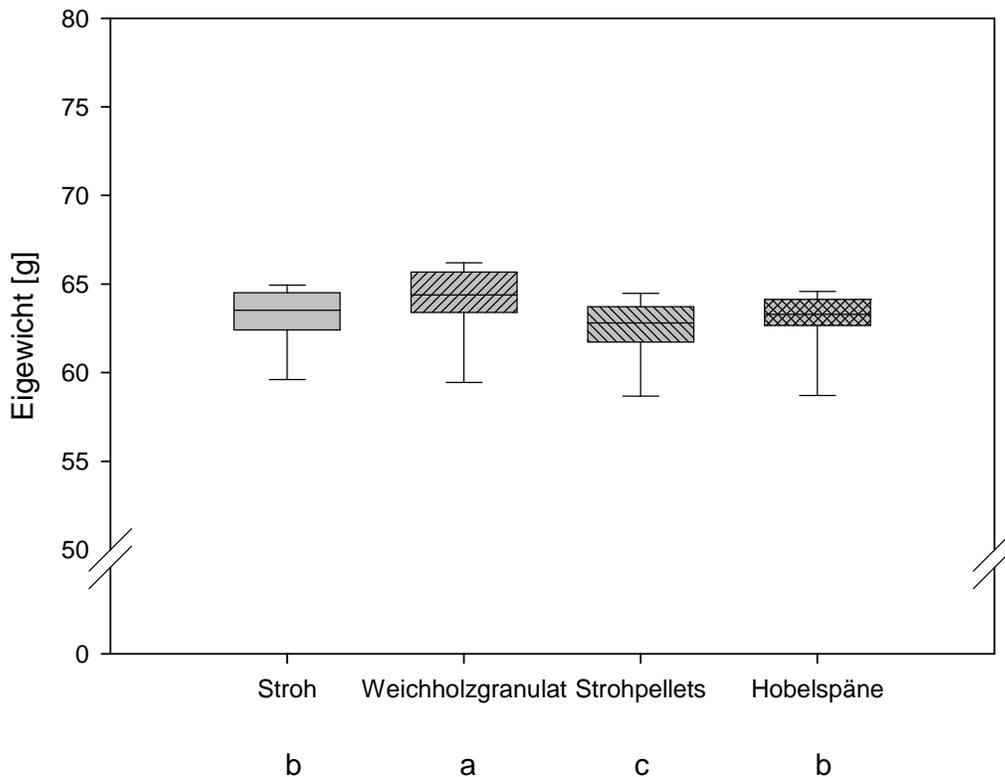


Abbildung 5:

Medianwert des Eigewichts [in g] in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurden in zweiwöchigen Abständen die Gewichte sämtlicher gelegter Eier der jeweiligen Gruppen bestimmt; a,b,c: unterschiedliche Buchstaben)

beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$, Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Dunn´s Methode)

Während der Legeperiode konnte man feststellen, dass die Medianwerte der Eigewichte bis zur 35. Lebenswoche in allen Gruppen steil anstiegen. Es ist auch zu erkennen, dass die Gruppe Weichholzgranulat ab der 33. Lebenswoche durchgehend ein höheres Eigewicht zeigte als die anderen.

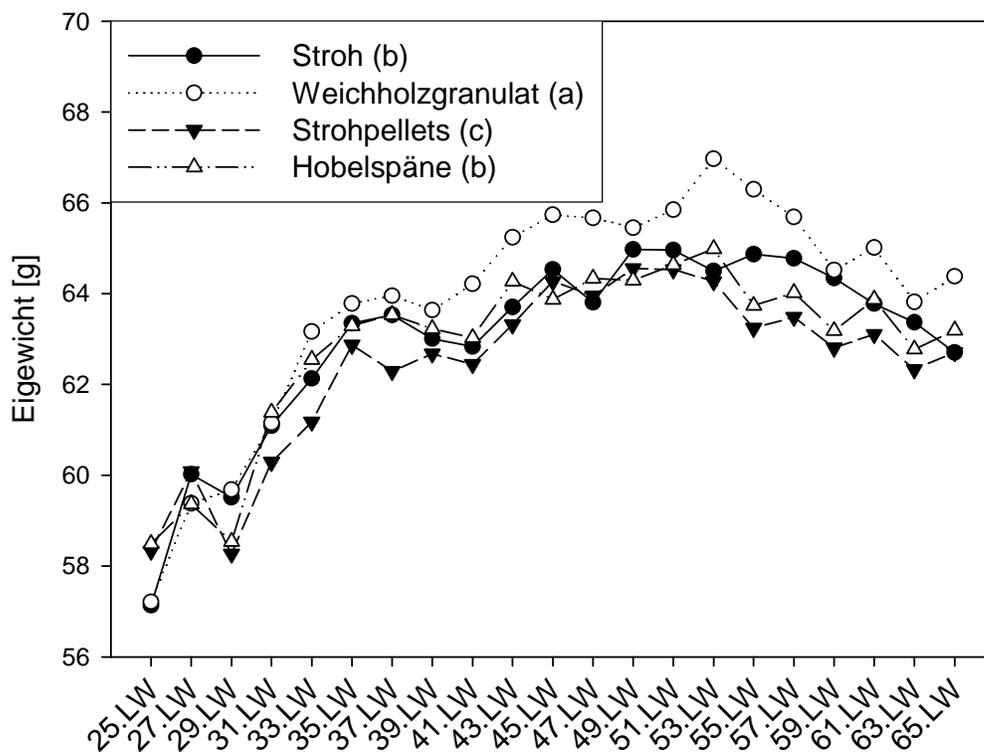


Abbildung 6:

Medianwert des Eigewichts [in g] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurden in zweiwöchigen Abständen die Gewichte sämtlicher gelegter Eier der jeweiligen Gruppen bestimmt. a,b,c: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$, Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Dunn´s Methode)

4.2.2 Knick- und Brucheier

Der mittlere Knick- und Brucheianteil lag bei den Gruppen Stroh und Strohpellets bei 0,2%, bei den Gruppen Weichholzgranulat und Hobelspäne bei 0,3%. Die 4 Gruppen wiesen keine signifikanten Unterschiede zueinander auf.

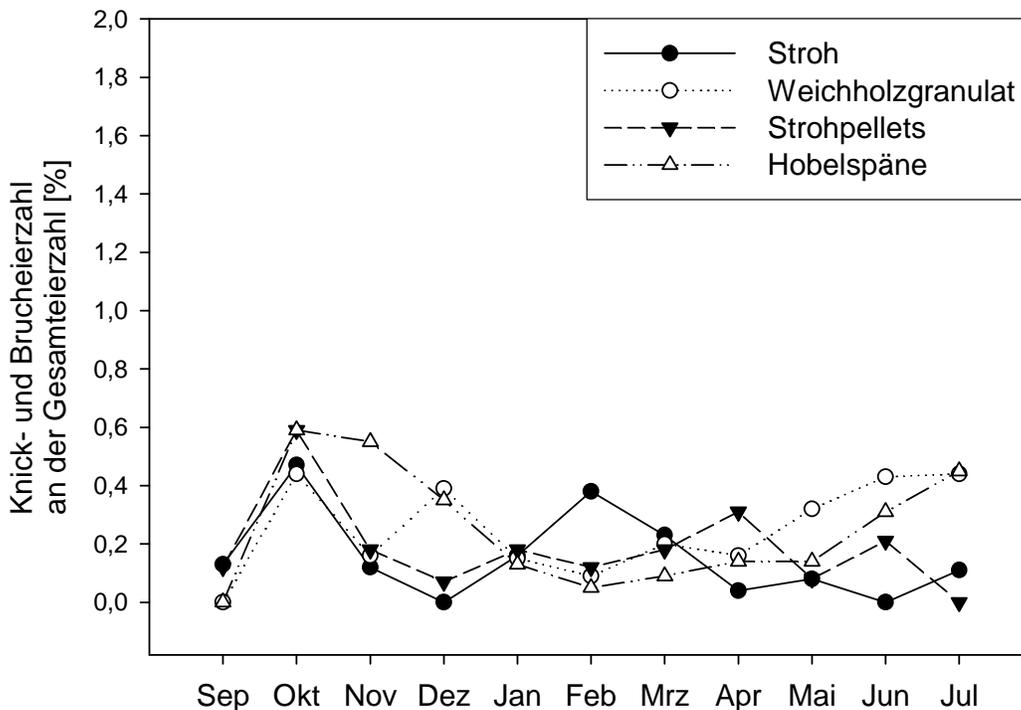


Abbildung 7:

Anteil [in %] der Knick- und Brucheier im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Die Zahl der täglich aufgesammelten Knick- und Brucheier wurde in ein %-Verhältnis zur jeweils mittleren gelegten Eizahl pro Tag gesetzt.)

4.2.3 Windeier

Der Anteil der Windeier war in allen Gruppen kleiner als 0,1%. Auch traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen auf.

4.2.4 Bruchfestigkeit der Eischalen

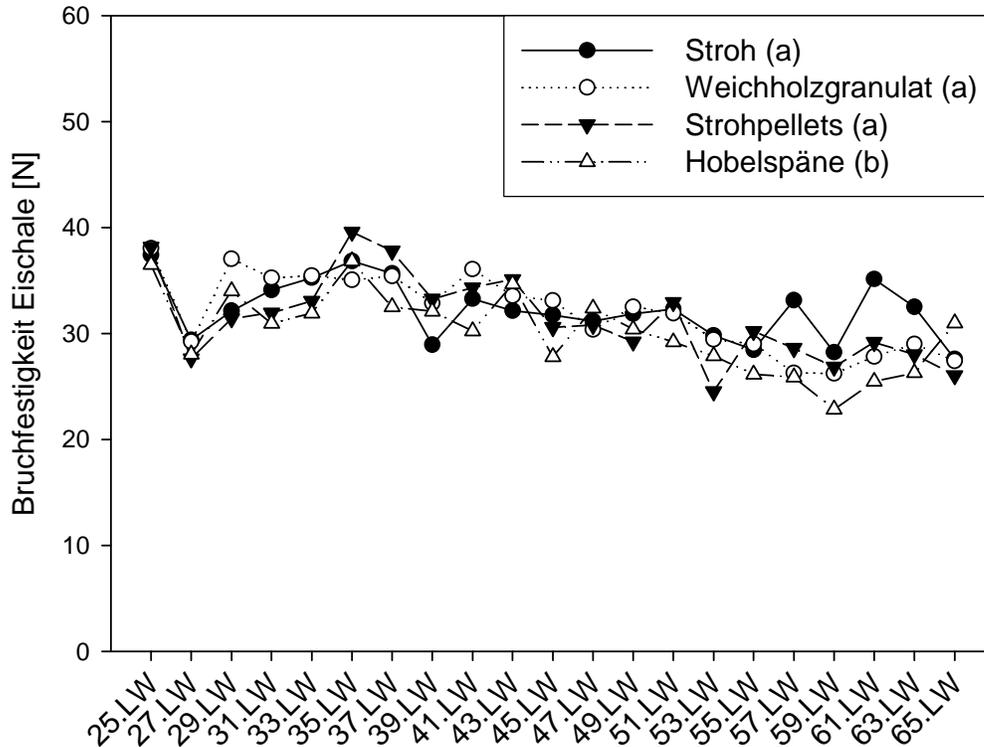


Abbildung 8:

Durchschnittliche Bruchfestigkeit [in N] der Eischalen im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in zweiwöchigen Abständen die Bruchfestigkeit von 10 gelegten Eiern der jeweiligen Gruppen bestimmt. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$, Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Dunn's Methode)

Die mittlere Bruchfestigkeit der Eischalen lag in den Gruppen Stroh, Weichholzgranulat und Strohpellets bei 32,2 N, 32,0 N und 31,4 N. Diese Gruppen zeigten einen signifikanten Unterschied zur Gruppe Hobelspäne deren Wert bei 30,1 N lag.

4.2.5 Dicke der Eischalen

Der Mittelwert der Eischalendicke lag bei allen Gruppen bei 0,41 mm. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

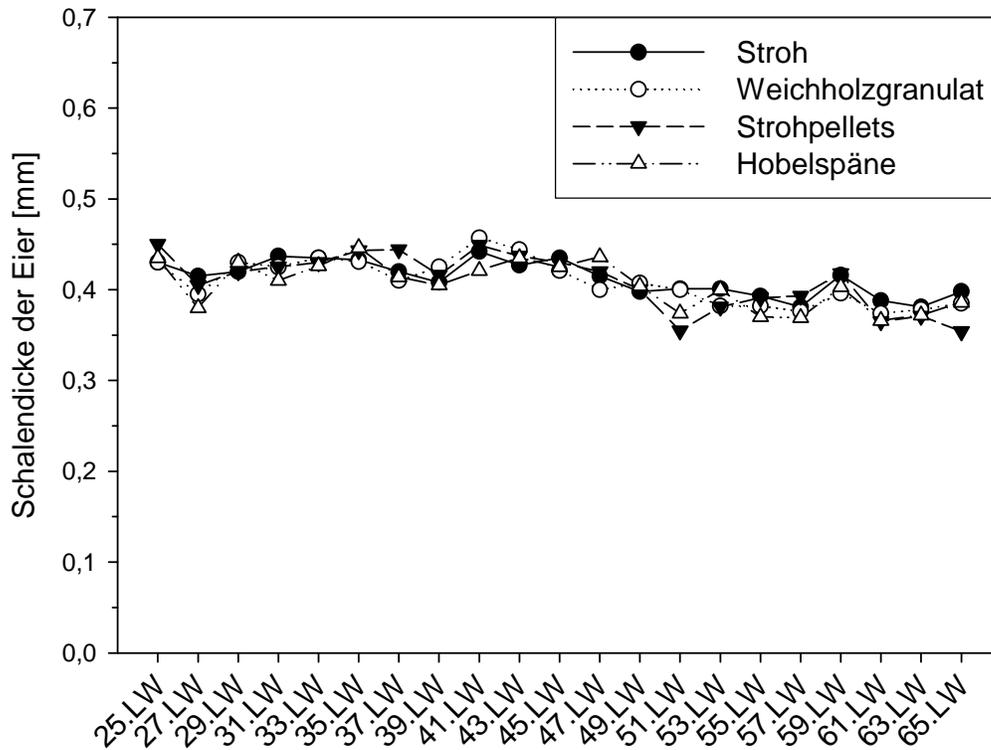


Abbildung 9:

Durchschnittliche Dicke [in mm] der Eischalen im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in zweiwöchigen Abständen die Eischalendicke von 10 gelegten Eiern der jeweiligen Gruppen bestimmt)

Bis zur 47. Lebenswoche blieben die Eischalendicken in allen Gruppen auf einem ähnlichen Niveau und fielen gegen Ende der Legeperiode leicht ab.

4.3 Immunologische Parameter

4.3.1 IgY Bestimmung im Eidotter

Die Gruppen Stroh und Strohpellets wiesen mit Mittelwerten von 28,7 bzw. 28,5 mg/ml signifikant höhere Mittelwerte als die Gruppe Hobelspäne mit 26,6 mg/ml auf. Die Gruppe Weichholzgranulat nahm mit 28,1 mg/ml einen Mittelwert ein. Immunisierungen gegen ND/IB fanden in der 35., 48. und 62. Lebenswoche statt.

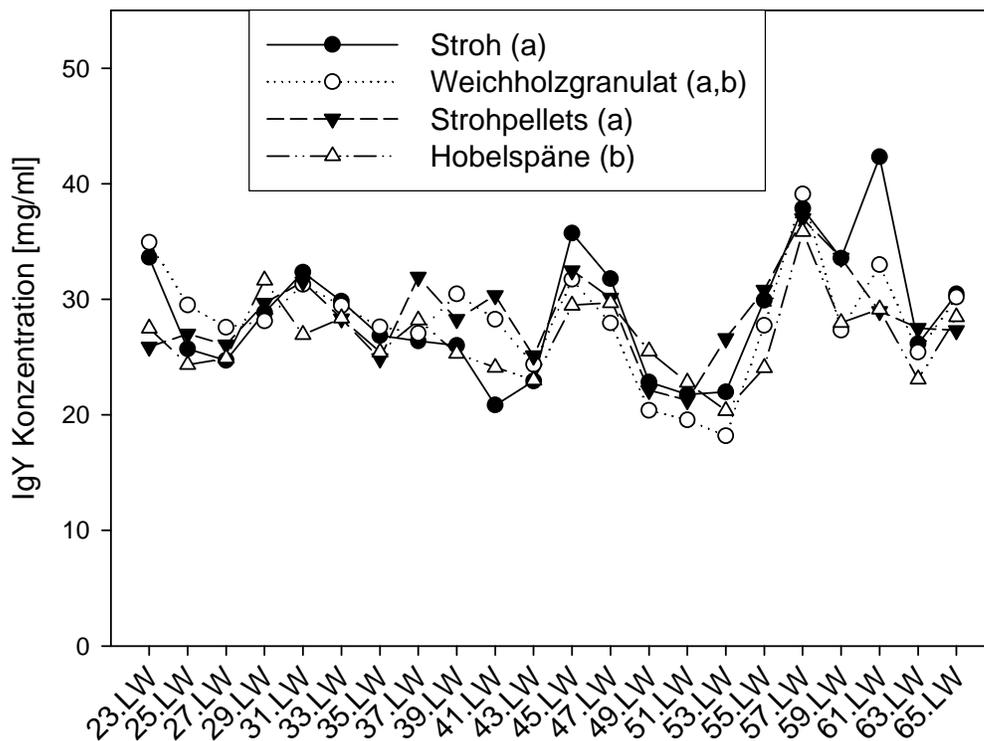


Abbildung 10:

Durchschnittliche IgY-Konzentration [in mg/ml] im Eidotter im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in zweiwöchigen Abständen die IgY-Konzentration von 10 gelegten Eiern der jeweiligen Gruppen bestimmt. a,b: unterschiedliche Buchstaben)

beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$, Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Dunn's Methode)

4.3.2 IgY Bestimmung im Serum

Mit Mittelwerten von 16,4 mg/ml in der Gruppe Stroh, jeweils 15,6 mg/ml in den Gruppen Weichholzgranulat und Strohpellets und 15,1 mg/ml in der Gruppe Hobelspäne wiesen die einzelnen Gruppen insgesamt keine signifikanten Unterschiede zueinander auf.

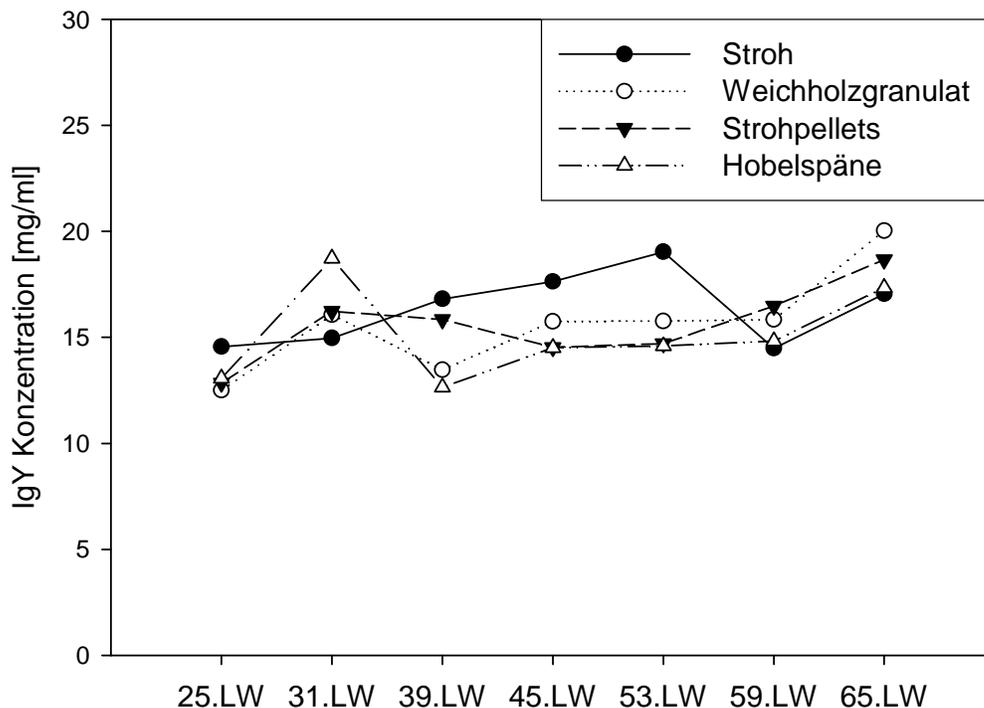


Abbildung 11:

Durchschnittliche IgY-Konzentration [in mg/ml] im Serum im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in sechswöchigen Abständen die IgY-Konzentration von 10 Blutproben der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

4.3.3 Vergleich der IgY Konzentration im Eidotter und im Serum

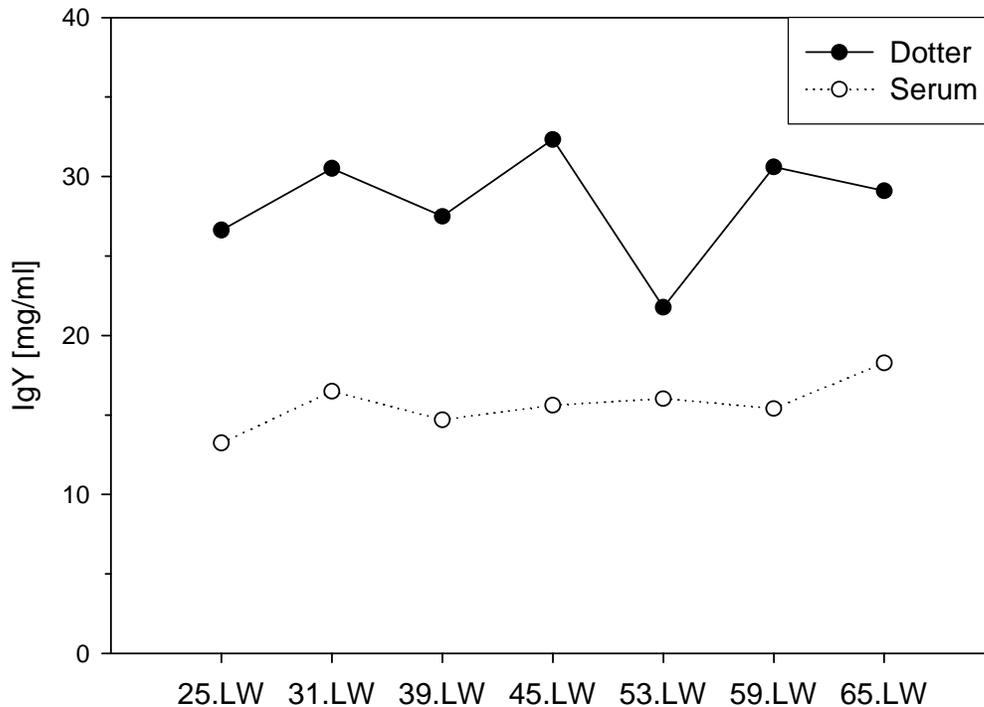


Abbildung 12:

Vergleich des Kurvenverlaufs der durchschnittlichen IgY-Konzentration im Serum und im Eidotter im zeitlichen Verlauf der Legeperiode.

(Es wurde in sechswöchigen Abständen der IgY-Konzentration von 10 Blutproben/ Dotterproben der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

Die beiden Kurven weisen bis auf eine Abweichung in der 53. Lebenswoche ähnliche Verläufe auf, wobei die Werte im Dotter höher lagen als die im Serum.

4.4 Physiologische Blutparameter

4.4.1 Hämatokrit

Der Hämatokritmittelwert lag mit 20,7% in der Gruppe Stroh am höchsten, es folgten die Gruppen Hobelspäne und Weichholzgranulat mit 20,6 bzw. 20,5%. Die Gruppe Strohpellets zeigte mit 20,2% den niedrigsten Mittelwert auf. Zwischen den 4 Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Hämatokrites.

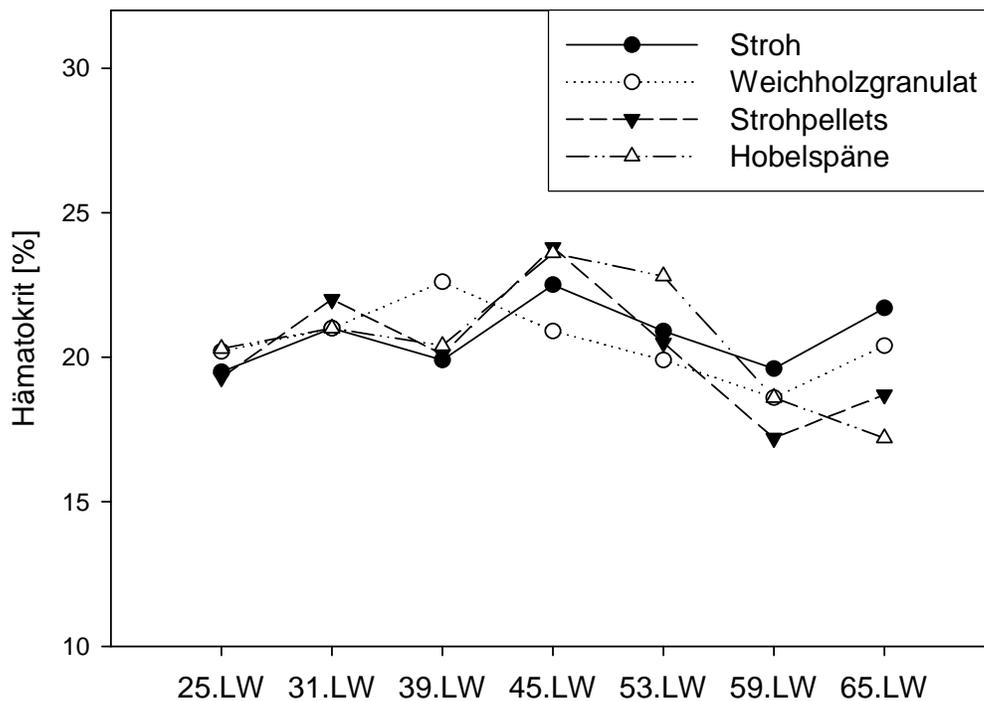


Abbildung 13:

Durchschnittlicher Hämatokritwert [in %] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in sechswöchigen Abständen der Hämatokritwert von 10 Blutproben der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

4.4.2 Hämoglobin

Die Mittelwerte des Hämoglobins lagen in der Gruppe Stroh bei 9,7 g/dl, in der Gruppe Weichholzgranulat bei 9,8 g/dl, in der Gruppe Strohpellets bei 9,6 g/dl und in der Gruppe Hobelspäne bei 9,7 g/dl. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen festgestellt.

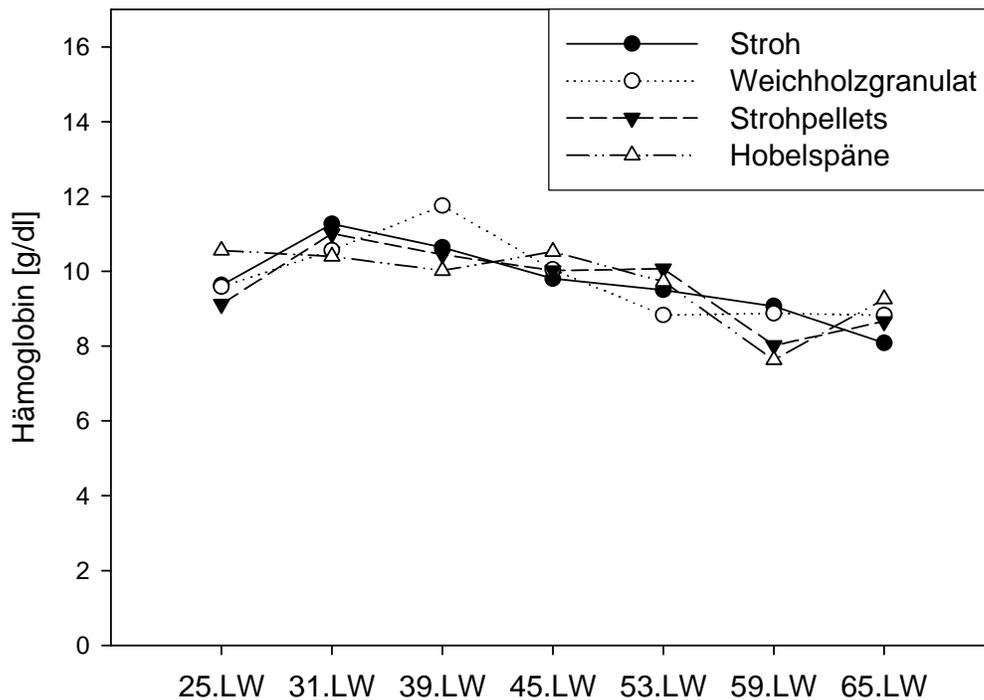


Abbildung 14:

Durchschnittlicher Hämoglobinwert [in g/dl] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in sechswöchigen Abständen der Hämoglobinwert von 10 Blutproben der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

Im Verlauf der Legeperiode wiesen alle Gruppen einen ähnlichen Verlauf auf. Zu Beginn kam es in allen Gruppen zu einem Anstieg des Hämoglobinwertes, der aber bis zum Ende der Legeperiode hin abfiel.

4.4.3 Calcium

Der Medianwert der Calciumkonzentration lag mit 26,6 mg/dl in der Gruppe Hobelspäne am höchsten. Es folgten die Gruppen Strohpellets und Stroh mit Werten von 26,2 bzw. 26,0 mg/dl. Mit 25,5 mg/dl lag er in der Gruppe Weichholzgranulat am niedrigsten. Die Werte aller Gruppen wiesen keine signifikanten Unterschiede zueinander auf.

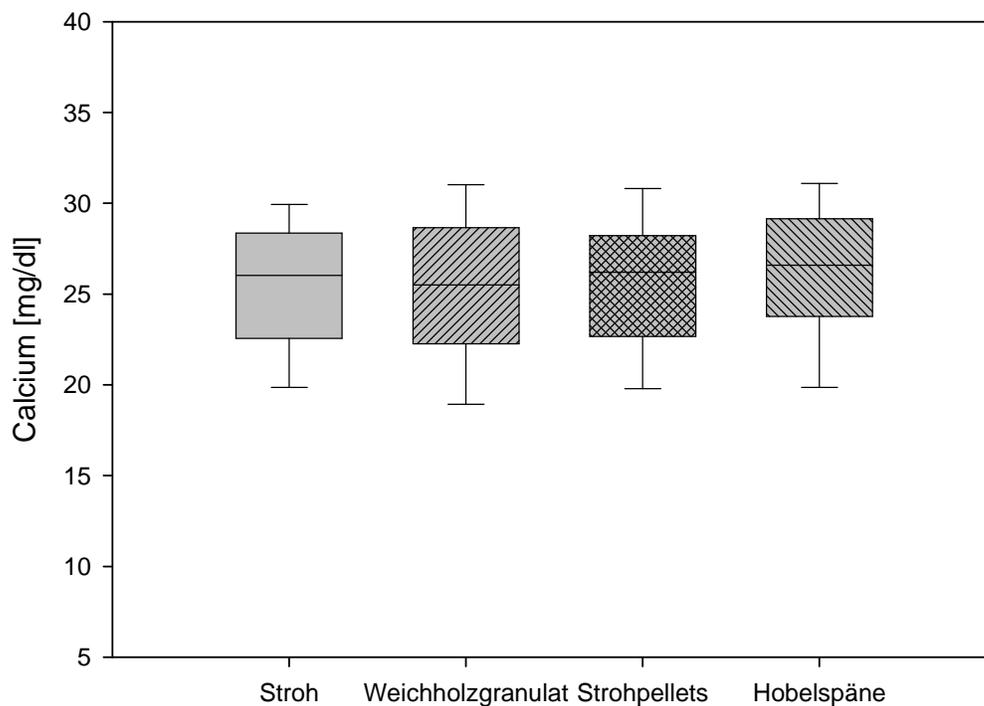


Abbildung 15:

Medianwert der Calciumkonzentration [in mg/dl] in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in sechswöchigen Abständen die Calciumkonzentration von 10 Blutproben der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

Im Verlauf der Legeperiode zeigte die Calciumkonzentration im Serum in allen vier Gruppen die gleiche Tendenz. Von der 25. bis zur 53. Lebenswoche kam es kaum zu Änderungen der Medianwerte. Die maximale Calciumkonzentration in der Gruppe Stroh lag bei 26,4 mg/dl, in Gruppe Weichholzgranulat bei 28,5 mg/dl. Die maximalen Werte in den Gruppen Strohpellets und Hobelspäne lagen bei 28,6 bzw. 28,0 mg/dl. In der 59. Lebenswoche kam es bei allen Gruppen zu einem deutlichen Absinken der Calciumwerte. Bis zur 65. Lebenswoche erreichten die Gruppen Stroh und Hobelspäne wieder Werte von 26,4 bzw. 26,2 mg/dl, bei den Gruppen Weichholzgranulat und Strohpellets wurden Werte von 23,4 bzw. 23,9 mg/dl erreicht.

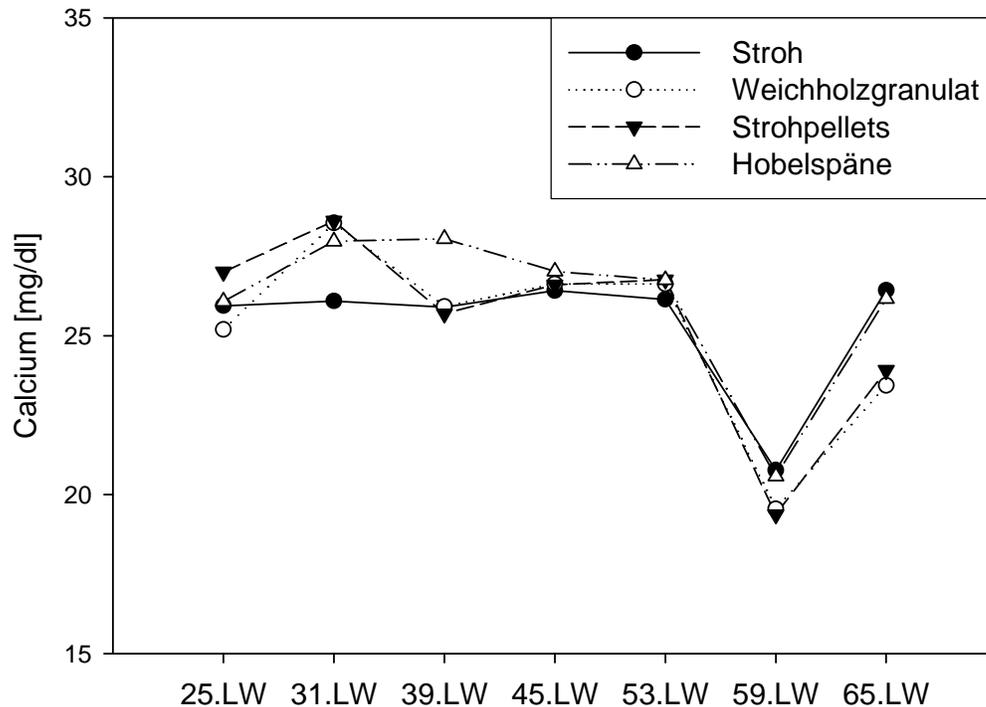


Abbildung 16:

Medianwert der Calciumkonzentration [in mg/dl] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in sechswöchigen Abständen die Calciumkonzentration von 10 Blutproben der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

4.4.4 Phosphor

Der mittlere Phosphorwert lag in der Gruppe Strohpellets bei 7,2 mg/dl. In den Gruppen Weichholzgranulat und Hobelspäne lag er bei 7,1 mg/dl, in der Gruppe Stroh bei 7,0 mg/dl. Es traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen auf.

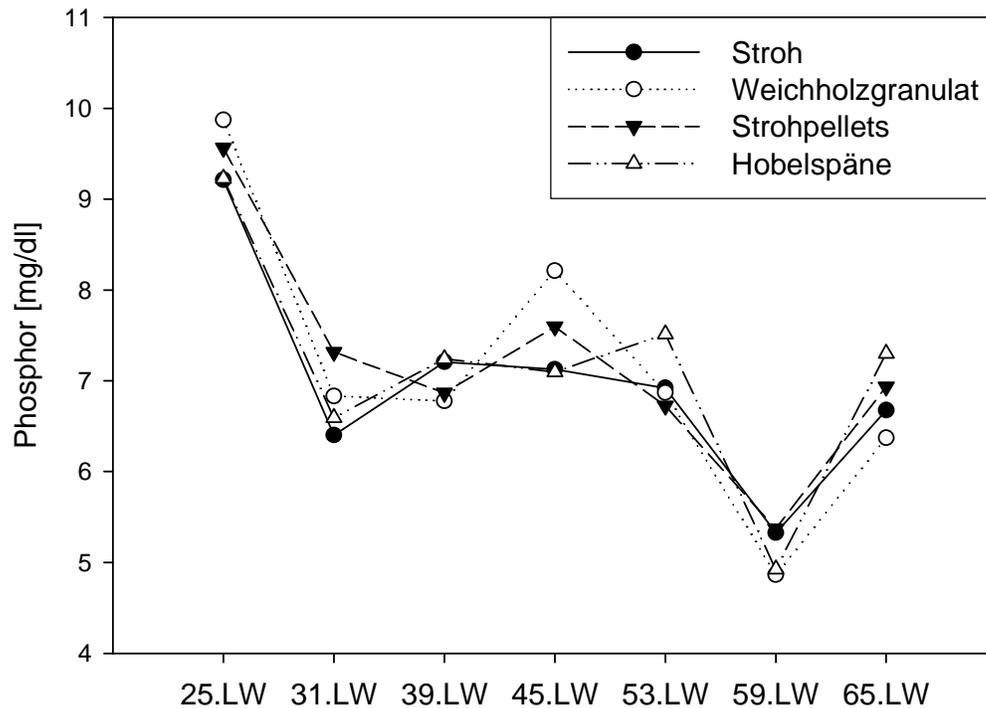


Abbildung 17:

Durchschnittliche Phosphorkonzentration [in mg/dl] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in sechswöchigen Abständen die Phosphorkonzentration von 10 Blutproben der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

4.4.5 Calcium-Phosphor Verhältnis

Tabelle 8:

Calcium-Phosphor-Verhältnis im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in sechswöchigen Abständen die Calcium- und Phosphorkonzentration von 10 Blutproben der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

Lebenswochen	Stroh	Weichholzgranulat	Strohpellets	Hobelspäne
25. LW	2,8:1	2,6:1	2,8:1	2,8:1
31. LW	4,1:1	4,2:1	3,9:1	4,2:1
39. LW	3,6:1	3,8:1	3,7:1	3,9:1
45. LW	3,7:1	3,2:1	3,5:1	3,8:1
53. LW	3,8:1	3,9:1	4,0:1	3,6:1
59. LW	3,9:1	4,0:1	3,6:1	4,2:1
65. LW	4,0:1	3,7:1	3,4:1	3,6:1
Durchschnittswert	3,6:1	3,5:1	3,5:1	3,7:1

4.5 Bonitierung

4.5.1 Beurteilung des Gefieders

Im Verlauf der Legeperiode zeigte das Gefieder aller Gruppen eine Verschlechterung. Mit der Durchschnittsnote von 1,8 wiesen die Gruppen

Strohpellets und Hobelspäne am Ende der Legeperiode die beste Befiederung auf. Ihnen folgten die Gruppen Weichholzgranulat mit 2,0 und Stroh mit 2,4.

Tabelle 9:

Durchschnittsnoten für die Gefiederbeurteilung im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart (+/-SEM).

(Es wurde in sechswöchigen Abständen das Gefieder von 10 Tieren je Gruppe mit Noten von 1-4 beurteilt)

Lebenswochen	Stroh	Weichholzgranulat	Strohpellets	Hobelspäne
25.LW	1,00+/-0	1,00+/-0	1,00+/-0	1,00+/-0
31.LW	1,50+/-0,15	1,33+/-0,14	1,33+/-0,14	1,17+/-0,11
39.LW	1,42+/-0,15	1,25+/-0,13	1,50+/-0,15	1,25+/-0,13
45.LW	1,83+/-0,21	1,25+/-0,13	1,25+/-0,13	1,42+/-0,15
53.LW	2,17+/-0,21	1,75+/-0,25	1,75+/-0,25	1,58+/-0,15
59.LW	2,25+/-0,18	1,67+/-0,18	1,75+/-0,18	1,83+/-0,17
65.LW	2,42+/-0,19	2,00+/-0,21	1,83+/-0,21	1,83+/-0,17

4.5.2 Beurteilung von Verletzungen

Es wurden in sechswöchigen Abständen 10 Tiere je Gruppe auf Verletzungen untersucht. Dabei wurden bei allen Tieren lediglich vereinzelt kleinere, oberflächliche Verletzungen festgestellt.

4.6 Körpergewicht

Das durchschnittliche Gewicht der Gruppen Stroh, Weichholzgranulat und Strohpellets lag bei 2,1 kg, das der Gruppe Hobelspäne bei 2,0 kg. Im Verlauf der Legeperiode zeigten alle Gruppen zunächst eine Gewichtszunahme auf maximale Durchschnittswerte von 2,2 kg in den Gruppen Stroh, Weichholzgranulat und Strohpellets und 2,1 kg in der Gruppe Hobelspäne. Gegen Ende der Legeperiode fiel das Durchschnittsgewicht in allen Gruppen auf 2,0 kg ab. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

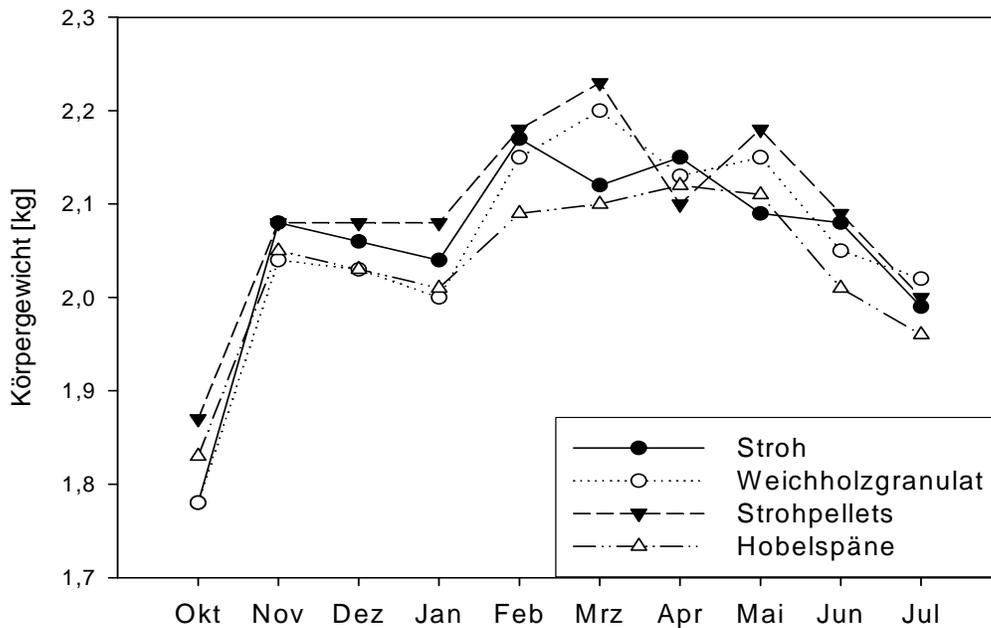


Abbildung 18:

Durchschnittliches Körpergewicht [in kg] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde in vierwöchigen Abständen das Gewicht von 10 Hennen der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

4.7 Mortalität

In den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat gab es einen Verlust von 1,1% (ein Tier), es folgen die Gruppe Strohpellets mit 2,2% (zwei Tiere) und die Gruppe Hobelspäne mit 4,4% (vier Tiere). Die Verluste in den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat kamen durch Strangulation im Gitter zustande. In der Gruppe Strohpellets kam es zu einem Kloakenvorfall und einer Peritonitis. Die Verluste in der Gruppe Hobelspäne kamen in drei der Fälle durch eine Peritonitis und in einem Fall durch Strangulation zustande.

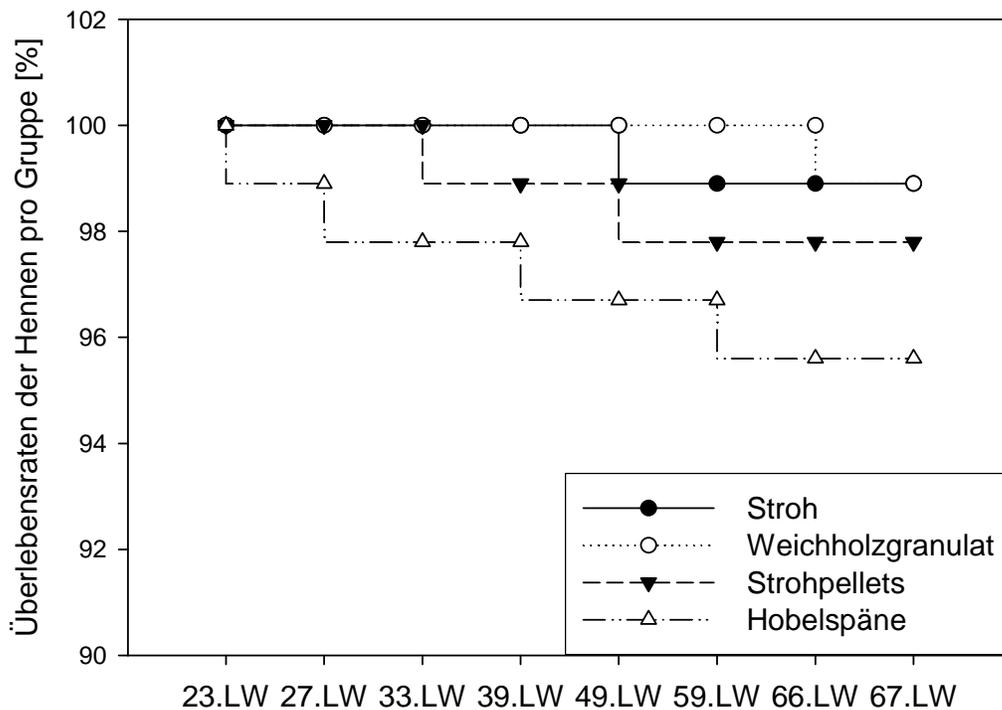


Abbildung 19:

Überlebensrate der Hennen [in %] im zeitlichen Verlauf der Legeperiode in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde die Anzahl der zum jeweiligen Zeitpunkt überlebenden Hennen in ein Prozentverhältnis zu den Anfangshennen gesetzt.)

4.8 Kotuntersuchung

Der Kot wurde alle 2 Monate auf Parasiten untersucht. Es wurde während der gesamten Legeperiode kein positives Ergebnis festgestellt.

4.9 Post mortem-Untersuchungen

4.9.1 Pathologische Untersuchung

In den Gruppen Weichholzgranulat und Hobelspäne wiesen 50% der untersuchten Tiere keine Brustbeinverkrümmung auf, in der Gruppe Stroh 30% und in der Gruppe Strohpellets 20%. Mittel- und hochgradige Brustbeinverkrümmungen gab es in der Gruppe Stroh in 20% der Fälle, in Gruppe Weichholzgranulat in 0%, in Gruppe Strohpellets in 50% und in der Gruppe Hobelspäne in 40%. In der Gruppe Strohpellets wurde bei 30% der Tiere keine Fettleber festgestellt, in den anderen 3 Gruppen bei 10%.

Tabelle 10:

Anteil von Brustbeinverkrümmungen [in %] in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Am Ende der Legeperiode wurden 10 Tiere pro Gruppe auf pathologische Veränderungen untersucht und mit Noten von 1-4 beurteilt. Die Anzahl der Veränderungen wurde in ein Prozentverhältnis zu den untersuchten Tieren gesetzt; n=10.)

Brustbeinverkrümmung (Note)	Stroh	Weichholzgranulat	Strohpellets	Hobelspäne
keine (1)	30%	50%	20%	50%
geringgradig (2)	50%	50%	30%	10%
mittelgradig (3)	20%	0%	40%	30%

hochgradig (4)	0%	0%	10%	10%
Durchschnittsnote	1,9	1,5	2,4	2,0

Tabelle 11:

Anteil von Fettlebern [in %] in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Am Ende der Legeperiode wurden 10 Tiere pro Gruppe auf pathologische Veränderungen untersucht und mit einer Note von 1-4 beurteilt. Die Anzahl der Veränderungen wurde in ein Prozentverhältnis zu den untersuchten Tieren gesetzt.)

Fettleber (Note)	Stroh	Weichholzgranulat	Strohpellets	Hobelspäne
keine (1)	10%	10%	30%	10%
geringgradig (2)	40%	30%	20%	40%
mittelgradig (3)	10%	10%	20%	40%
hochgradig (4)	40%	50%	30%	10%
Durchschnittsnote	2,8	3,0	2,5	2,5

Außer Brustbeinveränderungen und Fettlebern wurden keine makroskopisch pathologischen Veränderungen festgestellt.

4.9.2 Knochenbruchfestigkeitsmessung

Die Medianwerte der Knochenbruchfestigkeit der Femura lagen in den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat bei 251,8 bzw. 247,0 N. Es folgten die Gruppen Hobelspäne und Strohpellets mit 216,0 bzw. 198,6 N. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt.

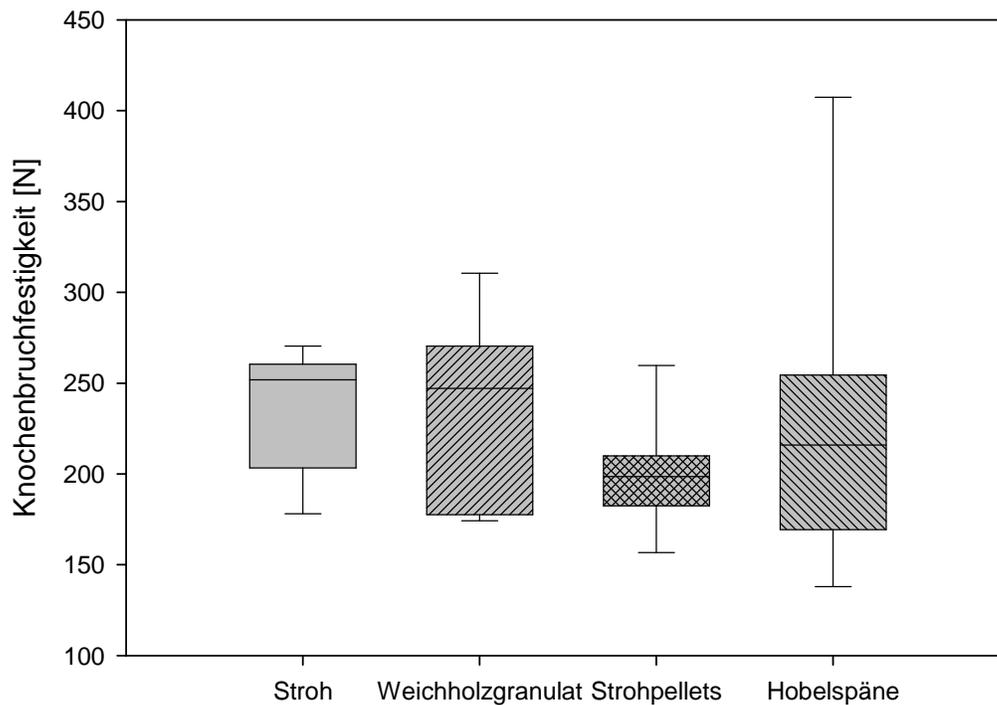


Abbildung 20:

Medianwert der Knochenbruchfestigkeit der Femura [in N] in Abhängigkeit von der Einstreuart.

(Es wurde am Ende der Legeperiode die Bruchfestigkeit der Knochen von 10 Hennen der jeweiligen Gruppen bestimmt.)

4.10 Schadgasmessungen

Es wurde während der gesamten Legeperiode kein Ammoniak nachgewiesen.

4.11 Verhalten

4.11.1 Direktbeobachtung

4.11.1.1 Verteilung der Hennen in der Voliere am Vormittag

Mit der Methode des Scan Samplings wurde die Aufenthaltshäufigkeit der Hennen in den verschiedenen Volierenbereichen bestimmt. Dabei wurde jedes Abteil der Voliere in 4 Bereiche aufgeteilt: Boden, Nestbereich, 1. Volierenetage und 2. Volierenetage.

Tabelle 12:

Anteil der Hennen in den vier Volierenbereichen [in %] am Vormittag und das Verhalten in Abhängigkeit von der Einstreuart (+/-SEM).

(Die %-Angaben der Volierenbereiche (grau unterlegt) beziehen sich auf die gesamte Gruppengröße des jeweiligen Abteils, die darunter folgenden Verhaltensweisen beziehen sich auf die Anzahl der Tiere, die sich im jeweiligen Volierenbereich aufhielten. Ausgewertete Beobachtungszeit 40 min pro Gruppe an 16 Tagen. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$, Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Student-Newman-Keuls Methode)

Verhaltensweisen	Stroh	Weichholz- granulat	Strohpellets	Hobelspäne
"Boden"	39,66+/- 1,33	37,80+/- 1,57	36,08+/- 1,19	37,02+/- 2,03
Bodenpicken	27,58+/- 2,48	26,05+/- 1,91	25,98+/- 2,17	31,72+/- 2,30
Scharren	5,31+/- 1,05 (a)	1,48+/- 0,39 (b)	1,14+/- 0,35 (b)	1,79+/- 0,69 (b)
Gefiederpflege	22,03+/- 1,55 (a)	22,06+/- 1,79 (a)	19,47+/- 1,67 (a/b)	14,99+/- 1,55 (b)
Sandbaden	13,55+/- 1,48	13,56+/- 1,07	15,95+/- 2,46	9,51+/- 1,98

"Nestbereich"	10,33+/- 1,29	9,39+/- 1,34	10,40+/- 1,65	10,61+/- 1,57
Nestinspektion	8,29+/- 1,04	8,97+/- 1,30	8,28+/- 1,75	4,78+/- 1,03
Nestnutzung	38,82+/- 6,42	39,50+/- 5,10	43,38+/- 4,18	42,97+/- 5,66
Gefiederpflege	5,41+/- 2,00	8,31+/- 2,18	5,85+/- 1,99	2,42+/- 0,87
"1. Volierenetage"	24,95+/- 0,96	25,20+/- 1,36	26,01+/- 0,84	23,34+/- 1,24
Ruheverhalten	15,22+/- 1,16 (a)	15,86+/- 1,03 (a)	18,16+/- 1,29 (a)	23,39+/- 0,97 (b)
Gefiederpflege	6,55+/- 1,04 (a/b)	5,87+/- 0,74 (a/b)	9,71+/- 1,74 (a)	4,25+/- 0,89 (b)
"2.Volierenetage"	23,60+/- 0,96 (a/b)	22,83+/- 0,94 (a)	26,39+/- 0,72 (b)	25,79+/- 0,94 (a/b)
Ruheverhalten	25,20+/- 2,03	27,64+/- 1,66	27,97+/- 1,64	25,21+/- 1,51
Gefiederpflege	8,59+/- 1,15 (a)	12,29+/- 0,91 (b)	11,52+/- 0,69 (b)	6,47+/- 0,79 (a)
Gesamt	98,54	95,22	98,88	96,76

Beim Aufenthalt in den einzelnen Volierenbereichen kam es zu einem signifikanten Unterschied in der Nutzung der 2. Volierenetage. Sie wurde in der Gruppe Weichholzgranulat mit 22,8% signifikant seltener genutzt als in der Gruppe Strohpellets mit 26,4%. Die Gruppen Stroh und Hobelspäne nahmen mit 23,6 bzw. 25,8% einen Zwischenwert ein.

Am Boden zeigte sich, dass die Hennen in der Gruppe Stroh signifikant häufiger die Verhaltensweise „Scharren“ zeigten als die Hennen der anderen Gruppen. Auch kam es in den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat zu einem signifikanten Unterschied mit der Gruppe Hobelspäne bezüglich der „Gefiederpflege“. Die Gruppe Strohpellets nahm einen Zwischenwert ein.

Bei der Nutzung der 1. Volierenetage für ein „Ruheverhalten“ gab es einen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe Hobelspäne und den anderen Gruppen. Auch gab es einen signifikanten Unterschied bei der „Gefiederpflege“. In der Gruppe Strohpellets zeigten 9,7% der Hennen diese Verhaltensweise, in

der Gruppe Hobelspäne nur 4,3%. Die anderen beiden Gruppen nahmen einen Zwischenwert ein.

In der 2. Volierenetage wiesen die Gruppen Weichholzgranulat und Strohpellets für die Nutzung zur „Gefiederpflege“ Werte von 12,3 bzw. 11,5% auf. Sie zeigten damit einen signifikanten Unterschied zu den Gruppen Stroh und Hobelspäne mit 8,6 bzw. 6,5%.

4.11.1.2 Verteilung der Hennen in der Voliere am Nachmittag

Mit der Methode des Scan Samplings wurde die Aufenthaltshäufigkeit der Hennen in den verschiedenen Volierenbereichen bestimmt. Dabei wurde jedes Abteil der Voliere in 4 Bereiche aufgeteilt: Boden, Nestbereich, 1. Volierenetage und 2. Volierenetage.

Tabelle 13:

Anteil der Hennen in den 4 Volierenbereichen [in %] am Nachmittag und ihr Verhalten in Abhängigkeit von der Einstreuart (+/-SEM).

(Die %-Angaben der Volierenbereiche (grau unterlegt) beziehen sich auf die gesamte Gruppengröße des jeweiligen Abteils, die darunter folgenden Verhaltensweisen beziehen sich auf die Anzahl der Tiere, die sich im jeweiligen Volierenbereich aufhielten. Ausgewertete Beobachtungszeit 40 min pro Gruppe an 16 Tagen. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$, Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Student-Newman-Keuls Methode)

Verhaltensweisen	Stroh	Weichholz-	Strohpellets	Hobelspäne
		granulat		
"Boden"	47,28+/- 1,50 (a)	39,64+/- 1,16 (b)	38,18+/- 0,89 (b)	37,75+/- 1,6 (b)
Bodenpicken	35,67+/- 3,93	34,02+/- 3,93	36,08+/- 3,35	40,66+/- 3,08
Scharren	6,07+/- 0,61 (a)	3,49+/- 1,32 (b)	2,06+/- 0,52 (b)	2,64+/- 0,52 (b)
Gefiederpflege	19,69+/- 2,07	19,8+/- 1,98	18,55+/- 2,10	15,25+/- 2,63
Sandbaden	11,04+/- 1,71 (a)	10,18+/- 1,81 (a)	6,96+/- 1,40 (a/b)	3,72+/- 0,95 (b)

"Nestbereich"	5,67+/- 0,77	4,52+/- 0,75	6,46+/- 0,88	6,69+/- 0,86
Nestinspektion	8,19+/- 1,79	10,26+/- 2,35	11,78+/- 2,23	6,80+/- 1,69
Nestnutzung	22,91+/- 4,70	20,65+/- 4,97	24,63+/- 3,56	27,75+/- 3,66
Gefiederpflege	10,44+/- 4,72	7,50+/- 2,47	7,89+/- 2,34	2,28+/- 1,13
"1. Volierenetage"	28,29+/- 0,93	29,75+/- 0,91	27,51+/- 1	27,30+/- 1,86
Ruheverhalten	14,32+/- 1,43 (a)	12,50+/- 1,09 (a)	16,38+/- 1,57 (a/b)	19,10+/- 1,28 (b)
Gefiederpflege	5,62+/- 1,18	7,76+/- 1,50	10,22+/- 1,54	6,26+/- 1,22
"2.Volierenetage"	18,79+/- 0,80 (a)	20,75+/- 1,07 (a)	25,79+/- 0,73 (b)	23,73+/- 1,02(b)
Ruheverhalten	20,75+/- 2,70	26,21+/- 1,78	26,21+/- 2,41	22,09+/- 2,31
Gefiederpflege	10,50+/- 1,71	8,88+/- 1,60	9,92+/- 1,85	5,65+/- 1,30
Gesamt	100,03	94,66	97,94	95,47

Bei der Nutzung des Bereichs „Boden“ kam es zu einem signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe Stroh und den anderen Gruppen.

Bei der Nutzung der „2. Volierenetage“ gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen Strohpellets und Hobelspäne mit Werten von 25,8 bzw. 23,7% und den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat mit Werten von 18,8 bzw. 20,8%.

Im Bereich Boden zeigte die Gruppe Stroh einen signifikanten Unterschied zu den anderen Gruppen die Verhaltensweise „Scharren“ betreffend. Beim „Sandbaden“ gab es einen signifikanten Unterschied der Gruppen Stroh und Weichholzgranulat mit 11,0 bzw. 10,2% und der Gruppe Hobelspäne mit 3,7%. Die Gruppe Strohpellets nahm mit 7,0% einen Zwischenwert ein.

Zu einem weiteren signifikanten Unterschied kam es bei der Nutzung der 1.Volierenetage für das „Ruheverhalten“ zwischen den Gruppen Stroh und

Weichholzgranulat mit 14,3 bzw.12,5% und der Gruppe Hobelspäne mit 19,1%. Die Gruppe Strohpellets nahm mit 16,4% einen Zwischenwert ein.

4.11.1.3 Vergleich der Nutzung der Voliere durch die Hennen am Vormittag und am Nachmittag

Bei der Nutzung des Bereichs „Boden“ kam es in der Gruppe Stroh zu einem signifikanten Unterschied zwischen dem Vor- und dem Nachmittag.

Im Nestbereich zeigten alle 4 Gruppen signifikante Unterschiede zwischen der Nutzung am Vor- und am Nachmittag.

Weitere signifikante Unterschiede traten in der Nutzung der „1. Volierenetage“ in der Gruppe Weichholzgranulat und der „2. Volierenetage“ in der Gruppe Stroh auf.

4.11.1.4 Direktbeobachtung des Sozialverhaltens

Die direkt beobachteten Verhaltensparameter des Sozialverhaltens „Verfolgen“, „Hacken“, „Körperpicken“ und „Federziehen“ wurden in allen Gruppen während der Beobachtungszeit nur vereinzelt gezeigt und können deshalb nicht ausgewertet werden.

4.11.2 Videobeobachtung des Sandbadeverhaltens

Beim Sandbadeverhalten gab es in der Dauer des Sandbadens einen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe Stroh und den übrigen Gruppen.

Tabelle 14:**Durchschnittliche Dauer des Sandbadeverhaltens [in sec] und Häufigkeit [pro h] in Abhängigkeit von der Einstreuart (+/-SEM).**

(Es wurde die Dauer des auftretenden Sandbadeverhaltens und die Anzahl der Hennen, die dieses pro Stunde zeigten, ermittelt, die Beobachtungszeit betrug 3 h pro Gruppe an 16 Tagen. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$, Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks, Dunn's Methode)

	Stroh	Weichholzgranulat	Strohpellets	Hobelspäne
Dauer des Sandbadens (sec)	406 +/-22,20 (a)	233 +/-8,78 (b)	243 +/-13,51 (b)	292 +/-16,21 (b)
Häufigkeit des Sandbadens pro Stunde (Anzahl der Hennen)	11,50	15,33	16,75	13,58

4.12 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

In der folgenden Tabelle wurden die untersuchten Parameter zusammengefasst und ihre zugehörigen Bereiche Leistung, Gesundheit und Verhalten, je nach Abschneiden mit +++ (sehr positiv) bis — (sehr negativ) beurteilt.

Tabelle 15:

Ergebnisse der Gruppen für die Untersuchungsparameter

Parameter	Gruppe Stroh	Gruppe Weichholzgranulat	Gruppe Strohpellets	Gruppe Hobelspäne
Leistung	++	++	++	++
Legeleistung (%)	89,3	87,1	89,5	86,1
Verlegte Eier (%)	3,2	4,6	3,0	2,9
Eigewicht (g)	63,5	64,4	62,8	63,3
Knick- und Brucheier (%)	0,2	0,3	0,2	0,3
Bruchfestigkeit der Eischale (N)	32,2	32,0	31,4	30,1
Schalendicke (mm)	0,41	0,41	0,41	0,41
Gesundheit	++	++	++	++
IgY Eidotter (mg/ml)	28,7	28,1	28,5	26,6
IgY Serum (mg/ml)	16,4	15,6	15,6	15,1
Hämatokrit (%)	20,7	20,5	20,2	20,6
Hämoglobin (g/dl)	9,7	9,8	9,6	9,7

Calcium (mg/dl)	26,0	25,5	26,2	26,6
Phosphor (mg/dl)	7,0	7,1	7,2	7,1
Bonitierung (Note)	2,4	2,0	1,8	1,8
Gewicht (kg)	2,1	2,1	2,1	2,0
Mortalität (%)	1,1	1,1	2,2	4,4
Bruchfestigkeit Knochen (N)	251,8	247,0	198,6	216,0
Leber (Note)	2,8	3,0	2,5	2,5
Brustbein (Note)	1,9	1,5	2,4	2,0
Verhalten	+++	++	++	+
Aufenthalt im Bodenbereich (%)	43,5	38,7	37,1	37,4
Scharren (%)	5,7	2,5	1,6	2,2
Bodenpicken (%)	31,6	30,0	31,0	36,2
Sandbaden (%)	12,3	11,9	11,5	6,6
Dauer des Sandbadens (sec)	406	233	243	292

5 Diskussion

5.1 Grundlagen des Versuchs

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel die Auswirkungen von vier verschiedenen Einstreuarten auf die Leistung, die Gesundheit und das Verhalten von Legehennen in Volierenhaltung zu prüfen. Es wurden die Einstreuarten Stroh, Weichholzgranulat, Strohpellets und Hobelspäne ausgewählt. Die Besatzdichte der Legehennen lag bei 14 Tieren pro m² nutzbarer Stallgrundfläche. Sie lag damit 22% unter der maximal zugelassenen Besatzdichte von 18 Tieren pro m².

5.2 Leistungsmerkmale

Die Legereife wurde in allen Gruppen am 138. Tag erreicht. Verglichen mit den Angaben von HENDRIX-GENETICS (2006) für Legehennen der Linie ISA Brown (143 Tage) und FLOCK und HEIL (2001) für Braunleger (152 Tage) wurde sie damit relativ früh erreicht.

Die Legeperiode dauerte aufgrund der Synchronisierung des Versuches mit dem Mobilstall Viehhausen nur 11 Monate, deshalb ist es schwierig absolute Zahlen dieses Versuches mit anderen Studien zu vergleichen, deren Legeperiode ein ganzes Jahr andauerte. Aus diesem Grund werden prozentuale Angaben verglichen, gewisse Abweichungen müssen aber berücksichtigt werden. Mit Legeleistungen zwischen 86,1 und 89,5% lagen die erreichten Leistungen im Bereich der von ANONYMUS (2005) in Leistungsprüfungen festgestellten Zahl von 86,9% pro Durchschnittshenne bei Braunlegern in Käfighaltung und weit über der von der ZMP-Marktbilanz 2004 genannten Zahl von 76,4%. SCHÜMANN (2006) erreichte in einer Volierenhaltung mit Auslauf und Legehennen der ISA Brown Linie eine Legeleistung von 76,3%. Die Gruppen Stroh und Strohpellets lagen mit 89,3 bzw. 89,5% signifikant über den Werten der Gruppen Weichholzgranulat und Hobelspäne mit 87,1 bzw. 86,1%.

Die Spitze der Eiproduktion lag in den Gruppen Stroh und Strohpellets bei den erwarteten Werten von 95% (HENDRIX-GENETICS, 2006), diese wurden jedoch noch nicht in der 26. Lebenswoche erreicht. In den anderen Gruppen

lagen die Spitzen nicht über 92,5%. Der von HUBBARD ISA (1998) angegebene Sollwert der Legeleistung nach 44 Lebenswochen von 89% wurde in allen Gruppen erreicht und in der Gruppe Strohpellets um 3,7% übertroffen. In allen Gruppen wurde in der 47.-49. Lebenswoche erstmals ein „Eierfressen“ der Hühner beobachtet. Leere Eischalen wurden beim Eierzählen miterfasst, wie viele Eier jedoch mitsamt ihrer Schale aufgefressen wurden konnte nicht erfasst werden.

Die Einstreu fand mehr als 1 Woche vor Legebeginn statt, die Einstreu im Bodenbereich war nicht sehr hoch und bei den Nestern handelte es sich um uniforme Abrollnester. Somit waren wichtige Anforderungen für einen geringen Anteil an verlegten Eiern in der Einstreu nach BAUER (1995), HULZEBOSCH (2004) und ACHILLES et al. (2002) erfüllt. Mit einem durchschnittlichen Anteil verlegter Eier zwischen 2,9 und 3,2% konnte die Anforderung von einem Höchstanteil an verlegten Eiern von 3-4% der Gesamteizahl in drei der Gruppen erfüllt werden, lediglich die Gruppe Weichholzgranulat, die mit 4,6% einen signifikant höheren Anteil an Boden- und Gittereiern aufwies als die anderen, konnte diese nicht erfüllen. Zu beachten ist, dass sich der Anteil der Gittereier in allen Gruppen auf einem ähnlichem Niveau befindet und der Unterschied durch die Bodeneier zustande kam. Ein weiteres Augenmerk sollte darauf gelegt werden, dass es im Lauf der Legeperiode zur Absenkung des Anteils verlegter Eier, vor allem ab der 47. Lebenswoche, kam, dies könnte auch mit dem Auftreten des „Eierfressens“ in den Gruppen zusammenhängen. In keinem Abteil konnte ein Führen der Henne zum Nest durch den Hahn beobachtet werden, welcher ebenfalls den Anteil verlegter Eier senken soll (HARLANDER-MATAUSCHEK, 2003).

Der signifikant höhere Anteil an Bodeneiern in der Gruppe Weichholzgranulat könnte mit der Beschaffenheit der Einstreu zusammenhängen. Nach KEELING (2004) kann es sein, dass die Hennen der Gruppe Weichholzgranulat, dieses, aufgrund seiner Beschaffenheit, als geeigneteren Platz zur Eiablage sehen. Die Nestnutzung lag am Vormittag in allen Abteilen auf einem signifikant höheren Niveau als am Nachmittag, die Nestzahl scheint aber für die Besatzdichte von 14 Tieren pro m² ausreichend gewesen zu sein, da der Anteil der verlegten Eier tolerierbar war und es sehr selten zu aggressivem Verhalten im Nestbereich kam.

Das Eigewicht lag in der Gruppe Weichholzgranulat mit 64,4 g signifikant höher als in den anderen Gruppen, die Gruppen Stroh und Hobelspäne lagen mit 63,5 bzw. 63,3 g auf ähnlichem Niveau und ebenfalls signifikant über dem Eigewicht der Gruppe Strohpellets mit 62,8 g. Das mittlere Eigewicht der ganzen Herde lag bei 63,1 g, somit wurde das von HENDRIX-GENETICS angegebene mittlere Eigewicht für die Linie ISA Brown von 63,1 g erreicht. Die Werte für das Eigewicht liegen unter dem Durchschnittswert, den GRASHORN (2004) für Braunleger angab (65-67 g). Sie liegen auch unter den Durchschnittswerten, die In den Legeleistungsprüfungen 2002/2004 erreichten ISA Brown Hennen in Käfighaltung einen Durchschnittswert von 65,8 g (ANONYMUS, 2005), in Volierenhaltung mit Auslauf 64,5 g (SCHÜMANN, 2006). Der niedrigere Durchschnittswert könnte seine Ursache nach KRAX (1974) im frühen Erreichen der Legereife haben. Es fällt auf, dass das Eigewicht nicht wie in der Literatur beschrieben am Ende der Legeperiode am höchsten ist. Die höchsten Durchschnittswerte wurden in den Gruppen bis zur 53. Lebenswoche erreicht, spätestens dann begannen die Werte abzufallen.

Die Gruppe Stroh lag sowohl bei der Legeleistung, als auch beim Eigewicht auf einem guten Niveau. Die Gruppe Weichholzgranulat konnte durch ein höheres Eigewicht die niedrigere Legeleistung ausgleichen, während die Gruppe Strohpellets ein niedrigeres Eigewicht durch gute Legeleistungen wettmachte. Die Gruppe Hobelspäne konnte weder beim Eigewicht noch bei der Legeleistung im direkten Vergleich mit den anderen Gruppen überzeugen.

Der von FLOCK und HEIL (2001) ermittelte Anteil an Knick- und Brucheiern in Höhe von 5,9% für Braunleger konnte in allen Gruppen mit einem Anteil von 0,2–0,3% deutlich unterschritten werden. Ein Grund dafür kann nach BAUER (1995) in der gleichmäßigen Nutzung der Nester liegen. Nach KRAX (1974) könnte das Ergebnis auch durch Fressen der Knick- und Brucheier zustande kommen, dies scheint hier nicht der Fall zu sein, da das „Eierfressen“ erst ab der 47. Lebenswoche, die niedrige Anzahl der Knick- und Brucheier jedoch schon seit Beginn der Legeperiode, auftrat.

Die nach ANONYMUS (2005) genannte Bruchfestigkeit der Eischale zwischen 37,6 und 44,0 N für Braunleger, sowie die von BERGFELD (2004) genannten Werte zwischen 34,8 und 45,9 N konnten nicht erreicht werden. Mit einem Mittelwert von 30,1 N lag sie in der Gruppe Hobelspäne signifikant unter den

anderen Gruppen, die Werte von 31,4 bis 32,2 N erreichten. Die von BAUMGART (2005) in einem vorher in derselben Voliere durchgeführten Versuch erreichten Werte für die Bruchfestigkeit lagen zwischen 30,5 und 32,4 N, dies spricht für den Einfluss der Haltungsumwelt auf diese. Die von BESSEL und DAMME (1998) vermutete positive Wirkung von Einstreu auf die Eischalenqualität konnte nicht bestätigt werden. Die Bruchfestigkeit erreichte in allen Gruppen zwischen der 53. und 59. Lebenswoche ihren Tiefstwert, steigerte sich aber zum Ende der Legeperiode wieder. Begründet könnte dies mit einem Mangel an Calcium werden, der sich nach SCHOLTYSSSEK (1994) negativ auf die Schalenqualität auswirkt. Die Calciumkonzentration im Blut hatte in der 59. Lebenswoche in allen Gruppen einen Tiefpunkt erreicht. Die von GRASHORN (2004) beschriebene Abnahme der Bruchfestigkeit mit zunehmendem Alter konnte in den Gruppen ebenfalls beobachtet werden.

Die Schalendicke lag in allen Abteilen mit durchschnittlich 410 µm deutlich über dem Mittel von LEYENDECKER et al. (2002) das bei 325 µm lag. Wie in deren Untersuchungen fiel die Dicke der Eischalen während der Legeperiode kontinuierlich ab. LEYENDECKER et al. (2002) ermittelten einen Knick- und Bruchanteil von 7,2% bei Hennen in Volierenhaltung. Dieser wurde in diesem Versuch, trotz (im Vergleich zur Literatur) niedriger Bruchfestigkeit, mit Werten von 0,2-0,3% deutlich unterschritten. Das Auftreten einer hohen Schalendicke und einer niedrigen Bruchfestigkeit zeigt, dass die Faktoren Form und Struktur des Eies einen großen Einfluss auf dessen Bruchfestigkeit haben können.

5.3 Immunstatus und physiologische Blutparameter

Der Mittelwert der IgY-Konzentration lag in den Gruppen Stroh und Strohpellets mit 28,7 bzw. 28,5 mg/dl signifikant über dem der Gruppe Hobelspäne mit 26,6 mg/dl. Die Gruppe Weichholzgranulat zeigte mit 28,1 mg/dl keine signifikanten Unterschiede zu den anderen Gruppen. Die Werte lagen damit über den von LÖSCH et al. (1986) genannten Maximalwerten von 25 mg/ml, lediglich LICKTEIG (2006) erreichte mit 25,8 – 27,8 mg/ml Konzentrationen in ähnlicher Höhe. Die hohen Werte sprechen bei entsprechender Antigenexposition für eine gute Immunabwehr im Bestand. Wie auch schon von LICKTEIG (2006), BAUMGART (2005) und LEBRIS (2005) beobachtet, kam es in den ersten

Wochen nach Erreichen der Legereife zu einem Rückgang der IgY-Konzentrationen. Der Grund hierfür könnte der von KÜHLMANN et al. (1988) beschriebene Transportmechanismus, der IgY vom Serum ins Ei transportiert und dessen erforderliche Anpassung an die steigende Eiproduktion sein. Nach den Immunisierungen gegen ND/IB in der 35. und 62. Lebenswoche kam es in den Gruppen tendenziell zum von POLSON et al. (1980) und RICKE et al. (1988) beschriebenen Anstieg der spezifischen Antikörperkonzentration im Ei. Nach der Immunisierung in der 48. Lebenswoche konnte innerhalb von 20 Tagen kein Anstieg der Antikörperkonzentration im Eidotter beobachtet werden. Ab der 45. Lebenswoche kam es zu einem Konzentrationsabfall, der in den Gruppen bis zur 51. bzw. 53. Lebenswoche anhielt.

Die Werte der IgY-Konzentration im Serum lagen zwischen 15,1 und 16,4 mg/ml, hier traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Sie nahmen damit eine Mittelstellung ein zwischen den von REES und NORDSKOG (1981) genannten Maximalwerten von 13,5 mg/ml und den von ROSE und ORLANS (1981) genannten Maximalwerten von bis zu 25 mg/ml.

Die Konzentrationskurven von IgY in Dotter und Serum zeigen mit Ausnahme des Tiefpunktes der Dotterkonzentration in der 53. Lebenswoche einen ähnlichen Verlauf, wobei die des Serums auf einem niedrigeren Niveau liegt. Dies deckt sich mit den Annahmen von ROSE und ORLANS (1981), die im Dotter von einem höheren IgY-Wert als im Serum ausgehen. LARSEN et al. (1993) nennen als Grund dafür den aktiven Transport des IgY vom Plasma in den Dotter.

Der Hämatokritmittelwert lag in allen Gruppen im von FREEMAN (1971) genannten Bereich bei ovulierenden Hennen. Ein Anstieg des Hämatokritwertes im Lauf der Legeperiode, wie von diesem beschrieben, trat in keiner der Gruppen auf. Dies kann an der hohen Varianz des Hämatokrits liegen. Die Mittelwerte des Hämoglobins lagen in allen Gruppen zwischen 9,6 und 9,8 mg/dl, damit waren sie nahe am von Siegmann (1992) genannten Richtwert von 10 mg/dl.

Die Medianwerte der Serumcalciumkonzentration lagen in allen Gruppen zwischen 25,5 und 26,6 mg/dl und zeigten zueinander keine signifikanten Unterschiede, sie befinden sich damit auch im Bereich der von BAUMGART (2005) erhaltenen Werte. In der 59. Lebenswoche kam es zu einem Einbruch in

der Verlaufskurve der Serumcalciumkonzentration in allen Gruppen, in der 65. Lebenswoche wurden jedoch wieder Werte erreicht, die nahe an denen vor dem Einbruch lagen. Grund dafür könnte nach ANTILLON et al. (1977) eine geringere Versorgung mit Calcium aus dem Futter sein. Diese könnte, wie von KOLB (1992) beschrieben, durch eine Entmischung der Futterbestandteile durch die lange Lagerung des Futters im Silo verursacht worden sein. Die geringeren Serumcalciumwerte wirkten sich aber nicht negativ auf die Eischalendicke aus. Die mittleren Phosphorwerte lagen in allen Gruppen zwischen 7,0 und 7,2 mg/dl, auch hier kam es in der 65. Lebenswoche zu einem Einbruch. Durch den gleichzeitig auftretenden Tiefpunkt der Calcium- und Phosphorkonzentration im Serum kam es zu keiner Verschiebung des Calcium-Phosphor-Verhältnisses, dieses lag im Schnitt der Legeperiode in allen Gruppen ungefähr bei 3,5:1.

5.4 Bonitierung

Bei der Beurteilung des Gefieders schnitten die Gruppen Strohpellets und Hobelspäne mit einer Endbeurteilung von 1,8 am besten ab, sie lagen damit vor der Gruppe Weichholzgranulat mit 2,0. Gruppe Stroh schnitt mit 2,4 von allen Gruppen am schlechtesten ab. In allen Gruppen kam es äußerst selten zu Federpicken oder anderen aggressiven Verhaltensweisen, die sich nach FÖLSCH (1981a) negativ auf den Gefiederzustand auswirken. Es ist weiterhin auffällig, dass die durchschnittliche Sandbadedauer in der Gruppe Stroh mit dem schlechtesten Gefiederzustand signifikant länger war als in den anderen Gruppen. Der schlechte Gefiederzustand könnte also mit dem Sandbaden im Stroh zusammenhängen, das zwar von den Tieren gegenüber den anderen Einstreumaterialien bevorzugt wurde, jedoch aufgrund seiner Strukturierung das Federkleid beim Sandbaden mechanisch schädigen kann. BAUMGART (2005) erreichte mit einer ähnlichen Gruppengröße (13,5 Tiere pro m²) in einem Haltungsveruch mit der Linie Tetra SL einen Wert von 1,8. Daraus könnte man schließen, dass das Vorhandensein von Einstreu sich nicht unbedingt positiv auf den Gefiederzustand auswirken muss. Bei einer Besatzdichte von 18 Tieren pro m² erreichte BAUMGART (2005) in derselben Voliere einen Wert von 2,4, LEBRIS (2005) Werte zwischen 2,0 und 3,1. Dies spricht dafür, dass die

Besatzdichte größere Auswirkungen auf das Gefieder hat, als das Vorhandensein von Einstreu. APPLEBY et al. (2004) schreiben von einer Zunahme von Gefiederschäden mit steigender Tierzahl, somit könnte die geringe Gruppengröße sich positiv auf die Befiederung ausgewirkt haben.

Bei der Beurteilung von Verletzungen wurden lediglich vereinzelt kleine und oberflächliche Verletzungen festgestellt. Dies kann an der von FÖLSCH et al. (1986) festgestellten Abnutzung von Krallen und Schnäbeln bei der Nutzung des Bodenbereichs zum Futtersuchen und Sandbaden liegen, wodurch sich die Gefahr verringert, sich Krallen abzubrechen oder mit überstehenden Schnabelspitzen Artgenossen zu verletzen.

5.5 Körpergewicht

Das durchschnittliche Körpergewicht der Legehennen lag in der Gruppe Hobelspäne bei 2,0 kg, in allen anderen Gruppen bei 2,1 kg. Es lag damit über dem von HUBBARD ISA (1998) genannten Wert von 1,9 – 2,0 kg. Die Gruppen zeigten keine signifikanten Unterschiede zueinander, das niedrigere Durchschnittsgewicht der Gruppe Hobelspäne könnte durch vermehrtes Fressen von Einstreu anstelle des angebotenen Futters zustande kommen.

5.6 Mortalität und Tiergesundheit

Die Verluste in den Gruppen waren mit 1,1-4,4% insgesamt gering. Sie lagen in allen Gruppen unter den von ANONYMUS (2005) beschriebenen Verlusten von 6,4% bei Braunlegern in Käfighaltung. Somit konnten sie Ergebnisse von PETERMANN (2003), TAUSON et al. (1999) und anderen nicht bestätigen, die von höheren Verlusten in Volierenhaltung ausgehen. Die Verlusten geben nach BESSEI (1999) keinen Grund zur Besorgnis, da sie unter 0,5% pro Monat lagen. Die Hauptursache für die Mortalität war neben Unfällen eine Salpingitis, dies deckt sich mit Aussagen von FLOCK und HEIL (2001), die Eileiterentzündungen als Hauptursache für den krankheitsbedingten Ausfall für Legehennen sehen. Sie verursachte 75% der Ausfälle in der Gruppe Hobelspäne, dies könnte nach KLACZINSKI (1992) in Zusammenhang mit der hohen Legeleistung der Gruppe stehen. Kannibalismus, der nach FLOCK und

HEIL (2001) eine weitere Hauptursache für die Mortalität in Legehennenbeständen darstellt, trat in keiner der Gruppen auf.

Mittel- bis hochgradige ausgeprägte Fettlebern wurden bei 52,5 % der seziierten Tiere des Bestandes gefunden, in jeder Gruppe war mindestens die Hälfte der Tiere davon betroffen. Dies lag unter den Werten von BAUMGART (2005), die in 100% der Fälle mindestens eine mittelgradig ausgeprägte Fettleber feststellte. Der Anteil der Tiere mit Fettlebern könnte nach TEGELER (1992) durch die Fütterung zustande gekommen sein und einen Rückgang der Legeleistung von bis zu 5% bewirkt haben.

Brustbeindeformationen traten in den Gruppen Weichholzgranulat und Hobelspäne in 50% der Fälle, in den Gruppen Stroh und Strohpellets in 70 bzw. 80% der Fälle auf. Dies führt im Bestand zu einem Anteil von 62,5% an Brustbeindeformationen und liegt im Bereich der von KEUTGEN et al. (1999) beschriebenen 60,7% für Legehennen in Bodenhaltung, aber über den von LICKTEIG (2006) mit 54% und BAUMGART (2005) mit 45% festgestellten Werten für Legehennen in Volierenhaltung. Ein Grund dafür könnte nach WAHLSTRÖM et al. (2001) in der Nutzung der Sitzstangen und die Druckbelastung des Brustbeins beim Hocken darauf liegen. Auch Form und Beschaffenheit der Sitzstangen wirken sich auf das Brustbein aus.

Außer Brustbeinveränderungen und dem Fettlebersyndrom wurden in makroskopisch pathologischen Untersuchungen keine anderen Veränderungen festgestellt.

Die Medianwerte für die Bruchfestigkeit der Femurknochen lagen in den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat bei 251,8 bzw. 247,0 N, die der Gruppen Hobelspäne und Strohpellets bei 216,0 bzw. 198,6 N. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Die Werte lagen im Bereich der von LICKTEIG (2006) und BAUMGART (2005) genannten Werte für die Knochenbruchfestigkeit in Volierenhaltung, aber unter denen von BAZER (2005) und SCHÜMANN (2006) von Legehennen mit Auslauf (261,0-280,1 N). Auch LEYENDECKER et al. (2002) schreiben von einer erhöhten Bruchfestigkeit von Tieren mit Auslaufhaltung gegenüber solchen in Volierenhaltung, die durch vermehrte Bewegungsmöglichkeiten zustande kommt.

5.7 Verhalten

Die Verhaltensbeobachtungen wurden in vier verschiedenen Volierenbereichen, dem Bodenbereich, dem Nestbereich, sowie der 1. und 2. Volierenetage, durchgeführt. Dabei wurde je nach Beobachtungsbereich ein besonderes Augenmerk auf die Verhaltensweisen des Ernährungsverhaltens, Komfortverhaltens, Nestverhaltens, Ausruhverhaltens und Sozialverhaltens gelegt. Zusätzlich fand eine Auszählung der Verteilung der Legehennen in den vier Bereichen statt, diese sollte dazu dienen eine Aussage über die Beliebtheit der Volierenbereiche und der Einstreuarten zu treffen. Die Häufigkeit des Sandbadens der Legehennen im Bodenbereich und dessen Dauer wurden mit Hilfe einer Videoaufzeichnung ermittelt.

Der Bodenbereich wurde in allen Abteilen am Nachmittag häufiger genutzt als am Vormittag. Für die Gruppe Stroh war dieser Unterschied signifikant. Auch wurde der Bodenbereich in dieser Gruppe nachmittags signifikant häufiger genutzt als in den anderen Gruppen. Der Nestbereich wurde in allen Gruppen am Vormittag signifikant häufiger genutzt als am Nachmittag. Nach FÖLSCH (1981a) legen die Hennen ihre Eier vermehrt am Vormittag, dies erklärt die vermehrte Nutzung des Nestbereichs zu dieser Tageszeit, die auch LEBRIS (2005) feststellen konnte.

Am Vormittag kam es in der Gruppe Stroh gegenüber den anderen Gruppen im Bodenbereich signifikant häufiger zum Scharren in der Einstreu, dies wurde auch am Nachmittag bestätigt. Futtersuchverhalten in Form von Bodenpicken und Scharren fand am Vormittag in den Gruppen Stroh und Hobelspäne bei ungefähr 33% der im Bodenbereich anwesenden Tiere statt. Dies lag über dem Niveau der Gruppen Weichholzgranulat und Strohpellets mit jeweils ungefähr 27%. Am Nachmittag wurde dies bestätigt, in den Gruppen Stroh und Hobelspäne beschäftigten sich dann 42 bzw. 43% der Hennen im Bodenbereich mit der Futtersuche, aber nur 38% in den beiden anderen Gruppen. Dabei lag die Beschäftigung mit der Einstreu zum Futtersuchverhalten in allen Gruppen höher als die in der Literatur angegebenen 7-25%. In ihren Versuchen stellten VESTERGAARD und HOGAN (1992) Hobelspäne, SANOTRA et al. (1995) Stroh als bevorzugtes Material zum Futtersuchverhalten fest. Zu beachten ist, dass sie in ihren Versuchen nicht mit Weichholzgranulat und Strohpellets als

zusätzliche Einstreumaterialien arbeiteten, sondern mit Sand, Torf und Federn. Sie beurteilten die Beliebtheit eines Materials an der Häufigkeit des Pickens und Scharrens. Damit dürften die Einstreumaterialien Stroh und Hobelspäne beliebter für das Futtersuchen sein als Strohpellets und Weichholzgranulat.

Die Zahl der Tiere im Bodenbereich lag über den Tag verteilt in der Gruppe Stroh mit 43% am höchsten, gefolgt von der Gruppe Weichholzgranulat mit 39% und den Gruppen Strohpellets und Hobelspäne mit 37%. Damit lagen die Aufenthaltswerte im Bodenbereich über den von NOORGARD-NIELSEN et al. (1993) ermittelten Wert von 32% im Hans-Kier-System, dem von BLOKHUIS und METZ (1992) im TWF-System mit 31% und weit über dem von diesen ermittelten Wert von 6,5% im Boleg-System. LEBRIS (2005) erreichte in der Voliere, bei einer Besatzdichte von 18 Tieren je m², einen Wert von 22,7%. In einem Volierensystem der Firma Salmet ermittelte LICKTEIG (2006) einen Wert von 22,5% im Bodenbereich. In einer Voliere mit einem zusätzlich geöffnetem Scharraum betrug dieser 34,3%. Die Beliebtheit des Bodenbereiches im Versuch dürfte auf das Vorhandensein von Einstreu im gesamten Bodenbereich und die Beschäftigung mit dieser zurückzuführen sein. DAWKINS (1989) schreibt von der großen Rolle, die Futtersuchverhalten unter natürlichen Bedingungen spielt. Selbst vollständig gesättigte Hennen zeigen noch Futtersuchverhalten (DUNCAN und HUGHES, 1972). Es fiel ebenso auf, dass der Großteil der Gefiederpflege in allen Gruppen im Bodenbereich stattfand. Die Nutzung des Bodenbereichs zur Gefiederpflege spricht dafür, dass die Hennen dort nicht allzu großem Stress ausgesetzt waren (FÖLSCH, 1981a). Dies zeigen auch die kaum vorhandenen negativen, sozialen Interaktionen.

In den Abteilen wurde die 1. Volierenetage häufiger zur Futter- und Wasseraufnahme genutzt, als die 2. Volierenetage, die vermehrt zum Ruhen aufgesucht wurde. Dies lässt sich nach MCBRIDE et al. (1969) und WOOD-GUSH (1971) mit dem Aufsuchen erhöhter Bereiche zum Ruhen erklären.

In allen Gruppen wurde der Bodenbereich nachmittags seltener zum Sandbaden genutzt als vormittags. Nachmittags ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat und der Gruppe Hobelspäne, die Gruppe Strohpellets nahm einen Mittelrang ein. Über den Tag verteilt nutzten in den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat 12,3 bzw. 11,9% der anwesenden Hennen den Bodenbereich zum Sandbaden, in der

Gruppe Strohpellets 11,5% und in der Gruppe Hobelspäne 6,3%. Dabei lagen 3 Gruppen über dem von NOOGARD-NIELSEN et al. (1993) genannten Anteil an sandbadenden Hennen in der Einstreu von 10%. In der Videobeobachtung zeigte die Gruppe Stroh mit 406 sec einen signifikant höheren Mittelwert der Sandbadedauer im Vergleich zu den anderen Gruppen, in diesen wurde aber häufiger sandgebadet als in der Gruppe Stroh. Tendenziell lässt sich sagen, dass es bei längerer Sandbadedauer zu weniger Sandbadeaktionen kommt. Eine Sandbadedauer von 20 Minuten, wie sie von HUBER et al. (1994) und FÖLSCH (1981a) für den ungestörten Ablauf des Sandbadeverhaltens angegeben wird, bzw. 12 Minuten, wie sie von FÖLSCH et al. (1985) in Auslaufhaltung erzielt wurden, wurde in keiner Gruppe erreicht. VAN LIERE (1991) stellte fest, dass Sandbäder in einem nicht so beliebten Material kürzer dauern. Die als Einstreu verwendeten Materialien scheinen zum Sandbaden demnach nicht so beliebt zu sein. Von VAN LIERE et al. (1990) und SANOTRA et al. (1995) wurden Torf und Sand als beliebtere Materialien zum Sandbaden ausgemacht.

Die Medianwerte der in den Gruppen beobachteten Sozialverhaltensweisen Verfolgen, Hacken, Körperpicken und Federziehen lagen in allen Gruppen unter 0,1 Aktionen pro anwesendem Huhn in 6 Minuten. Diese niedrige Zahl könnte aus der hohen Anzahl der Legehennen, die sich mit ihrer Einstreu beschäftigen (EL-LETHEY et al., 2000), der Wiedererkennung der anderen Hennen bei Gruppen unter 96 Tieren (D'EATH und KEELING, 2003) und einer früh festgelegten Rangordnung ohne weitere Rangordnungskämpfe (GUHL, 1962) resultieren. Ebenso kann sich der Hahn wie von ODEN et al. (1999) beschrieben positiv auf das Sozialverhalten ausgewirkt haben.

5.8 Schlussfolgerung

Stroh als Einstreuart erwies sich in den Bereichen Leistung und Verhalten geeigneter als die anderen getesteten Einstreuarten. Vor allem in der Legeleistung und in der Beliebtheit bei den Legehennen lag es vorn. Lediglich im Bereich Gesundheit erreichte es aufgrund des schlechteren Gefiederzustandes eine schlechtere Wertung als die Gruppe mit den Strohpellets als Einstreu. Strohpellets und Weichholzgranulat lagen in ihren Ergebnissen nahe beieinander und erzielten in allen Bereichen bessere Ergebnisse als Hobelspäne. Die Kosten für das Stroh waren viel niedriger, als die für das Weichholzgranulat und die Hobelspäne. Am teuersten waren die Strohpellets. Von den vier untersuchten Einstreuarten ist Stroh aufgrund der erzielten Ergebnisse zu empfehlen.

Insgesamt schnitten die Gruppen im Vergleich mit in anderen Untersuchungen erzielten Ergebnissen gut ab. Ökonomische Kriterien wie hohe Legeleistung und geringe Mortalität wurden erfüllt. Die durchschnittliche Legeleistung in den Gruppen Strohpellets, Stroh und Weichholzgranulat lag sogar über der von in Käfigen gehaltenen Hennen der Legeleistungsprüfung 2002/2004, deren Nutzungsdauer jedoch 12 Monate betrug. Die Mortalität lag in allen Gruppen unter 0,5% pro Monat, trotz nicht kupierter Schnäbel, und der Anteil der verlegten Eier in den Gruppen lag im tolerierbaren Bereich. Das Vorhandensein von Einstreu bot den Legehennen in allen Gruppen die Möglichkeit natürliche Verhaltensweisen wie das Futtersuchverhalten in Form von Scharren und Bodenpicken und das Sandbadeverhalten auszuführen. Die Einstreu hat sich in allen Gruppen positiv auf das Sozialverhalten ausgewirkt. Es kam zu keinem Fall von Kannibalismus. Die Voliere erwies sich hier als Haltungsform, bei der neben den wirtschaftlichen Anforderungen auch das Wohlbefinden der eingestellten Tiere positiv beurteilt werden kann.

Einschränkend ist zu erwähnen, dass sich Ergebnisse aus diesen relativ kleinen Gruppen (92 Tiere je Gruppe) nicht unbedingt auf die Haltungskriterien in Großbetrieben übertragen lassen.

6 Zusammenfassung

Vergleichende Untersuchungen zu Gesundheit, Leistung und Verhalten von Legehennen mit unterschiedlichen Einstreumaterialien in Volierenhaltung.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirkungen der Einstreuarten Stroh, Weichholzgranulat, Strohpellets und Hobelspäne auf Gesundheit, Leistung und Verhalten von insgesamt 364 Legehennen untersucht. Tiere der Linie ISA Brown wurden dafür bei einer Besatzdichte von 14 Tieren je m² in vier identischen Abteilen gehalten.

Die **Legereife** wurde in allen Gruppen nach 138 Tagen erreicht. Die **Nutzungsdauer** betrug 323 Tage. In den Gruppen Strohpellets (89,5%) und Stroh (89,3%) lag die mittlere **Gesamtlegeleistung** signifikant über der der Gruppen Weichholzgranulat (87,1%) und Hobelspäne (86,1%). Der Anteil der **verlegten Eier** lag in der Gruppe Weichholzgranulat (4,6%) signifikant höher als in den anderen Gruppen. In allen Gruppen lag der mittlere **Knick- und Brucheanteil** bei 0,2-0,3% und der Anteil der **Windeier** war geringer als 0,1%. Der Medianwert des **Eigewicht** in Gruppe Weichholzgranulat (64,4 g) lag signifikant höher als in den Gruppen Stroh und Hobelspäne (63,5 bzw. 63,3 g). Zur Gruppe Strohpellets (62,8 g) wiesen alle anderen Gruppen einen signifikant höheren Wert auf. Die mittlere **Bruchfestigkeit der Eischalen** der Gruppe Hobelspäne (30,1 N) lag signifikant niedriger als die der anderen Gruppen (31,4-32,2 N). Die **Eischalendicke** war in allen Gruppen gleich.

Die Gruppen Stroh (28,7 mg/ml) und Strohpellets (28,5 mg/ml) wiesen für die mittlere **IgY-Konzentration im Eidotter** signifikant höhere Werte auf als die Gruppe Hobelspäne (26,6 mg/ml). Die Gruppe Weichholzgranulat (28,1 mg/ml) nahm einen Mittelwert ein. Für die **IgY-Konzentration im Serum** (15,1-16,4 mg/ml), den **Hämatokritmittelwert** (20,2-20,7%) und die **Hämoglobinmittelwerte** (9,6-9,8 g/dl) gab es keine signifikanten Unterschiede, dies gilt auch für den Medianwert der **Calciumkonzentration** (25,5-26,6 mg/dl) und die mittlere **Phosphorkonzentration** (7,0-7,2 mg/dl). Der **Gefiederzustand** der Gruppen Strohpellets und Hobelspäne war am Ende der Legeperiode

besser als der der Gruppe Weichholzgranulat. Gruppe Stroh wies den schlechtesten Zustand auf. Das durchschnittliche **Körpergewicht** lag bei 2,0-2,1 kg. Die **Mortalität** war in den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat (1,1%) am niedrigsten und in der Gruppe Hobelspäne (4,4%) am höchsten. In den Gruppen Weichholzgranulat und Hobelspäne wiesen 50% der untersuchten Tiere eine **Brustbeinverkrümmung** auf, in den Gruppen Stroh und Strohpellets 70 bzw. 80%. In allen Gruppen zeigten mindestens 50% der Tiere eine mittel- bis hochgradige **Fettleber**. Die Medianwerte der **Bruchfestigkeit der Femura** lagen bei 198,8-251,8 N.

Vormittags wurde der Bodenbereich von durchschnittlich 37,6% der Legehennen genutzt, der Nestbereich von 10,2%, die 1. Volierenetage von 24,9% und die 2. Volierenetage von 24,7%. Beim Vergleich des Aufenthalts kam es nur zu einem signifikanten Unterschied der Nutzung der 2. Volierenetage zwischen den Gruppen Weichholzgranulat und Strohpellets. Im Bodenbereich der Gruppe Stroh zeigten die Tiere signifikant häufiger die Verhaltensweise „**Scharren**“ als in den anderen Gruppen. **Nachmittags** wurde der Bodenbereich von durchschnittlich 40,7% der Legehennen genutzt, der Nestbereich von 5,8%, die 1. Volierenetage von 28,2% und die 2. Volierenetage von 22,3%. Der Bodenbereich wurde in Gruppe Stroh signifikant häufiger genutzt als in den anderen Gruppen, ebenso die 2. Volierenetage in den Gruppen Strohpellets und Hobelspäne. Ansonsten traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Im Bodenbereich der Gruppe Stroh kam es signifikant häufiger zur Verhaltensweise „**Scharren**“ als in den anderen Gruppen. Beim „**Sandbaden**“ gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen Stroh und Weichholzgranulat verglichen mit der Gruppe Hobelspäne. Die Gruppe Strohpellets nahm einen Mittelwert ein. Die durchschnittliche **Sandbadedauer** lag in der Gruppe Stroh (406 sec) signifikant über der der anderen Gruppen (233-292 sec). Nachmittags signifikant häufiger genutzt als vormittags wurde der Bodenbereich in Gruppe Stroh. Der Nestbereich in allen Gruppen, die 1. Volierenetage in Gruppe Weichholzgranulat und die 2. Volierenetage in Gruppe Stroh wurden dagegen signifikant seltener genutzt.

7 Summary

Comparison of health, productivity and behaviour of laying hens with different litter material in aviaries.

This dissertation examines the effects of the litter materials straw, soft wood granulate, straw pellets and wood shavings on health, productivity and behaviour on 364 laying hens. Animals of the ISA brown breed were kept at a stocking density level of 14 animals per m² in 4 identical aviary partitions.

All groups reached **sexual maturity** after 138 days. The **period of productivity** lasted 323 days. The average **overall egg yield** attained in groups straw pellets (89.5%) and straw (89.3%) was significantly higher than in groups soft wood granulate (87.1%) and wood shavings (86.1%). The proportion of **mislaidd eggs** in group soft wood granulate (4.6%) was significantly higher than in the other groups. In all groups the mean value for **cracked and broken eggs** was 0.2%-0.3% and the **wind egg** proportion was lower than 0.1%. The median **egg weight** of group soft wood granulate (64.4 g) was significantly higher than in groups straw (63.5 g) and wood shavings (63.3 g). Group straw pellets (62.8 g) showed a significantly lower value than all other groups. The average **eggshell breaking strength** of group wood shavings (30.1 N) was significantly lower than in the other groups (31.4-32.2 N). The mean value of **eggshell thickness** was equal in all groups.

Groups straw (28.7 mg/ml) and straw pellets (28.5 mg/ml) showed an average **IgY-concentration in egg yolk**, which was significantly higher than in group wood shavings (26.6 mg/ml). Group soft wood granulate (28.1 mg/ml) took an interim value. **IgY-concentrations in serum** (15.1-16.4 mg/ml), the average **haematocrit** (20.2-20.7%) and **haemoglobin** mean value (9.6-9.8 g/dl) showed no significant differences, the same can be said for the median of the **calcium** concentration (25.5-26.6 mg/dl) and the average **phosphorus** concentration (7.0-7.2 mg/dl). At the end of the period of productivity the **degree of plumage** in groups straw pellets and wood shavings was better than in group soft wood granulate. Group straw showed the worst degree. The average **weight** was 2.0-

2.1 kg in all groups. **Mortality** was lowest in groups straw and soft wood granulate (1.1%) and highest in group wood shavings (4.4%). In groups soft wood granulate and wood shavings, 50% of the animals showed **keel bone deformation**; in groups straw and straw pellets 70 or rather 80%. In all groups at least 50% of the animals showed a moderately to high-graded **fatty liver**. The medians of the **bone fracture resistance of the femurs** were between 198.6-251.8 N.

During **morning** observations an average of 37.6% of the laying hens used the ground area, the nest area was used by 10.2%, the first floor of the aviary by 24.9% and the second floor by 24.7%. When comparing the attendance between the groups there was only a significant difference in the use of the second floor in group soft wood granulate and group straw pellets. In the ground area of group straw **ground-scratching** was shown significantly higher than in the other groups.

In **afternoon** recordings an average of 40.7% of the laying hens used the ground area, the nest area was used by 5.8%, the first floor of the aviary by 28.2% and the second floor by 22.3%. The ground area in group straw was used significantly more often than in the other groups, as was the second floor of the aviary in groups straw pellets and wood shavings. Besides that, no significant differences were shown between the groups. **Ground scratching** was shown significantly more frequently in group straw than in the other groups. There was a significant difference between **dust-bathing** in groups straw and soft wood granulate compared to group wood shavings. Group straw pellets took an intermediate value.

The average **duration of dust-bathing** in group straw (406 sec) was significantly higher than in the other groups (233-292 sec).

The ground area of group straw was significantly higher used in the afternoon than in the morning. The nest area in all groups, the first floor of the aviary in group soft wood granulate and the second floor of the aviary in group straw was significantly less used in the afternoon than in the morning.

8 Literaturverzeichnis

Abrahamsson, P.; Tauson, R. (1995): Aviary systems and conventional cages for laying hens – effects on production, egg quality, health and bird location in three hybrids. *Anim. Sci.* **45**, 191-203.

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

Achilles, W.; Fölsch, D.W.; Freiberger, M.; Golze, M.; Haidn, B.; Hörning, B.; Hiller, P.; Janzen, A.; Klemm, R.; Leopold, A.; Najati, M.; Trei, G.; van den Weghe, S. (2002): Tiergerechte und umweltverträgliche Legehennenhaltung. BMVEL-Modellvorhaben. *KTBL-Schrift* **399**, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, 19-23.

Adam, T. (1973): Toleranzgrenzen für gasförmige Umweltfaktoren. *Züchtungskunde* **45 (3)**, 162-178.

Aerni, V.; Brinkhof, M.W.G.; Wechsler, B.; Oester, H. (2005): Productivity and mortality of laying hens in aviaries: a systematic review. *World's Poult. Sci. J.* **61**, 142.

Aerni, V.; El-Lethey, H.; Wechsler, B. (2000): Effect of foraging material and food form on feather pecking in laying hens. *Br. Poult. Sci.* **41**, 16-21.

Akita, E.M.; Nakai, S. (1993): Comparison of four purification methods for the production of immunoglobulins from eggs laid by hens immunized with an enterotoxigenic *E. coli* strain. *J. Immunol. Meth.* **160**, 207-214.

Allen, J.; Perry, G.C. (1975): Feather pecking and cannibalism in a caged layer flock. *Br. Poult. Sci.* **16**, 441-451.

Amgarten, M.; Meierhans, D. (1992): Vergleichende Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit verschiedener Haltungssysteme für Legehennen in der Praxis und an der SGS. Schlussbericht. Schweizerische Geflügelzuchtschule, Zollikofen.

Anonymus (2005): Legeleistungsprüfung für Hühner 2002/2004. DGS Magazin 1, 15-19.

Antillon, A.; Scott, M.L.; Krock, L.; Wasserman, R.H. (1977): Metabolic response of laying hens to different dietary levels of Ca, P and vitamin D. Cornell vet. 67, 413-444.

Appleby, M.C.; Hogarth, G.S.; Anderson, J.A.; Hughes, B.O.; Whittemore, C.T. (1988): Performance of a deep litter system for egg production. Br. Poult. Sci. 29, 735-751.

Appleby, M.C.; Hughes, B.O.; Hogarth, G.S. (1989): Behaviour of laying hens in a deep litter house. Br. Poult. Sci. 30, 345-353.

Appleby, M.C.; Mench, J.A.; Hughes, B.O. (2004): Poultry Behaviour and Welfare. CABI Publishing, Cambridge, USA.

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

Baum, S. (1995): Die Verhaltensstörung Federpicken beim Haushuhn (*Gallus gallus forma domestica*): ihre Ursachen, Genese und Einbindung in den Kontext des Gesamtverhaltens. Cuvillier, Göttingen (zugl. Dissertation, Universität Marburg).

Baumgart, B. (2005): Tiergesundheit, Verhalten und Leistung unter besonderer Berücksichtigung der Besatzdichte bei Legehennen in Volierenhaltung. Dissertation, Ludwig-Maximilian Universität München.

Bazer, D. (2005): Einfluss einer Auslaufstrukturierung auf das Verhalten, den Gesundheitszustand und die Leistung von Legehennen in Freilandhaltung. Dissertation, Ludwig-Maximilian Universität München.

Bergfeld, U.; Damme, K.; Golze, M.; Reichhardt, W. (2004): Alternative Legehennenhaltung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 8, 9. Jahrgang.

Bessei, W. (1983): Zum Problem des Federpickens und Kannibalismus. DGS-Magazin 24, 656-666.

Bessei, W. (1999): Leistungsprüfungen in der Geflügelproduktion. In: Bessei, W. (Hrsg.) 1999: Bäuerliche Hühnerhaltung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 120-125.

Bessei, W.; Damme, K. (1998): Neue Verfahren für die Legehennenhaltung. KTBL-Schrift 378, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, 7-45.

Bilcik, B.; Keeling, L.J. (2000): Relationship between feather pecking and ground pecking in laying hens and the effect of group size. Appl. Anim. Behav. Sci. 68, 55-66.

Bishop, S.C.; Fleming, R.H.; McCormack, H.A.; Flock, D.K.; Whitehead, C.C. (2000): Inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens. Br. Poultry Sci. 41, 33-40.

Blokhuis, H.J. (1986): Feather pecking in poultry: its relation with ground-pecking. Appl. Anim. Behav. Sci. 16, 63-67.

Blokhuis, H.J.; Arkes, J.G. (1984): Some observations on the development of feather pecking in poultry. Appl. Anim. Behav. Sci. 12, 145-157.

Blokhuis, H.J.; Metz, J.H. (1992): Integration of animal welfare into housing systems for laying hens. *Netherlands Journal of Agriculture Science* **40**, 327-337.

Blokhuis, H.J.; Wiepkema, P.R. (1998): Studies of feather pecking in poultry. *The Veterinary quarterly*, 20. Jahrgang Nr. 1, 6-9.

Campo, J.L.; Munoz, I. (2001): Relationship between dust bathing activity and stress- or fear-related responses in white, tinted and brown egg breeds of chickens. *Arch. Geflügelk.* **65**, 88-91.

Cordts, C.; Schmutz, M.; Preisinger, P. (2001): Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung der Schalenstabilität von Eiern. *Lohmann Information* **3**, 15-18.

Dawkins, M.S. (1989): Time budgets in red junglefowl as a baseline for the assessment of welfare in domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **24**, 77-80.

D'Eath, R.B.; Keeling, L.J. (2003): Social discrimination and aggression by laying hens in large groups: from peck orders to social tolerance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **84**, 197-212.

D'Eath, R.B.; Stone, R.J. (1999): Chickens use visual cues in social discrimination: an experiment with coloured lighting. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **62**, 233-242.

Duncan, I.J.H.; Hughes, B.O. (1972): Free and operant feeding in domestic fowls. *Anim. Behav.* **20**, 775-777.

Dyce, K.M.; Sack, W.O.; Wensing, C.J.G. (1997) : *Anatomie der Haustiere.* Enke Verlag, Stuttgart.

Erhard, M.; von Quistorp, I.; Schraner, I.; Jüngling, A.; Kaspers, B.; Schmidt, P.; Kühlmann, R. (1992): Development of Specific Enzyme-Linked Immunoglobulins G, M and A Using Monoclonal Antibodies. *Poult. Sci.* **71**, 302-310.

Eissele-Kraft, K. (1993): Einfluss des Schnabelkürzens auf das Verhalten, den Befiederungszustand und die Leistung von Legehennen. Dissertation, Universität Hohenheim.

Ei-Lethey, H.; Aerni, V.; Jungi, T.W.; Wechsler, B (2000): Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *Br. Poult. Sci.* **41**, 22-28.

Fehlhaber, K.; Janetschke, P. (1992): Veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene. Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg.

Fiedler, H.-H. (2006): Schnabelkürzen bei Puten. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* **113**, 110-112.

Fisher, C. (1969): The effects of a protein deficiency on egg composition. *Br. Poult. Sci.* **10**, 149.

Fleming, R.H.; McCormack, H.A.; McTeir, L.; Whitehead, C.C. (1998): Medullary bone and humeral breaking strength in laying hens. *Res. Vet. Sci.* **64**, 63-67.

Flock, D.K.; Heil, G. (2001): Eine Langzeitanalyse der Leistungsentwicklung weißer und brauner Legehybriden anhand von Ergebnissen der amtlichen deutschen Legeleistungsprüfungen von 1974/75 bis 1997/99. *Arch. Geflügelk.* **1/2002**, 1-20.

Fölsch, D.W. (1981a): Das Verhalten von Legehennen in unterschiedlichen Haltungssystemen unter Berücksichtigung der Aufzucht. In: Fölsch, D.W.; Vestergaard, K. (Hrsg.) 1981: Das Verhalten von Hühnern. Tierhaltung Bd. **12**, Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Stuttgart, 9-114.

Fölsch, D.W. (1981b): Das Konzept des Volierenstalles für Hühner. IGN-Tagung, Basel.

Fölsch, D.W.; Müller, A.; Dolf, Chr. (1986): Die Bedeutung von Einstreu für Hühner in den Funktionsbereichen Nahrungssuche und Körperpflege. KTBL-Schrift **311**, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, 168-176.

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

Fröhlich, E.; Oester, H. (2003): Wege zu Alternativen in der Legehennenhaltung. KTBL-Schrift **418**, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, 9-18.

Gerken, M. (1994): Bewertung von alternativen Haltungssystemen für Legehennen. Arch. Geflügelk. **58**, 197-206.

Gibson, S.W.; Dun, P.; Hughes, B.O. (1988): The performance and behaviour of laying fowls in a covered strawyard system. Research and Develop in Agriculture **5**, 153-163.

Grashorn (2004): Faustzahlen zur Eiqualität. In: Damme, K.; Möbius, C. (Hrsg.) 2004: Jahrbuch zur Geflügelwirtschaft 2004. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 187-197.

Gratzl, E.; Köhler, H. (1968): Ernährungsstörungen. In: Gratzl, E. (Hrsg.) 1968: Spezielle Pathologie und Therapie der Geflügelkrankheiten. Enke Verlag, Stuttgart, 945-953.

Gregory, N.G.; Wilkins, L.J.; Eleperum, S.D.; Ballantyne, A.J.; Overfield, N.D. (1990): Broken bones in domestic fowl: Effects of husbandry system and stunning method in end-of-lay hens. Br. Poult. Sci. **31**, 59-69.

Gregory, N.G.; Wilkins, L.J.; Kestin, S.C.; Belyavin, C.G.; Alvey, D.M. (1991): Effect of husbandry system on broken bones and bone strength in hens. Vet. Rec. **128**, 397-399.

Guhl, A.M. (1962): The behaviour of chicken. In: Hafez, E.S.E.: The behaviour of domestic animals. Bailliere, Tindall und Cox, London, 491-530.

Häne, M. (1999): Legehennenhaltung in der Schweiz 1998 – Schlussbericht Zentrum für Tiergerechte Haltung Geflügel und Kaninchen, Schweiz, 3052 Zollikofen.

Hansen, I. (1992): Behavioural expression of laying hens in aviaries and cages: frequencies, time budgets and facility utilisation. Br. Poult. Sci. **35**, 491-508.

Harlander-Matauschek, A. (2003): Hähne – Überflüssige Futtervertilger?. DGS-Magazin **39**, 29-30.

Hauser, R.H. (1990): Stallhygienische Faktoren und hygienische Eiqualität in alternativen Haltungssystemen für Legehennen. Dissertation, ETH Zürich.

Heider, G.; Monreal, G. (1992): Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. **Band I:** Allgemeiner Teil und Spezieller Teil 1. **Band II:** Spezieller Teil 2. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart.

Hendrix-Genetics (2006): Internetquelle, <http://www.hendrix-genetics.com/layerbreeding/template.php?sectionId=224> (Datum des Zugriffs: 14. Juni 2006).

Heyster, P.Y.; Shea-Moore, M. (2003): Beak trimming egg-laying strains of chicken. World's Poult. Sci. J. **59**, 458-474.

Hubbard ISA (1998): Haltungsanleitung ISA Brown. Griesheim.

Huber, H.U.; Fölsch, W.; Gassmann, A.-B.; Gingins, P.; Huber-Hanke H.U.; Keller, Th. (1994): Legehennen 12 Jahre Erfahrung mit neuen Haltungsformen in der Schweiz. Ein Bericht der Arbeitsgruppe Geflügel des Schweizer Tierschutz STS.

Huber-Eicher, B.; Audige, L. (1999): Analysis of risk factors for the occurrence of feather pecking in the laying hen growers. Br. Poult. Sci. **40**, 599-604.

Huber-Eicher, B.; Sebö, F. (2001): The prevalence of feather pecking and development in commercial flocks of laying hens. Appl. Anim. Behav. Sci. **74**, 223-231.

Huber-Eicher, B.; Wechsler, B. (1997): Feather pecking in domestic chicks: its relation to dustbathing and foraging. Anim. Behav. **54**, 757-768.

Huber-Eicher, B.; Wechsler, B. (1998): The effect of quality and availability of foraging materials on feather pecking in laying hen chicks. Anim. Behav. **55**, 861-873.

Hughes, B.O.; Carmichael, N.L.; Walker, A.W.; Grigor, P.N. (1997): Low incidence of aggression in large flocks of laying hens. Appl. Anim. Behav. Sci. **54**, 215-234.

Hughes, B.O.; Dun, P. (1986): Egg production in a free range system. Zootechnica International **2**, 44-46.

Hughes, B.O.; Duncan, I.J.H. (1972): The influence of strain and environmental factors upon feather pecking and cannibalism in fowls. Br. Poult. Sci. **13**, 525-547.

Hughes, B.O.; Duncan, I.J.H. (1988): The notion of ethological “need”, models of motivation and animal welfare. *Anim. Behav.* **36**, 1696-1707.

Hulzebosch, J. (2004): Choose the laying nest that is the bill. *World's Poult. Sci. J.* **20**, 14-15.

Johnsen, P.F.; Vestergaard, K.S.; Norgaard-Nielsen, G. (1998): Influence of early rearing conditions on the development of feather pecking and cannibalism in domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **60**, 25-41.

Keeling, L.J. (2004): Nesting, perching and dust-bathing. In: Perry, G.C. (Hrsg.) 2004: *Welfare of the laying hen*. CABI Publishing, Cambridge, USA, 203-210.

Keppler, C.; Bölder-Schnurrenberger, U.; Fölsch, D.W. (1997): Aktivität und soziale Beziehung von Hühnern (*Gallus gallus f. dom.*) in Volierenhaltungen. In: Köpke, U.; Eissele, J.-A. (Hrsg.) 1997: *Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau*. 3.-4. März 1997. Verlag Dr. Köster, Berlin, 445-451.

Keutgen, H.; Wurm, S.; Ueberschär, S. (1999): Pathologisch-anatomische Untersuchungen bei Legehennen aus verschiedenen Haltungssystemen. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* **106**, 125-188.

Kjaer, J.B.; Sorenson, P.; Su, G. (2001): Divergent selection on feather pecking behaviour in laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* **71**, 229-239.

Kjaer, J.B.; Vestergaard, K.S. (1998): Development of feather pecking in relation to light intensity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **62**, 243-254.

Klaczinski, K. (1992): Erkrankungen der eibildenden und –ableitenden Organe. In: Heider, G.; Monreal, G. (Hrsg.) 1992: *Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels*. **Band II**, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 685-690.

Klemperer, F. (1893): Über natürliche Immunität und ihre Verwerthung für die Immunisierungstherapie. Arch. Exp. Pharmacol. **31**, 365-382.

Klingensmith, P.M.; Hester, P. (1983): The relationship of dietary levels of P to the production of soft-shelled and shell-less eggs. Poult. Sci. **62**, 1860-1868.

Knowles, T.G.; Broom, D.M. (1990): Limb bone strength and movement in laying hens from different housing systems. Vet. Rec. **126**, 354-356.

Kolb, E. (1992): Störungen infolge eines Mangels bzw. eines Überschusses an Mineralstoffen. In: Heider, G.; Monreal, G. (Hrsg.) 1992: Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. Band II, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, Seite 539-548.

Krax, H. (1974): Geflügelproduktion. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin, 174-176.

Krujit, J.P. (1964): Ontogeny of social behaviour in Burmese Red Junglefowl (*Gallus gallus spadiceus*). Behaviour Supplement **XII**, Brill, Leiden.

Kühlmann, R.V.; Wiedemann, V.; Schmidt, P.; Wanke, R.; Linckhe, E.; Lösch, U. (1988): Chicken egg antibodies for prophylaxis and therapy of infectious interstitial diseases. I. Immunization and antibody determination. J. Vet. Med. Band **35**, 610-616.

Lange, K.; Keppler, C. (1995): Prüfungsergebnisse 1/96 und 2/98. Hessische Landesanstalt für Tierzucht, Neu-Ulrichstein.

Larsson, A.; Balow, R.-M.; Lindahl, T.; Forsberg, P.-O. (1993): Chicken antibodies taking advantage of evolution – a review. Poult. Sci. **72**, 1807-1812.

LeBris, M. (2005): Vergleichende Untersuchungen zum Verhalten sowie zur Gesundheit und Leistung von Legehennen unterschiedlicher Linien (LSL, LB, LT) in Volierenhaltung. Dissertation, Ludwig-Maximilian Universität München.

Leslie, G.A.; Clem, L.W. (1969): Phylogeny of immunoglobulin structure and function. *Journal of Experimental Medicine* **130**, 1337-1352.

Leyendecker, M.; Hamann, H.; Hartung, J.; Glünder, G.; Nagossek, N.; Neumann, U.; Kamphues, J.; Distl, O. (2002): Untersuchungen zur Schalenfestigkeit und Knochenstabilität von Legehennen in drei verschiedenen Haltungssystemen. *Züchtungskunde* **74**, 144-155.

Leyendecker, M.; Hamann, H.; Hartung, J.; Kamphues, J.; Ring, C.; Glünder, G.; Ahlers, C.; Sander, I.; Neumann, U.; Distl, O. (2001a): Analyse von Genotyp-Umwelt-Interaktionen zwischen Legehennenhybriden und Haltungssystemen in der Legeleistung, Eiquantität und Knochenfestigkeit. 1. Mitteilung: Legeleistungsmerkmale. *Züchtungskunde* **73**, 290-307.

Leyendecker, M.; Hamann, H.; Hartung, J.; Kamphues, J.; Ring, C.; Glünder, G.; Ahlers, C.; Sander, I.; Neumann, U.; Distl, O. (2001b): Analyse von Genotyp-Umwelt-Interaktionen zwischen Legehennenhybriden und Haltungssystemen in der Legeleistung, Eiquantität und Knochenfestigkeit. 3. Mitteilung: Knochenfestigkeit. *Züchtungskunde* **73**, 387-398.

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. Dissertation, Ludwig-Maximilian Universität München.

Lösch, U. (1972): Zur Charakterisierung einer erblichen Dysgammaglobulinämie. Habilitation, Universität München.

Lösch, U.; Schraner, I.; Wanke, R.; Jürgens, L. (1986): The chicken egg, an antibody source. *J. Vet. Med.* Band **33**, 609-619.

Martin, G. (1986): Die Pickaktivität von Hühnern als Kriterium für tiergerechte Fütterungs- und Haltungsbedingungen. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1985. KTBL-Schrift **311**. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, 116-133.

Martin, P.; Bateson, P. (1986): Measuring behaviour – an introductory guide. Cambridge University Press, Cambridge, USA.

Matter, F. (1989): Die Einstreuproblematik in der Legehennenhaltung aus hygienischer Sicht, Schlussbericht zum Forschungsprojekt 014.86.4. Schweizerische Geflügelzuchtschule, Zollikofen.

Matthews, L.R.; Temple, W.; Foster, A.W.; McAdie, T.M. (1995): Comparison of the demand for dustbathing substrates by layer hens. 29th International Congress of the ISAE, 11-12.

McBride, G. (1970): The social control of behaviour in fowls. Br. Poult. Sci., 3-13.

McBride, G.; Parer, I.P.; Foenander, F. (1969): The social organisation and behaviour of the feral domestic fowl. Anim. Behav. Mono., 127-181.

Neumann, U.; Kaleta, E.F. (1992): Immunsystem und Immunreaktion. In: Heider, G.; Monreal, G. (Hrsg.) 1992: Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. Band I, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 160-185.

Nicol, C.J.; Gregory, N.G.; Knowles, T.G.; Parkman, I.D.; Wilkins, L.J. (1999): Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. Appl. Anim. Behav. Sci. **65**, 137-152.

Nicol, C.J.; Lindberg, A.C.; Phillips, A.J.; Pope, S.J.; Wilkins, L.J.; Green, L.E. (2001): Influence of prior exposure to wood shavings on feather pecking, dustbathing and foraging in adult laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **73**, 141-155.

Noorgard-Nielsen, G.; Kjaer, J.; Simonsen, H.B. (1993): Field test of two alternative egg production systems the Hans Kier-System and the Boleg II aviary. National Institute of Animal Science, Research Centre Foulum, Tjele, Dänemark, Report Nr. 9.

Oden, K.; Vestergaard, K.S.; Algers, B. (1999): Agnostic behaviour and feather pecking in single-sexed and mixed groups of laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **62**, 219-231.

Oden, K.; Keeling, L.J.; Algers, B. (2002): Behaviour of layers in two types of aviary system on 25 commercial farms in Sweden. *Br. Poult. Sci.* **43**, 169-181.

Petermann, S. (2003): Legehennen in alternativen Haltungssystemen – Praktische Erfahrungen. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* **110**, 220-224.

Pingel, H.; Jeroch, H. (1980): Biologische Grundlagen der industriellen Geflügelproduktion. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Polson, A; von Wechmar, M.B.; van Regenmortel, M.H.V. (1980): Isolation of viral IgY antibodies from egg yolks of immunized hens. *Immunol. Commun.* **9**, 475.

Randall, C.J.; Duff, S.R.I. (1988): Avulsion of the patellar ligament in osteopenic laying fowl. *Vet. Rec.* **128**, 397-399.

Rath, N.C.; Huff, G.R.; Huff, W.E.; Balog, J.M. (2000): Factors regulating bone maturity and strength in poultry. *Poult. Sci.* **78**, 1024-1032.

Rauch, H.-W.; Artmann, R. (1994): Elektronische Ermittlung an Legehennen zur Aufenthaltsdauer und –häufigkeit im Einstreubereich. Jahresbericht der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

Rees, M.J.; Nordskog, A.W. (1981): Genetic control of serum Immunoglobulin G Levels in the chicken. *J. Immunogenetics* **8**, 425-431.

Ricke, S.C.; Schaefer, D.M.; Cook, M.E.; Kang, K.H. (1988): Differentiation of ruminal bacterial species by enzyme-linked immunosorbent assay using egg yolk antibodies from immunized chicken hens. *Appl. Environ. Microbiol.* **54**, 596-599.

Riedstra, B.; Groothuis, G.G. (2002): Early feather pecking as a form of social exploration: the effect of group stability on feather pecking and tonic immobility in domestic chicks. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **77**, 127-138.

Roland, SR. D.A. (1986): Eggshell quality IV: Oystershell versus limbstone and the importance of particle size on solubility of calcium source. *World's Poult. Sci. J.* **42**, 166-171.

Rose, M.E.; Orlans, E. (1981): Immunoglobulins in the egg, embryo and young chick. *Dev. Comp. Immunol.* **5**, 15-20 und 371-375.

Rose, M.E.; Orlans, E.; Buttress, N. (1974): Immunoglobulin classes in the hen's egg: their segregation in yolk and white. *Eur. J. Immunol.* **4**, 521.

Sanotra, G.S.; Vestergaard, K.S.; Agger, J.F.; Lawson, L.G. (1995): The relative preferences for feathers, straw, wood.shavings and sand for dustbathing, pecking and scratching in domestic chicks. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **43**, 263-277.

Savory, C.J.; Mann, J.S. (1997): Behavioural development in groups of pen-housed pullets in relation to genetic strain, age and food form. *Br. Poult. Sci.* **38**, 38-47.

Savory, C.J.; Mann, J.S.; Macleod, M.G. (1999): Incidence of pecking damage in growing bantams in relation to food form, group size, stocking density, dietary tryptophan concentration and dietary protein source. *Br. Poult. Sci.* **40**, 579-584.

Schade, R.; Staak, C.; Hendriksen, C.; Erhard, M.; Hugl, H.; Koch, G.; Larsson, A.; Pollman, W.; van Regenmortel, M.; Rijke, E.; Spielmann, H.; Steinbusch, H.; Straughan, D. (1996): The Production of Avian (Egg Yolk) Antibodies: IgY. The Report and Recommendations of ECVAM Workshop 21, *ATLA* **24**, 925-934.

Scholtyssek, S. (1968): Handbuch der Geflügelproduktion. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Scholtyssek, S. (1994): Charakteristische Merkmale des Eies und ihre Prüfverfahren. In: Ternes, W.; Acker, L.; Scholtyssek, S. (Hrsg.) 1994: Ei und Eiprodukte. Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 82-89.

Schümann, A. (2006): Persönliche Mitteilung.

Siegmann, O. (1992): Propädeutik. In: Heider, G.; Monreal, G. (Hrsg.) 1992: Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. **Band I**, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 40-41.

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

Tegeler, G. (1992): Fettlebersyndrom. In: Heider, G.; Monreal, G. (Hrsg.) 1992: Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. **Band II**, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 675-683.

Van Liere, D.W. (1991): Function and organization of dustbathing in laying hens. Dissertation, Universität Wageningen, Niederlande.

Van Liere, D.W. (1992): The significance of fowl's bathing in dust. *Animal welfare* **1**, 187-202.

Van Liere, D.W.; Kooijman, J.; Wiepkema, P.R. (1990): Dustbathing behaviour of laying hens as related to quality of dustbathing material. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **26**, 127-141.

Van Liere, D.W.; Siard, N. (1991): The experience with litter and subsequent selection of bathing substrates in laying hens. In: Appleby, M.C.; Horrell, R.I.; Petherick, J.C.; Rutter, S.M. (Hrsg.) 1991: *Applied animal behaviour: past present and future*. Universities federation of animal welfare, Potters Bar, Großbritannien, 132-133.

Vestergaard, K.S.; Hogan, J.A. (1992): The development of a behaviour system: dustbathing in the burmese red junglefowl 1. The influence of the rearing environment on the organization of dustbathing. *Behaviour* **112**, 99-116.

Vestergaard, K.S.; Kruijt, J.P.; Hogan, J.A. (1993): Feather pecking and chronic fear in groups of red junglefowl: their relations to dustbathing, rearing environment and social status. *Anim. Behav.* **45**, 1127-1140.

Vestergaard, K.S.; Skadhauge, E.; Lawson, L.G. (1997): The stress of not being able to perform dustbathing in laying hens. *Physiological Behaviour* **62**, 413-419.

Wahlström, A.; Tauson, R.; Elwinger, K. (2001): Plumage condition and health of aviary-kept hens fed mash or crumbled pellets. *Poult. Sci.* **80**, 266-271.

Wall, H. (2003): Laying hens in furnished cages. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.

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

Whitehead, C.C. (1999): Reducing osteoporosis in laying hens. *World Poultry*. **15**, 78-82.

Wood-Gush, D.G.M. (1971): The behaviour of the domestic fowl. Heinemann educational books Ltd., London.

Zimmermann, P.H.; Koene, P.; Van Hoof, J. (2000): Thwarting of behaviour in different contexts and the gackel-call in the laying hen. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **69**, 255-264.

ZMP (2004): ZMP-Marktbilanz Eier und Geflügel 2004. Verlag ZMP, Bonn.

Danksagung

Herrn Prof. M. Erhard gilt ganz besonders mein Dank für die Überlassung des Themas, die Endkorrektur, sowie die Unterstützung und Beratung während meiner Arbeit.

Herrn Dr. S. Platz und Frau Dr. M. LeBris möchte ich für die gute Betreuung meiner Arbeit danken.

Zudem möchte ich mich bei allen anderen Mitarbeitern des Instituts für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene bedanken. Herrn Dr. F. Ahrens für die Hilfe bei technischen und software-bedingten Problemen. Ein besonderer Dank für die Unterstützung gilt dem gesamten Laborpersonal, Frau N. Zobel, Frau K. Schuster, Frau T. Ertl, Herrn H. Kuchler und Herrn C. Strobl.

Bei den Tierpflegerinnen Frau B. Krammer und Frau A. Unger möchte ich mich für ihre tatkräftige Unterstützung bedanken.

Ein spezieller Dank gilt Frau Dr. S. Bergmann, Frau Dr. E. Lickteig, Frau A. Schümann, Frau I. Hartnack und allen anderen Doktoranden und Praktikanten für ihre Hilfsbereitschaft.

Ich danke Herrn Prof. R. Korbelt und seinen Mitarbeitern aus der Klinik für Vögel der LMU München.

Letztendlich gilt mein herzlichster Dank meiner Familie und meinen Freunden, die mich jederzeit unterstützt haben.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Bernd Fitz

Geburtsdatum: 13.02.1976

Geburtsort: Buchen

Familienstand: ledig

Schulbildung:

1982-1986 Grundschule Seckach

1986-1988 Ganztagschule Realschule Osterburken

1988-1995 Ganztagschule Gymnasium Osterburken

Grundwehrdienst:

1995-1996 Bundeswehr, Standort Walldürn

Universitätsausbildung:

1996-1997 Studium der Biologie an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

1997-2004 Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität
München

2004-2006 Anfertigung der vorliegenden Dissertation