

**Tiergesundheit, Verhalten und Leistung unter besonderer Berücksichtigung
der Besatzdichte bei Legehennen in Volierenhaltung**

Bianca Baumgart

Aus dem Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. M. Erhard

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

**Tiergesundheit, Verhalten und Leistung unter besonderer Berücksichtigung
der Besatzdichte bei Legehennen in Volierenhaltung**

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

von
Bianca Baumgart
aus
Ostfildern

München 2005

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

Dekan: Prof. Dr. A. Stolle
Referent: Prof. Dr. M. Erhard
Koreferent: Prof. Dr. R. Korbel

Tag der Promotion:
11.02.2005

*Meiner Familie
in
Liebe und Dankbarkeit*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literatur	2
2.1	Das Ei als Produktionsfaktor	2
2.2	Aktuelle Diskussion und gesetzliche Vorgaben hinsichtlich der Haltungsformen von Legehennen in Deutschland	5
2.3	Voliere als alternative Haltungsform.....	9
2.4	Eignung der Hybridlinie Tetra-SL für die Volierenhaltung	11
2.5	Die Legehenne als Indikator ihrer Haltungsumwelt.....	11
2.5.1	Das Verhalten als Indikator der Haltungsumwelt	11
2.5.2	Physiologische Parameter als Indikator der Haltungsumwelt	14
2.5.3	Die Gesundheit als Indikator der Haltungsumwelt	17
2.5.4	Die Leistung als Indikator der Haltungsumwelt	21
2.5.5	Das Ei als Indikator der Haltungsumwelt	24
3	Tiere, Material und Methoden	27
3.1	Tiere.....	27
3.1.1	Rasse.....	27
3.1.2	Versuchsgruppe.....	27
3.2	Aufstallung	28
3.2.1	Betrieb	28
3.2.2	Stallsystem.....	29
3.3	Verhalten.....	30
3.3.1	Videobeobachtung	30
3.3.2	Direktbeobachtung.....	32
3.4	Leistung	33
3.4.1	Legeleistung.....	33
3.4.2	Anteil verlegter Eier.....	33
3.5	Produktmerkmale	34
3.5.1	Eigewicht	34
3.5.2	Knick-, Bruch- und Schmutzeier.....	34
3.5.3	Bruchfestigkeit der Eierschalen.....	34
3.5.4	Dicke der Eierschalen	34
3.6	Immunologische Parameter	35

3.6.1	IgY-Untersuchung mittels ELISA.....	35
3.7	Physiologische Blutparameter.....	35
3.7.1	Entnahme und Aufbereitung der Proben.....	35
3.7.2	Hämatokrit-Messung.....	35
3.7.3	Hämoglobin-Bestimmung.....	35
3.7.4	Calcium/Phosphor-Verhältnis.....	36
3.8	Bonitierung.....	37
3.8.1	Beurteilung des Gefieders.....	37
3.8.2	Erfassung von Verletzungen.....	37
3.9	Gesundheitsstatus und Ausfälle.....	37
3.10	Kotuntersuchung auf Parasiten.....	38
3.11	Post mortem - Untersuchungen.....	38
3.11.1	Pathologische Untersuchung.....	38
3.11.2	Messung der Knochenbruchfestigkeit.....	38
3.12	Schadgasmessungen (Ammoniak).....	39
3.13	Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.....	39
4	Ergebnisse.....	41
4.1	Verhalten.....	41
4.1.1	Videobeobachtung.....	41
4.1.2	Direktbeobachtung.....	48
4.2	Leistung.....	52
4.2.1	Legeleistung.....	52
4.2.2	Anteil verlegter Eier.....	54
4.3	Produktmerkmale.....	55
4.3.1	Eigewicht.....	55
4.3.2	Knick-, Bruch- und Schmutzeier.....	57
4.3.3	Bruchfestigkeit der Eierschalen.....	58
4.3.4	Dicke der Eierschale.....	60
4.4	Immunologische Parameter.....	61
4.4.1	IgY-Bestimmung im Eidotter.....	61
4.5	Physiologische Blutparameter.....	63
4.5.1	Hämatokrit- Messung.....	63
4.5.2	Hämoglobin- Bestimmung.....	65
4.5.3	Calcium/ Phosphor Verhältnis.....	67

4.6	Bonitierung	72
4.6.1	Beurteilung des Gefieders	72
4.6.2	Erfassung von Verletzungen	72
4.7	Gesundheitsstatus und Ausfälle	73
4.8	Kotuntersuchung auf Parasiten	74
4.9	Post mortem – Untersuchungen	74
4.9.1	Pathologische Untersuchung	74
4.9.2	Knochenbruchfestigkeitsmessung	75
4.10	Schadgasmessungen (Ammoniak)	77
4.11	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	78
5	Diskussion	80
5.1	Verhalten	80
5.2	Leistung und Produktmerkmale	81
5.3	Immunstatus und physiologische Blutparameter	85
5.4	Bonitierung	87
5.5	Gesundheitsstatus und Ausfälle	87
5.6	Post mortem Untersuchungen	88
5.7	Schlussfolgerung	89
6	Zusammenfassung	91
7	Summary	95
8	Literaturverzeichnis	99

Abkürzungen:

Abs.	Absatz
AE	Aviäre Encephalitis
AH	Anfangshenne
BGH	Bundsgerechtshof
Bruchfest.	Bruchfestigkeit
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay
Erste VO z. Ändrg d. TierSchNutzV	Erste Verordnung zur Änderung der Tierschutz- Nutztierhaltungs-Verordnung
Fortbew.	Fortbewegung
Gr.	Gruppe
Hb	Hämoglobin
Hkt	Hämatokrit
IB	Infektiöse Bronchitis
IgX	Immunglobulin der Klasse X
kDa	Kilo-Dalton
Knochenfest.	Knochenbruchfestigkeit
LW	Lebenswoche
Max.	Maximal
MG	Mycoplasma gallisepticum
Mind.	Mindestens
n	verwendete Anzahl der Proben
NaCl	Natriumchlorid
ND	Newcastle Disease
OK	Oberes Kotband
p	Irrtumswahrscheinlichkeitswert
Pkt.	Punkt
r	Korrelationskoeffizient
SR	Scharraum
TierSchNutzV	Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung

1 Einleitung

Die Haltung von Legehennen ist einem grundsätzlichen Strukturwandel unterworfen. Verantwortlich dafür ist die in der Gesellschaft schwindende Akzeptanz gegenüber intensiven Haltungsverfahren bei Nutztieren, insbesondere die Batteriekäfighaltung bei Legehennen.

Durch die Aufnahme ins Grundgesetz hat sich der Stellenwert des Tierschutzes deutlich erhöht. Nach einem Urteil des BGH zur Legehennenhaltung, gemäß der Tierschutz- Nutztierhaltungsverordnung 2001 (Abschnitt 3 § 13) muss den Hennen in Zukunft die Ausübung ihres artspezifischen Verhaltensmusters ermöglicht werden. Ab dem Jahr 2007 dürfen Legehennen in Deutschland nicht mehr in konventionellen Batteriekäfigen gehalten werden, als neue Alternative wurde im „Osnabrücker Hühnerfrieden“ vom März 2004 eine Kleinvolierenhaltung in Betracht gezogen.

Während in die Käfighaltung jahrzehntelang Forschung, Entwicklung und Praxiserfahrung auf den Gebieten Zucht, Ernährung, Hygiene und Tierhaltung sowie medizinische Maßnahmen mit erheblichen finanziellen und personellen Ressourcen eingegangen sind, wurde in Alternativsystemen bisher nicht in nur annähernd vergleichbarem Umfang investiert. Eine allgemeine Umstellung auf Volieren-, Boden- oder Freilandhaltung erfordert somit nicht nur wirtschaftlich flankierende Maßnahmen, sondern auch solche hinsichtlich Forschung und Entwicklung, sowie Aus- und Fortbildung der Tierbetreuer.

Im Rahmen dieser Arbeit soll nun auf die Volierenhaltung eingegangen werden, wobei das Raumangebot und die damit zusammenhängende Besatzdichte eine Rolle spielen wird. Dazu werden in vier identische Volierenabteile eine jeweils unterschiedliche Anzahl an Legehennen derselben Linie eingestallt und im Zeitraum einer Legeperiode Untersuchungen auf den Gebieten Tiergesundheit, Verhalten, Leistung, Produktmerkmale und Exterieur der Hennen durchgeführt.

Das Ziel der Arbeit ist es herauszufinden, ob die zu untersuchenden Parameter, vor allem auch das Ausüben artspezifischer Verhaltensweisen, in einem Zusammenhang mit der Besatzdichte stehen. Insbesondere soll die Möglichkeit einer tiergerechten und belastungsarmen Volierenhaltung aufgezeigt werden, die gleichzeitig ökologischen und ökonomischen Erfordernissen Rechnung trägt.

2 Literatur

2.1 Das Ei als Produktionsfaktor

Seit Jahren nimmt Deutschland beim Handel mit Geflügelprodukten eine bedeutende Rolle ein (WINDHORST, 2003). Dabei liegen die Anteile an der Welterzeugung von Konsumeiern bei 1,7% (Tabelle 1).

Tabelle 1: Die Stellung Deutschlands in der Welterzeugung von Eiern im Jahre 2002 (Quelle: FAO-Datenbasis)

Produkt	Welterzeugung (1.000 t)	Erzeugung Deutschlands (1.000 t)	Anteil Deutschlands (%)	Rangplatz
Eier	53.518	887	1,7	9

Wählt man die EU als Bezugsrahmen, belegt Deutschland den zweiten Rang (Tabelle 2). Es ist allerdings davon auszugehen, dass die deutschen Eierproduzenten ihren vorderen Rangplatz schon ab 2007 verlieren und in das untere Drittel abrutschen werden, weil dann die nationale Hennenhaltungsverordnung wirksam werden soll (WINDHORST, 2003).

Tabelle 2: Die Stellung Deutschlands im Rahmen der Erzeugung von Eiern in der EU im Jahre 2002 (Quelle: FAO-Datenbasis)

Produkt	EU- Erzeugung (1.000 t)	Erzeugung Deutschlands (1.000 t)	Anteil Deutschlands (%)	Rangplatz
Eier	5.231	887	16,8	2

Nach WINDHORST (2003) sind die deutschen Geflügelhalter und die nachgelagerte Industrie nicht in der Lage, eine Selbstversorgung Deutschlands zu gewährleisten. So liegt der Selbstversorgungsgrad bei Schaleneiern bei rund 74%, jedoch liegt der Anteil der inländischen Primärproduktion deutlich niedriger (Tabelle 3).

Tabelle 3: Pro-Kopf-Verbrauch, Selbstversorgungsgrad und der Anteil der inländischen Produktion am Verbrauch in Deutschland im Jahre 2001 (ZMP-Marktbilanz 2002: Eier und Geflügel; ergänzt von WINDHORST, 2003)

Produkt	Pro-Kopf- Verbrauch (kg)	Selbstversorgungs- grad (%)	Anteil der inländischen Erzeugung am Verbrauch (%)
Eier	13,7	74,3	66,0

WINDHORST (2003) beschreibt in seiner Analyse einen globalen Anstieg der Eierzeugung zwischen 1990 und 2002 um 52%. Besonders hohe Zuwachsraten wurden dabei in Asien erreicht, welches allein eine Steigerung von 89% verzeichnet. Dem folgen Nord-, Mittel- und Südamerika. In Europa fiel im gleichen Zeitraum der Anteil an der globalen Eierproduktion von einem Drittel auf weniger als 20%. Nur 1,8% der weltweit erzeugten Eier gelangen jedoch in den Handel. Dabei nimmt Europa sowohl beim Import als auch beim Export eine dominierende Stellung ein. An erster Stelle bei den Export- und Importländern stehen die Niederlande bzw. Deutschland, wobei zwischen diesen beiden Staaten enge Handelsbeziehungen bestehen.

In einer weiteren Analyse von WINDHORST (2003) kommt er zu dem Ergebnis, dass sich in der Zeit von 1990 bis 2002 eine Umstrukturierung der Eierproduktion in Relation zum Pro-Kopf-Verbrauch vollzogen hat. Dabei hat Frankreich seine Produktion stark ausgeweitet, Deutschland und Spanien mussten beträchtliche Einbußen hinnehmen. WINDHORST geht davon aus, dass die EU wegen der Umsetzung der EU-Richtlinie zur Legehennenhaltung bereits ab 2003 zu einer Nettoimportregion für Eier wird. Weitreichende Konsequenzen für den Welthandel mit Schaleneiern werden sich ergeben, wenn ab 2007 die Kleingruppenhaltung in Deutschland verboten wird, und es nicht mehr in der Lage sein dürfte, seine Defizite aus anderen EU-Ländern zu decken.

Tabelle 4 zeigt eine Abnahme der Legehennenzahl um 1,6%. WINDHORST (2003) zeigt in seiner Analyse, dass kleinere Betriebe immer mehr an Bedeutung verlieren. Trotz rückläufiger Bestandsentwicklung stieg jedoch die Produktion verwendeter Konsumeier, da die Legeleistung pro Henne durchschnittlich um 4,2% zugenommen hat. Allerdings werden immer mehr Eiprodukte importiert, so

dass der Marktanteil der Eigenproduktion auf 66% gesunken ist (WINDHORST 2003).

Tabelle 4: Basisdaten zur Legehennenhaltung und Eierproduktion sowie zum Handel mit Eiern und Eiprodukten in Deutschland in den Jahren 1995 und 2001 (ZMP-Marktbilanz: Eier und Geflügel 1999 und 2002; *1994)

	1995	2001	Veränderung (%)
Legehennen (Mio.)	50,7	49,9	- 1,6
Legehennenplätze (Mio.) in Beständen bis 3.000 Hennen	40,9	41,2	+ 0,7
Legehennenplätze (Mio.) in Beständen ab 3.000 Hennen	33,0	35,1	+ 6,4
Hennenhalter	248.892*	97.165	- 61,0
Hennenhalter (ab 3.000 Hennen)	1,475*	1.325	- 10,2
Legeleistung (Eier/Henne)	264	275	+ 4,2
Verwendbare Konsumeier (Mio.)	13.243	13.555	+ 2,4
Eierverbrauch (Mio.)	18.284	18.086	- 0,2
Pro-Kopf-Verbrauch (Stück)	224	220	- 0,9
Einfuhr von Schaleneiern (Mio.)	5.151	5.275	- 0,3
Einfuhr Eiprodukte (Mio. Schaleneiwert)	995	1.018	+ 7,4
Anteil der Einfuhren am Verbrauch (%)	33,6	34,0	+ 1,2
Marktanteil der Eigenproduktion (%)	66,4	66,0	- 0,6
Selbstversorgungsgrad (%)	72,4	75	+ 2,6

VAN HORNE und BONDT (2003) untersuchten die Produktionskosten für Schaleneier und Volleipulver in den EU-Staaten und weiteren Drittländern. Die niedrigsten Kosten werden demnach in Spanien (65,0 Cents), Deutschland (67,2 Cents) und Frankreich (66,8 Cents) erreicht, am höchsten sind sie in England (79,4 Cents). Die Unterschiede ergeben sich vor allem aus unterschiedlichen Kosten für Junghennen und Futter. In den Drittländern (Polen, Ukraine, USA, Brasilien, Indien) lagen die Produktionskosten ausnahmslos unter denen der EU.

Die Produktionskosten für Volleipulver differenzieren nach VAN HORNE und BONDT (2003) in der EU vor allem wegen der unterschiedlichen Lohn- und Lohnnebenkosten. In Spanien liegen sie zum Beispiel um 15% unter denen Deutschlands. Die Verarbeitungskosten in den oben genannten Drittländern liegen, ausgenommen USA, weit unter dem EU-Mittel.

2.2 Aktuelle Diskussion und gesetzliche Vorgaben hinsichtlich der Haltungformen von Legehennen in Deutschland

Am 19. Oktober 2001 hat der Deutsche Bundesrat dem Vorschlag der Bundesregierung für eine neue Hennenhaltungsverordnung zugestimmt.

Die „Erste Verordnung zur Änderung zur Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vom 28. Februar 2002“ verbietet ab 2005, fünf Jahre früher als die EU, nicht nur die konventionellen Käfige für Legehennen. Auch „ausgestaltete“ Käfige, die die Europäische Union 1999 auf unbegrenzte Zeit zugelassen hat (EG-Richtlinie 1999/74/EG), soll es hierzulande nicht mehr geben. Allerdings ermöglicht der „Hühnerfrieden von Osnabrück“ vom März 2004 weitere Forschungen auf dem Gebiet der Kleinvoliere. So wurde im September 2004 eine Optimierung dieses Haltungssystems vorgestellt, eine Aufnahme in die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung hatte Frau Ministerin Renate Künast bereits im März 2004 in Aussicht gestellt. Ansonsten wird nach Ablauf der Übergangsfristen für bestehende Anlagen in Deutschland nur noch die Hennenhaltung in Freiland- und Boden- inklusive der Volierenhaltung zulässig sein.

Neue Haltungseinrichtungen für Legehennen müssen der neuen Hennenhaltungsverordnung zufolge künftig so ausgestaltet sein, dass die Tiere artgemäß fressen, trinken, ruhen und Staub baden sowie zur Eiablage ein Nest aufsuchen können. Weiter sollen sie so dimensioniert sein, dass raumgreifende Bewegungen einschließlich Flattern möglich ist. Dafür schreibt die Verordnung vor, dass neue Haltungseinrichtungen für Legehennen eine Höhe von mindestens 2 m und eine Fläche von mindestens 2 m mal 1,5 m aufweisen sowie mit Nestern, Sitzstangen und Einstreu ausgestattet sein müssen. Auf Intervention der Bundesländer wurde unter anderem festgelegt, dass in Volierenhaltung maximal 18 Tiere je Quadratmeter Stallgrundfläche gehalten werden dürfen und dass eine Herde nicht größer als 6.000 Tiere sein darf. Der Bundesrat entschied außerdem,

dass Nester nicht aus Drahtgitter bestehen dürfen und dass die Verordnung auch für Betriebe gelten soll, die weniger als 350 Legehennen halten.

Da sich die alte Hennenhaltungsverordnung ohnehin nur auf die Käfighaltung bezog, nahmen die Eiervermarktungsnormen (Verordnung 1274/91/EWG der Kommission mit Durchführungsvorschriften für die Verordnung Nr. 1907/90/EWG des Rates über bestimmte Vermarktungsnormen für Eier) vom 15. Mai 1991 direkten Einfluss auf die Ausgestaltung der alternativen Haltungsverfahren. Im Anhang II dieser Normen wurde die Volierenhaltung und die Bodenhaltung sowie die intensive Auslauf und Freilandhaltung durch Angaben u.a. zur Besatzdichte, dem Angebot an Grünauslauf und die Einstreufläche definiert. Damit ersetzte bisher die Vermarktungsnorm konkrete Rechtsvorschriften zur Haltung von Legehennen in alternativen Haltungssystemen und erlangte damit auch für den Tierschutz Bedeutung. Die Neuordnung der Vorschriften wurde mit der Richtlinie 1999/74/EG des Rates vom 19. Juli 1999 zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen eingeleitet. Erstmals sind somit verbindliche Rahmenbedingungen auch für Alternativsysteme gesetzt.

2001 wurden darüber hinaus die Vermarktungsnormen für Eier neu geregelt. Die Legehennenhalter können nun freiwillig die Haltungsform, aus der die produzierten Eier stammen, angeben. Die neue Kennzeichnung lehnt sich an die Richtlinie 1999/74/EG an. Folglich unterscheidet sie nicht mehr zwischen Boden- und Volierenhaltung und nimmt damit auch u.a. von den bisher geltenden Besatzdichten Abstand.

Tabelle 5: Vergleich ausgewählter Vorschriften für die Legehennenhaltung

Aspekt	EU-Richtlinie (1999/74/EG-Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen)	TierSchNutztV (Deutsche Umsetzung der Richtlinie 1999/74/EG)	Neue Vermarktungs-Normen für Eier (Änderung der Verordnung 1274/91/EWG sowie 1907/90/EWG)
Bestandsgrenze	-	Max. 6.000 Hennen je Gruppe	-
Besatzdichte	Max. 9 Hennen je m ² nutzbare Fläche (Ausnahme: max. 12 Hennen je verfügbare Fläche)	Max. 9 Hennen je m ² nutzbare Fläche (Ausnahme: mehretägige Systeme max. 18 Hennen)	Max. 9 Hennen je m ² nutzbare Fläche (Ausnahme: max. 12 Hennen je verfügbare Fläche)
Einstreufäche	Mind. 1/3 der Bodenfläche, mind. 250 cm ² je Henne	Mind. 1/3 der Bodenfläche, mind. 250 cm ² je Henne	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	Mind. 10 cm je Henne	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 je Stück	Max. 10 Hennen je Stück	Max. 10 Hennen je 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	Max. 120 Hennen für mind. 1 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
Licht	-	Mind. 8 h ununterbrochene Nachtruhe; bei Neubauten mind. 3% der Grundfläche als Lichtöffnung	-
Ammoniak	-	<20 ppm	-

JACOBS (2003) weist darauf hin, dass die neue TierSchNutzTV vor allem die Hennenhalter betrifft, die sich bis dahin auf die Käfighaltung spezialisiert haben. Dies sind derzeit 83,9% aller Hennenhalter. Deren bisherigen Haltungssysteme müssen völlig umgestellt werden.

JACOBS (2003) stellt Prognosen auf, nach denen die 40,7 Mio gehaltenen Legehennen im Jahre 2002, um 5 Mio Tiere im Jahre 2003 abnehmen werden. Den gravierendsten Einschnitt sieht sie 2007 nach Inkrafttreten des totalen Käfigverbotes in Deutschland, wobei die Legehennenbestände auf 19,6 Mio Tiere sinken sollen. Dies würde einem Rückgang von 52% entsprechen. Bei der 1:1 Umsetzung der EU-Richtlinie (Szenario 2012) nehmen auch hier in großem Umfang die Bestandszahlen ab, allerdings können noch 28,9 Mio Hennen gehalten werden. Hierbei würde sich der Rückgang auf 29% belaufen.

Dieselbe Studie zeigt im Jahr 2003 eine Reduktion der Anzahl der produzierten Eier um 13%, 2007 sogar um 56% und 2012 um 30%. Als Folge werden zusätzliche Importe von 1,5 Mrd Eiern im Jahr 2003, 6,4 Mrd Eier im Jahr 2007 und 3,4 Mio Eiern im Jahr 2012 nötig sein. Somit sinkt der Produktionswert allein in der Primärproduktion im Jahr 2007 um 52%, was eine Reduzierung von 0,7 Mrd Euro bedeutet. 2012 soll sich ein Verlust von 400 Mio Euro ergeben (29%).

Tabelle 6: Wirtschaftliche Bedeutung der Eierproduktion in den Szenarien 2003, 2007 und 2012 in Deutschland (Basisjahr 2002), nach JACOBS, 2003.

	2002	2003	2007	2012
Legehennen in 1.000	40.793	35.726	19.649	28.890
Eier in 1.000	11.409.598	9.922.261	5.055.419	7.971.417
Einkommens- und Produktionswert in 1.000 Euro				
Primärproduktion	1.332.177	1.166.693	641.670	943.448
Zucht- und Brütereien	147.685	130.718	79.825	106.418
Service, Hygiene, Sonstiges	54.719	48.026	27.036	38.854
Mischfutterindustrie	356.545	313.945	182.612	254.599
Stallbau	104.910	94.019	64.203	77.242
Vermarktung	203.091	176.616	89.986	141.891
Schlachtung	5.705	4.961	2.528	3.986
Eiprodukte	218.722	190.210	96.912	152.812
Gesamt	2.423.554	2.125.188	1.184.772	1.719.250
Arbeitsplatzentwicklung				
Primärproduktion	1.221	1.234	912	1.097
Zulieferindustrien	5.523	4.844	2.598	3.917
Investitionsbedarf				
Investitionskosten in 1.000 Euro	-	120.474	953.478	817.915

2.3 Voliere als alternative Haltungsform

Im Statistischen Jahrbuch des Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft 2002 werden für das Jahr 2001 folgende Anteile der verschiedenen Haltungsformen angegeben:

Mit 85,44% liegt immer noch die Käfighaltung unumstritten auf Rang eins. In großem Abstand folgen mit 7,29% die Freiland- und mit 6,17% die Bodenhaltung. Mit 0,6% belegt die Volierenhaltung den vorletzten Platz, nur noch unterschritten von der intensiven Freilandhaltung mit 0,45%. Lediglich 48 Betriebe in ganz Deutschland halten ihre Legehennen in Volieren im Vergleich zu 1.111 Käfigbatteriebetrieben. Jedoch nahm in den letzten zehn Jahren die Käfighaltung um knapp 10% ab, die Volierenhaltung verdoppelte sich dagegen.

Die wichtigste Neuerung im Volierenkonzept im Vergleich zu allen anderen Haltungskategorien, ist die Strukturierung in einzelne Funktionsbereiche durch die Nutzung der dritten Dimension (FRÖHLICH, 1990). Dies schafft auch den wirtschaftlichen Vorteil, dass in dreidimensionalen Haltungssystemen pro Quadratmeter 18 Legehennen gehalten werden dürfen (§13, Abs.(6), Erste VO z. Ändrg d. TierSchNutztV, vom 28.02.2002). Ökonomisch gesehen kommt dies der Besatzdichte von 20 bis 25 Hennen/m² Stallboden in einer konventionellen Vier-Etagenbatterie relativ nah. Durch diese relativ hohe Besatzdichte soll eine ausgeglichene Wärmebilanz erreicht und die Kosten für den Stall je Hennenplatz gesenkt werden. In der Schweiz war eine wichtige Bestimmung des Tierschutzgesetzes die Einführung des Prüf- und Bewilligungsverfahrens für serienmäßig hergestellte Haltungssysteme und Stalleinrichtungen (OESTER & FRÖHLICH, 1986). Es wird dabei sichergestellt, dass die Bedürfnisse der Tiere tatsächlich erfüllt werden. Bei den alternativen Systemen in der Schweiz, eingeteilt in Schräggittersystem, modifizierte Käfige und Volieren (OESTER & FRÖHLICH, 1986), haben bisher nur die Volierensysteme die Anforderungen erfüllt. In einem Vergleich von Volieren- und Batteriehaltung in der Schweiz wurde in Erstgenannter sogar eine höhere Legeleistung (81,42%, dazu im Vergleich die Batterie 80,00%) und eine geringere Mortalität/Jahr (2,85%, dazu im Vergleich die Batterie 3,7%) nachgewiesen (STRASSER, 1993). Auch GROOT KOERKAMP et al. (1995) zeigte, dass braune und weiße Legehennen in einer Mehretagenvoliere im Vergleich zur Käfighaltung fast gleich hohe Produktionsleistungen erbringen. Eine effektive Tierkontrolle und das Einsammeln verlegter Eier sind in alternativen Haltungssystemen weitaus schwieriger durchzuführen als in Batteriekäfigen. Nach PETERMANN (2003) wird schon bei der Einstellung der Junghennen ein spezielles Management verlangt. Zur Eingewöhnung in den neuen Stall müssen sie schon mit der 16. bis 17. Lebenswoche in den Legebereich umgestallt werde. Um verlegte Eier zu vermeiden, wird der Scharraum je nach System zunächst vollständig oder teilweise abgesperrt. Dadurch wird die Besatzdichte vorübergehend stark erhöht. Es gibt Vermutungen, dass sich durch diese Vorgehensweise bereits zu Beginn des Durchgangs Federpicken und Kannibalismus entwickeln können (PETERMANN, 2003).

Nach HUBER-EICHLER und SEBÖ (2001) spielt das anspruchsvolle Management bei der Volierenhaltung eine große Rolle. Eine Reduktion des in alternativen

Haltungssystemen vermehrt auftretenden Federpickens und des Kannibalismus kann erreicht werden, wenn schon den Küken vom ersten Tag an permanenter Zugang zur Einstreu gewährt wird und diese mindestens alle zwei Tage ergänzt wird (Neureize schaffen).

Da die im Vergleich zur konventionellen Aufzucht höhere Lichtintensität die Tiere zur Bewegung anregt, muss die Bewegungsfreiheit durch niedrige Besatzdichten gewährleistet sein (VOGT-KAUTE, 1999).

2.4 Eignung der Hybridlinie Tetra-SL für die Volierenhaltung

Die Tetra-SL ist die im Herkunftsland Ungarn weit verbreitetste Legehennen. Sie steht im Ruf einer hervorragenden Stressresistenz und wird in kleinbäuerlichen Betrieben häufig über mehrere Legejahre gehalten (BOGENFÜRST et al., 1998). Ursprünglich stammt sie aus der ehemaligen ungarischen Staatsfirma Báblona AG (Tetra). Nach GERLACH (1999) wird in Ungarn wie auch in weiteren Ländern des ehemaligen Ostblockes ein beträchtlicher Teil der Legehennen in kleinen Betrieben mit Auslauf gehalten. Damit lassen sich die dort herrschenden Bedingungen eher mit denen des ökologischen Landbaus vergleichen als mit Käfighaltung. Einen erheblichen Marktanteil an den Zuchtprodukten nehmen vorwiegend kleinbäuerliche Haltungen ein, deshalb sind in diesen Ländern ansässige Zuchtfirmen besonders interessant für alternative Haltungsformen (GERLACH, 1999).

Die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen über die Leistungs- sowie Abgangsdaten der Linie Tetra-SL sind den jeweiligen Kapiteln zu entnehmen.

2.5 Die Legehennen als Indikator ihrer Haltungsumwelt

2.5.1 Das Verhalten als Indikator der Haltungsumwelt

2.5.1.1 Verhaltensansprüche und daraus resultierende Konsequenzen für das Haltungssystem

Im Rahmen der Auseinandersetzung von Mensch und Tier mit der Umwelt und den Artgenossen werden stammesgeschichtlich erworbene und vererbte Anpassungsmechanismen und deren physiologische Grundlage erforscht. Beobachtete Verhaltensabläufe können somit bei der Planung alternativer Haltungssysteme behilflich sein, den Tieren ein artgemäßes Leben zu

ermöglichen. Nach SUNDRUM (1994) ist ein Haltungssystem artgemäß, wenn es den spezifischen Bedürfnissen der in ihm lebenden Tiere Rechnung trägt, die körperlichen Funktionen nicht beeinträchtigt werden und das arttypische Verhaltensmuster des Tieres ausgelebt werden kann, ohne dass dadurch Schmerzen, Leiden oder Schäden entstehen. Durch Abweichungen und Intensitätsveränderungen der Verhaltensformen kann man auf haltungsbedingte Störungen bzw. eine Überbeanspruchung des Anpassungsvermögens schließen. FÖLSCH (1981) ordnet verschiedene Verhaltensweisen den sogenannten Funktionskreisen zu. Sie sind in Tabelle 11 (siehe Kapitel 3.3.1.) dargestellt. In einem artgemäßen Haltungssystem sollten demnach alle Funktionskreise ausgeübt werden können.

Ein Funktionskreis ist zum Beispiel das Nahrungsaufnahmeverhalten. Bankiva-Hühner, die Vorfahren der Legehennen, verbringen, wenn sie in seminaturalischer Umgebung gehalten werden, einen Großteil ihrer aktiven Zeit mit Nahrungssuche und -aufnahme (DAWKINS, 1989). SCHÜTZ und JENSEN (2001) fanden große Übereinstimmung in der Art und Gesamtdauer des Nahrungssuch- und Nahrungsaufnahmeverhaltens zwischen Bankivahühnern und domestizierten Haushühnern. Auch Hybridhennen verbringen einen bedeutenden Teil (25-68%) des Lichttages mit Scharren und Bodenpicken, sofern Einstreu vorhanden ist (SAVORY et al., 1978; FÖLSCH, 1981).

Zum Ruhen ziehen sich Hennen auf erhöhte Plätze zurück, sie baumen auf (MC BRIDE et al., 1969; WOOD-GUSH und DUNCAN, 1976; FÖLSCH, 1982). Deshalb sollten im Stall Sitzstangen und erhöhte Ruheplätze angeboten werden.

2.5.1.2 Haltungsbedingte Verhaltensstörungen

Eine Verhaltensstörung ist eine im Hinblick auf Modalität, Intensität oder Frequenz erhebliche und andauernde Abweichung vom Normalverhalten (SAMBRAUS, 1997). Unter natürlichen Bedingungen, wie beim Bankiva-Huhn beobachtet wurde, treten diese Verhaltensweisen nicht auf.

Federpicken und Kannibalismus treten grundsätzlich in allen intensiven Haltungssystemen auf (FÖLSCH et al., 1981). Aus welcher Motivation die Tiere Federpicken ausführen, das heißt, welchem Funktionskreis das Fehlverhalten entspringt, ist noch nicht eindeutig geklärt. Einerseits bringen viele Veröffentlichungen (WENNRICH, 1975; BESSEI, 1983; MARTIN, 1986; FRÖHLICH et al.,

1989) das Federpicken mit dem Nahrungsaufnahmeverhalten in Zusammenhang. Diese erste Theorie besagt, dass es kein aggressiv motiviertes Verhalten darstellt (VESTERGAARD, 1994; KEELING, 1995; SAVORY, 1995; YNGVESSON, 2002), sondern höchst wahrscheinlich durch Störungen im Zusammenhang mit dem Futtersuch- und -aufnahmeverhalten, die schon während der Aufzucht einsetzen (WENNRICH, 1975; BKOKHUIS und ARKES, 1984; BLOKHUIS, 1986; BAUM, 1992; HUBER-EICHLER und WECHSLER 1997 und 1998) entsteht. Nach VESTERGAARD und LISBORG (1993) wird in einer zweiten Theorie Federpicken durch die Möglichkeit des Sandbadens reduziert. KJAER et al. (2001) zeigt in einer Studie, dass man über mehrere Generationen Legehennen erfolgreich pro oder contra Federpicken selektieren kann. Damit wird auch ein genetischer Aspekt in die Überlegungen eingebracht. Andererseits werden als Ursprung ebenfalls das explorative Verhalten, die Aggression und das Komfortverhalten diskutiert (FRÖHLICH et al., 1989; WILLIAMS, 1984; VESTERGAARD et al., 1993). Auch eine erhöhte Schadstoffbelastung kann zum Auftreten des Federpickens beitragen (BESSEI, 1983).

Nach BURCKHARDT et al. (1979) kann davon ausgegangen werden, dass das Tier beim Ausrupfen der Federn Schmerzen erleidet. Nach ALLEN und PERRY (1975) ist der Kannibalismus als eigenes Phänomen zu sehen und kann auch ohne das Vorliegen von Federpicken vorkommen. Beim Kannibalismus entstehen als Folge von Bepicken bedeckten oder unbedeckten Hautgewebes bzw. blutgefüllter Federkiele größere blutige Verletzungen. Das wiederum weckt weiteres Interesse bei den Artgenossen und die verletzten Tiere können dabei so geschwächt sein, dass sie von den anderen Tieren getötet werden. Meist kommt es danach zu einer Eviszeration über die Kloake. HUBER-EICHLER und WECHSLER (1997) fanden heraus, dass bevorzugte Ziele für das Federpicken bei Artgenossen die Regionen Schwanz, Flügel und Rücken sind. Andere Studien zeigen aber auch das Federpicken an Brust, Nacken und Beinen (HUGHES und DUNCAN, 1972).

Federpicken und Kannibalismus verursacht tendentiell größere Probleme in größeren Herden (HUGES & DUNCAN, 1972; BILCIK & KEELING, 1999). Federpicken kann sich auch durch Stimmungsübertragung (MARTIN, 1986) und Lernvorgänge (BESSEI, 1983) auf andere Tiere ausbreiten. Mit höherer Besatzdichte wird das Gefieder schlechter (ALLEN und PERRY, 1975; SIMONSEN et al., 1980; HANSEN und BRAASTAD, 1994) bzw. die Federpickhäufigkeit nimmt zu (HUBER-EICHLER und AUDIGÉ, 1999).

Es gibt Hinweise, dass Hennen in Gruppen von 120 Tieren nicht mehr in der Lage sind, andere Hennen individuell zu erkennen und auf dieser Grundlage eine Rangordnung aufrecht zu erhalten (D'EATH und KEELING, 2003). Anders als dies häufig vermutet wird, führt dies jedoch nicht zu mehr, sondern zu weniger Aggression in größeren Gruppen (HUGHES et al., 1997; NICOL et al., 1999). Einen positiven Einfluss auf das Sozialverhalten können Hähne ausüben, da sie zur Reduktion der Aggressivität der weiblichen Tiere beitragen (ODÉN et al., 1999).

In Versuchen von BESSEI (1983) trat zudem im Zusammenhang mit Federpicken häufig Kannibalismus auf, der ebenfalls zu vermehrten Abgängen führen kann. Eine geringe Gruppengröße (BESSEI, 1983), sowie eine geringe Besatzdichte (HANSEN et al., 1994) können das Auftreten von Federpicken vermindern.

2.5.2 Physiologische Parameter als Indikator der Haltungsumwelt

2.5.2.1 Blut

Trotz ihrer physiologischen Schwankungen können die Blutwerte einen Beitrag zur Abklärung des Gesundheitsstatus der Legehennen leisten. Der Volumenanteil der Erythrozyten im Blut des Geflügels schwankt sehr stark. Nach FREEMAN (1971) erreicht er bei ovulierenden Hennen Werte von 19% bis 30,9%, bei nicht ovulierenden Hennen liegt er zwischen 28,8% und 33%. Durch Verletzungen oder Blutentnahme kommt es zu einem raschen Absinken, Kälte hingegen erhöht den Erythrozytenanteil. Je nach Rasse, Geschlecht und Alter, aber auch beim Einzeltier, kann er variieren und sich binnen kürzester Zeit ändern. Bei Legehennen nimmt die Erythrozytenzahl kurz vor dem Legebeginn ab, am Ende der Legeperiode steigt sie wieder etwa an, was östrogenabhängig sein kann (FREEMAN, 1971). Auch der Hämoglobinanteil, absolut sowie prozentual, ist eine ständig fluktuierende Größe, dessen Variabilität nicht erklärbar ist (BELL, 1971).

Der Calcium (Ca)- und Phosphat (P)- Gehalt des Blutplasmas spiegelt die Versorgung mit diesen Mineralstoffen wider. Bei Ca-Mangel nimmt der Gehalt des Blutplasmas an ionisiertem Ca auf Werte von weniger als 1 mmol ab, die Eierproduktion wird dabei eingeschränkt bzw. unterbrochen (LUCK und SCANES, 1979). Im Verlauf von etwa 20 Stunden nach der Ovulation nimmt der Gehalt des Blutplasmas an ionisiertem Ca um 0,5 mmol/l ab (NYS et al., 1986). Wichtig ist die kontinuierliche Ca-Versorgung der Legehennen, da relativ wenig Ca in den Röhrenknochen gespeichert werden kann. Bei über den Bedarf hinausgehendem

Gehalt an Ca im Futter steigt er im Blutplasma in den oberen Bereich der physiologischen Schwankungsbreite an, der an P nimmt ab (KOLB, 1992).

2.5.2.2 Immunsystem

Haltungsbedingter Stress hat auch bei Nutztieren einen Anstieg der Cortisolwerte zur Folge, was sich wiederum negativ auf das Immunsystem auswirken kann. Durch die Messung der Immunglobulinkonzentration kann somit eine Aussage über den allgemeinen Immunstatus getroffen werden.

Schon Ende des 19. Jahrhunderts berichtete KLEMPERER (1893) über Antikörper in Hühnereiern als Alternative zu herkömmlich gewonnenem Antiserum. Dieses wird in der Regel aus dem Blut von Kaninchen, Pferden und kleinen Wiederkäuern gewonnen. Auf der Suche nach einer einfacheren Methode, Antikörper für die Therapie und Prophylaxe bestimmter Krankheiten zu gewinnen, erhielt man bei Versuchen mit Hühnern folgende Ergebnisse:

Der Serumantikörpertiter wird durch die Antikörpermenge im Eidotter wiedergespiegelt. Steigt der Titer im Serum an, so nimmt proportional im Abstand von ungefähr einer Woche auch der Titer im Dotter zu (LÖSCH et al., 1986; PATTERSON et al., 1962). PATTERSON et al. (1962) fand heraus, dass das im Blutplasma zirkulierende Gammaglobulin, später als IgG spezifiziert (ROSE und ORLANS, 1981), in den heranreifenden Eifollikeln eingelagert wird. ROTH et al. (1983) konnte dabei einen IgG Rezeptor nachweisen. Da sich das Hühnerimmunglobulin im Dotter jedoch minimal in seinem Aufbau vom Säuger IgG unterscheidet, nannten es LESLIE und CLEM (1969) nach dem englischen Begriff für Eigelb, yolk, IgY. IgA und IgM lassen sich hingegen nur im Eiweiß nachweisen (ROSE und ORLANS, 1981). Das Molekulargewicht des IgY ist mit 180 kDa höher als das des Säuger-IgG (WARR et al., 1995). Das Eidotter enthält 3 bis 25 mg IgY pro ml, ein Ei kann demnach abhängig von seinem Gewicht zwischen 40 und 500 mg IgY enthalten (LÖSCH et al., 1986). BIZHANOV und VYSHNIAUSKIS (2000) kamen auf ähnliche Werte von 2-10 mg/ml. SCHADE et al. (1991) entdeckte bei seinen Untersuchungen, dass die Werte zwischen 10 und 20 mg/ml einem biologischen Rhythmus folgend schwankten.

ERHARD et al. (1992) entwickelte eine sehr empfindliche wie auch spezifische Methode mit Hilfe eines Sandwich ELISA's (enzyme-linked immunosorbent assay) zur Bestimmung von Hühner-Immunglobulinen (IgG, IgM und IgA). Dabei kann

mittels monoklonalen Antikörpern sowohl eine quantitative wie auch qualitative Analyse von Serum, und darüber hinaus auch von anderen Körperflüssigkeiten sowie von Eigelb, vorgenommen werden. In einer weiteren Studie von ERHARD et al. (2000) wurden bei zuvor mit humanem IgG immunisierten Legehennen in Boden- sowie Käfighaltung mittlere IgY-Werte von 13,49 mg/ml bzw. 14,05 mg/ml (Bodenhaltung) und 13,62 mg/ml bzw. 15,41 mg/ml (Käfighaltung) gemessen.

2.5.2.3 Knochenstabilität

Die Festigkeit des Knochens wird primär durch die Mineralstoffversorgung beeinflusst. Dabei stehen Calcium und Phosphat an erster Stelle.

Nach KOLB (1979) werden vom resorbierten Calcium etwa 80% und vom Phosphat etwa 40% in die Knochen übergeführt. Beide Mineralstoffe stehen dabei im ständigen Austausch mit denen des Blutplasmas. Während der Legeperiode sind je Tag circa 2,5 g Calcium und 0,7 g Phosphat für ein Huhn notwendig. Mit einem Ei werden etwa 2 bis 2,2 g Ca abgegeben, vom resorbierten P nur etwa 4 bis 8% in Form von P-haltigen Verbindungen. Kurz vor Beginn der Legetätigkeit findet im Markraum der Röhrenknochen die Bildung von osteoidem Gewebe statt, aus dem an Tagen der Bildung einer Kalkschale in 24 Stunden etwa 700 bis 1000 mg Ca mobilisiert werden. Bei ausreichender Ca-Versorgung wird jedoch in gleicher Zeit dieselbe Menge an Ca wieder in den Knochen eingebaut. Durch den Verlust an vollständig mineralisierter Knochensubstanz kommt es zu einer herabgesetzten Knochenfestigkeit. Die Knochen sind dabei anfälliger für Frakturen (WHITEHEAD, 1999). Die Festigkeit der Knochen wird, außer durch die Mineralstoffversorgung, auch durch die Art der Haltung beeinflusst.

Zur Ermittlung der mechanischen Belastbarkeit von Extremitätenknochen beim Geflügel kommen unterschiedliche Verfahren zur Anwendung. Man unterscheidet Bruchfestigkeit, Scherkraft bzw. -stress, Torsionssteifigkeit, Biegemoment und Kompressionsstärke, welche mit Hilfe von Geräten der Materialforschung ermittelt werden. Kollagene Fasern, welche den Hauptbestandteil der organischen Matrix des Knochens bilden, sind in der Lage die Zugkräfte aufzunehmen, während die Kompressionskräfte durch den Hydroxylapatitanteil gedämpft werden. Die Belastung zum Zeitpunkt des Bruches ist die Summe aller Kräfte und Momente, die auf den Knochen einwirken und wird als Bruchfestigkeit bezeichnet (RATH et

al., 2000). Sie wird zur Vereinfachung und Vergleichbarkeit als Kraft pro Flächenareal Knochen zum Zeitpunkt des Bruches gesehen.

In einer Studie von LEYENDECKER et al. (2002) zeigte in einer Voliere mit Auslauf sowohl die Tibia als auch der Humerus eine signifikant höhere Stabilität im Vergleich zu konventionellen als auch ausgestalteten Käfigen. RODENHOFF und DÄMMRICH (1973) fanden bei Hühnchen mit Auslauf eine bessere Beschaffenheit der Femurrindensubstanz im Vergleich zur Käfighaltung. BOSCH und VAN NIEKERK (1995) kamen bezüglich der Knochenfestigkeit von Hennen in Haltungssystemen mit Bewegung auf dieselben Ergebnisse. In Untersuchungen von KNOWLESS et al. (1990) und HARNER et al. (1985) wurde ein Zusammenhang zwischen Körpergewicht und der Knochenfestigkeit festgestellt. Leichtere Legelinien wiesen demnach eine geringere Knochenfestigkeit auf als schwerere Linien. GREGORY et al. (1991) fanden bei ihrer Studie jedoch aufgrund des Risikos beim Anfliegen von Sitzstangen mehr Knochenbrüche in alternativen Haltungssystemen.

2.5.3 Die Gesundheit als Indikator der Haltungsumwelt

2.5.3.1 Verluste in den einzelnen Haltungsformen

Trotz aller Verbesserungen im Management sind die durchschnittlichen Verluste alternativer Haltungssysteme bisher sehr hoch. Nach PETERMANN (2003) liegen die Verlustraten in der Bodenhaltung zwischen 12% und 18% im Vergleich zur herkömmlichen Käfighaltung mit 5% bis 8%. Diese Zahlen sind Erfahrungswerte einer Geflügelpraxis, die etwa 1,2 Mio. alternativ gehaltene Henne betreut, und stimmen mit den Erfahrungen der Amtstierärzte überein. Unter anderem wird die Großgruppenhaltung und der damit erzeugte Stress für eine vermehrte Krankheitsanfälligkeit verantwortlich gemacht. Ein weiterer Faktor stellt das Ökofutter dar, das meist zu einer ungenügenden Versorgung mit ausgewogenem Eiweiß und essentiellen Aminosäuren führt. Auffällig sind schlechter Gefiederzustand und geringe Hennengewichte (PETERMANN, 2003).

Die Salpingitis ist eine der Hauptabgangsursachen der Legehennen und wird als „Berufskrankheit“ bezeichnet. Sie steht an zweiter Stelle der Abgangsursachen und tritt zu 80 bis 90% der Fälle zusammen mit einer Bauchfellentzündung auf. Die Erkrankung ist multifaktoriell bedingt, und dabei spielen fakultativ pathogene Erreger gepaart mit mechanischen Verletzungen eine Rolle. Betroffene Tiere haben ein aufgetriebenes Abdomen, eine vorgewölbte Kloake,

Kotverschmierungen im Kloakenbereich, Federlosigkeit im Legebauchbereich und Legenot (KLACZINSKI, 1992).

LANGE (1996) fand in Untersuchungen über 13 Legeperioden bei braunen Hybriden in Volieren einen Gesamtverlust von 15,2% (Käfig 11,6%). Davon lagen die Abgänge durch Kannibalismus bei 14% (Käfig 10%). Weiße Hybriden dagegen hatten in seiner Studie Verluste von nur 4,2% (Käfig 6%), wobei der Todesanteil durch Kannibalismus hier bei 3,2% (Käfig 5,3%) lag.

In einem hessischen Modellvorhaben (FÖLSCH et al., 1997) wurden durchschnittliche Verlustraten von 7,4 bis 15,1% ermittelt (Tab. 7).

Tabelle 7: Verluste in drei Betrieben (A-C), die im Rahmen eines Hessischen Modellvorhaben betreut wurden (FÖLSCH et al., 1997)

Betrieb	Haltungssystem	Beschreibung	Verluste (%)
A	Volierenhaltung	10 Durchgänge in 4 Ställen	8,9
A	Volierenhaltung	3 Durchgänge in 1 Stall	8,8
B	Bodenhaltung	9 Durchgänge in 3 Ställen	7,4
C	Freilandhaltung	3 Durchgänge in 1 Stall	15,1

KREIENBROCK et al. (2004) ermittelte bei Volierenhaltung ohne Auslauf Verluste von 15,1% (Betriebe mit weniger als 50.000 Legehennenplätzen) bzw. Verluste von 21,5% (Betriebe mit mindestens 50.000 Legehennenplätzen), wobei ab der 60. Woche die Verlustrate extrem anstieg (von 4 auf über 10 Hennenverluste pro Woche).

DAMME (2003) zeigt in seinem Vergleich verschiedener Studien (siehe Tab. 8) über unterschiedliche Hybridlinien die Mortalität und Kannibalismusverluste auf. In der Käfighaltung reduziert sich dieses Problem auf einige Käfige mit wenigen Verlusten (je nach Herkunft zwischen 2,1 bis 7,8%, davon Kannibalismus 1,7 bis 2,2%). In den Großgruppen der Boden- bzw. Volierenhaltung ist jedoch Kannibalismus oftmals die häufigste Todesursache bei nicht schnabelbehandelten Herden.

Tabelle 8: Mortalität/Kannibalismusverluste verschiedener Legehybriden in % (DAMME, 2003)

Herkunft	Haus Düsse Käfig	Neu-Ullrichstein Boden	Kitzingen Boden	Differenz Käfig-Boden
LT	7,8/0,6	2,1/0,8	7,1/1,8	+3,2/-0,7
Bovans	5,6/2,2	7,3/5,6	15,1/12,0	-5,6/-6,6
Shaver	-	12,1/8,8	15,1/9,8	-
Dekalb	2,1/0	6,3/5,0	-	-4,2/-5,0
Tetra	7,3/0,6	-	16,9/12,4	-9,6/-11,8
LSL	5,3/1,7	11,7/8,8	2,2/0,4	-1,7/-2,9

In einer Eignungsprüfung verschiedener Legehennenhybridherkünfte für die Bodenhaltung (LANGE, 2000), zu der auch die Volierenhaltung zählt, wurde von der Hennenlinie Tetra-SL im Vergleich zu drei anderen braunen Linien (Lohmann Brown, Meisterhybriden und ISA-Warren) folgende Ergebnisse erreicht. Die Verlustrate lag mit 5% unter dem Gruppendurchschnitt. Insgesamt war Kannibalismus mit einem Anteil von über 80% die Hauptabgangsursache.

JACOBS & WINDHORST (2003) fanden bei Tetra SL in Volierenhaltung (Nutzungsdauer 50 Wochen, 1500 Anfangshennen) eine Gesamtmortalität von 3,1%.

2.5.3.2 Technopathien und Gefiederzustand in Abhängigkeit von der Haltungform

Der Gefiederzustand spiegelt den Gesundheitszustand und das Wohlbefinden des Huhnes wider. Schon 1937/1938 berichteten DREYFUSS bzw. SCHARTAU über den Nervenreichtum in den verschiedenen Hautschichten und den Federscheiden des Geflügels. STETTENHEIM et al. (1963), OSTMANN et al. (1963) und JENKINSON et al. (1968) haben eine reiche Nervenversorgung der glatten Federmuskulatur mit freien Nervenendigungen nachgewiesen. Herbst'sche Lamellenkörperchen, die den Vater-Pacini-Körperchen der Säuger entsprechen, sind mit Flüssigkeit gefüllte Lamellenkörper, die mittig eine axiale Nervenfasern umschließen. Im Schnitt wird ein Federfollikel von ein bis zwei solcher Körperchen umgeben, die für die Tiefen- und Oberflächensensibilität verantwortlich sind (STAMMER, 1961; WINKELMANN und

MYERS, 1961; OSTMANN et al., 1963). Die sehr fest im Follikel sitzende Feder überträgt jeden äußeren mechanischen Reiz auf die nervösen Rezeptoren (SCHWARZKOPFF, 1973), und dieser wird somit vom Tier verspürt (DYCE et al., 1997). Als Reizübermittler funktionieren die Federn also ähnlich wie die Schnauzhaare bei der Katze (IGGO und GOTTSCHALDT, 1974).

Außer als Reizüberträger, dient das Gefieder als Regulator der Körpertemperatur und schützt vor Feuchtigkeit (FRIELING, 1936). Darüber hinaus spielt die Feder beim Verhalten der Vögel, also in ihrem sozialen Leben, eine bedeutende, signalisierende Rolle. Durch Aufstellen von bestimmten Federarealen, wie zum Beispiel das der Halsfedern des Hahnes bei der Paarung, werden verschiedene Stimmungen an die Artgenossen übermittelt (KRUJIT, 1964; WOOD-GUSH, 1971). Bei deutlicher Schädigung des Gefieders, zum Beispiel durch Federpicken und Federziehen, kommt es zum Wärmeverlust. Dabei können sich die Futterkosten/kg Eimasse um 1,4% bis 10,5% erhöhen (DAMME, 1984) und es kann zu höheren Verlusten kommen (BIEDERMANN et al., 1993). Nach BALNAVE (1974) benötigt ein nacktes Huhn bei 22°C etwa 35 g mehr Futter am Tag als ein befiedertes Tier.

In Untersuchungen von BURCKHARDT et al. (1979) wurde das Gefieder von Hühnern in bäuerlicher Auslaufhaltung, Bodenhaltung, Gitterrosthaltung und Batteriehaltung verglichen. Dabei kamen sie zu folgenden Ergebnissen:

Das Gefieder der Legehennen aus der bäuerlichen Auslaufhaltung wies keinerlei kahle Flächen auf. Ebenso zeigte es sich bei der Bodenhaltung. In der Batteriehaltung waren im Schnitt 29 cm² des Gefieders kahl, wobei über 50% davon den Kopf-, Hals- und Brustbereich betrafen, was durch die wiederholte Bewegung „Kopf-durch´s-Gitter-stecken“ verursacht wurde. Jeweils ein Viertel der kahlen Fläche traten an den Flügeln und am Rumpf auf. Am schlechtesten schnitt die Gitterrosthaltung ab. Je nach Aufzucht (Batterie oder Boden), lagen hier die federlosen Stellen bei 65 bzw. 73 cm². Zu erwähnen ist noch, dass auch Hennen in Boden- und Batteriehaltung untersucht wurden, die jeweils im anderen Haltungssystem aufgezogen wurden. Deren Gefieder schnitt deutlich schlechter ab als das der Hennen, die keinen Stallsystemwechsel hatten.

In Untersuchungen von BARNETT et al. (1997) nahmen die Gefiederschäden mit dem Alter der Legehennen zu. Mit höherer Besatzdichte wird das Gefieder

schlechter (ALLEN und PERRY, 1975; SIMONSEN et al., 1980; HANSEN und BRAASTAD, 1994).

Bei einer Bewertung verschiedener Studien werden die Gefiederschäden von DAMME (2003) in drei Stufen eingeteilt. Die Zahl der Tetra-Hennen mit keinen Gefiederschäden liegt hier bei 3% (LT bei 34% und LSL bei 77%), geringe Schäden treten bei 56% der Tiere auf (bei LT 63% und bei LSL 23%) und stark beschädigtes Gefieder macht bei Tetra einen Anteil von 41% aus (bei LT 2% und bei LSL 0%).

2.5.4 Die Leistung als Indikator der Haltungsumwelt

2.5.4.1 Legeleistung

DAMME (2003) verzichtet bewusst auf den sonst üblichen Begriff Legeleistung pro Anfangshenne, da in den alternativen Haltungsformen nicht exakt ermittelt werden kann, wie viele Eier tatsächlich gelegt und wie viele davon in der Einstreu oder auf dem Kotgrubenrost gefressen werden oder anderweitig verloren gehen. Bei einer Bewertung verschiedener Studien gibt DAMME (2003) die gesammelten Eier je Anfangshenne an. Bei einem Vergleich verschiedener Hybridlinien (LT, Bovans, Shaver, Dekalb, Tetra-SL und LSL) in unterschiedlichen Haltungssystemen, belegte Tetra-SL in dieser Kategorie mit nur 309 gesammelten Eiern/AH sowohl in der Käfighaltung als auch mit 273 Eiern in der Bodenhaltung den letzten Rang. Im Vergleich dazu lag die Linie Bovans mit 331 Eiern/AH im Käfig bzw. mit 296 Eiern/AH in Bodenhaltung auf Platz eins.

In einer Eignungsprüfung verschiedener Legehennenhybridherkünfte für die Bodenhaltung (LANGE, 2000), zu der auch die Volierenhaltung zählt, wurde die Hennenlinie Tetra-SL im Vergleich zu drei anderen braunen Linien (Lohmann Brown, Meisterhybriden und ISA-Warren) untersucht. Dabei war die Legeleistung je Anfangshenne war mit 284 Eiern am höchsten bei Tetra-SL.

In Untersuchungen von MÜLLER et al. (2000) erbrachten Tetra, allerdings in Freilandhaltung, eine Legeleistung von 85,81%. JACOBS & WINDHORST (2003) fanden bei Tetra SL in Volierenhaltung (Nutzungsdauer 50 Wochen, 1500 Anfangshennen) eine maximale Legeleistung von 94,2%.

2.5.4.2 Eischalendicke

Ein durchschnittliches Hühnerei besteht zu 10% aus Schale, wobei 80% der Eibildungszeit auf die Eischalenbildung verwendet wird (GRASHORN, 2004). Die Eischalenqualität ist abhängig von Schalendicke und Bruchfestigkeit. Sie spielt beim Transport und der Vermarktung eine große Rolle. Die Eischale mit einer Dicke von 270 bis 370 μm besteht zu 2% aus organischem und zu 98% aus anorganischem Material, wobei letzteres ausschließlich kristallines Kalziumcarbonat ist. Während der ersten Monate der Legeperiode schwankt die Schalendicke (von 9 untersuchten Genotypen) zwischen 310 und 330 μm . In den letzten Legemonaten differiert die Schalenstärke zwischen 230 und 290 μm . Dabei liegt der Rückgang der Schalendicke zwischen 20 und 100 μm (PINGEL und JEROCH, 1980). LEYENDECKER et al. (2002) untersuchten die Schalendicke bei Hennen im Alter von 6, 9 und 14 Legemonaten und erhielten jeweils Werte von 319,6 μm , 326,8 μm bzw. 309,7 μm . Außerdem verglichen sie die Schalendicke von Hennen unterschiedlicher Haltungssystemen. Dabei wiesen die Eier der Volierenhennen die signifikant höchsten Werte auf, deren Mittel bei 325,2 μm lag. Hauptursache für auftretende Schalenbrüche ist eine ungenügende Schalendicke (FEHLHABER et al., 1992). Nach KOLB (1979) ist bei einer Schalendicke von 0,32 mm und mehr eine genügend große Bruchfestigkeit vorhanden. Mit zunehmendem Alter der Legehennen nimmt die Schalenqualität ab (CORDTS et al., 2001). Nach PINGEL und JEROCH (1980) und KRAX (1974) nimmt nach einer Temperaturerhöhung die Eischalenstärke bereits nach einem Tag ab, benötigt jedoch 4 Tage, um sich wieder zu normalisieren.

Nach KOLB (1992) ist eine ausreichende und kontinuierliche Versorgung der Legehennen mit Ca von großer Bedeutung. Der Gehalt im Futter sollte bei 3,7% liegen. Nach Verabreichung eines Futters mit einem Ca-Gehalt von nur 1,5% ist die Bildung der Eischale schon nach 24 Stunden gestört, ihre Dicke nimmt ab (KESHAVARZ, 1986).

2.5.4.3 Bruchfestigkeit

Die Eischalenfestigkeit hängt von der genetischen Veranlagung, vom Alter der Henne, von der Fütterung und vom Gesundheitszustand ab. Die Schalenfestigkeit wird anhand von Festigkeitsprüfungen bestimmt. Bewährt haben sich Druckprüfungen bis zur Zerstörung der Schale (Bruchfestigkeit) und

Elastizitätsprüfungen (Belastung 10 N). Die Bruchfestigkeit von Junghennen beträgt 40-60 N. Mit zunehmendem Alter der Legehennen werden die Eischalen schwächer, so dass am Ende der Legeperiode nur noch Durchschnittswerte von 25-30 N in der Herde erreicht werden. Ursache dafür ist die mit dem Alter zunehmend schlechter werdende Resorption und Verwertung des Kalziums im Futter. LEYENDECKER et al. (2002) untersuchten die Bruchfestigkeit der Eischale von Legehennen im Alter von 6, 9 und 14 Legemonaten und kamen dabei auf Werte von 36,3 N, 38,4 N bzw. 32,1 N. Beim Vergleich der Bruchfestigkeit von Eiern aus unterschiedlichen Haltungssystemen ergaben sich für die Volierenhaltung signifikant hohe Werte von durchschnittlich 37,9 N (LEYENDECKER et al., 2002). Bei einer schlechten Schalenstabilität nimmt die Häufigkeit an Lichtsprung-, Knick- und Brucheiern zu. Eine unausgewogene Kalzium-Phosphor-Versorgung im Futter, verschiedene Erkrankungen (Newcastle Disease, Egg Drop Syndrom, Infektiöse Bronchitis) und ungünstigen Stallklimaverhältnissen führen zur Beeinträchtigung der Schalenstabilität (GRASHORN, 2004).

2.5.4.4 Eigewicht

Zur äußeren Eiqualität zählt das Eigewicht, welches zwischen 40 und 90 g schwankt und auch die Basis für die EU-Vermarktungsnormen für Hühnereier ist. Die meisten Eier werden hier in den Gewichtsklassen M (53-63 g) und L (63-73 g) vermarktet. Dabei hängt die Eigröße im Wesentlichen von der Herkunft (Weißleger, Braunleger), vom Hennenalter (die Eigröße nimmt mit dem Hennenalter zu), von der Körpergröße in Relation zum Herdenmittel, von der Futterzusammensetzung und von der Stalltemperatur ab (GRASHORN, 2004).

In einer Eignungsprüfung verschiedener Legehennenhybridherkünfte für die Bodenhaltung (LANGE, 2000), zu der auch die Volierenhaltung zählt, wurde von der Hennenlinie Tetra-SL im Vergleich zu drei anderen braunen Linien (Lohmann Brown, Meisterhybriden und ISA-Warren) folgende Ergebnisse erreicht. Das Eigewicht lag durchschnittlich bei 65,9 g und somit knapp unter dem Mittelwert der vier geprüften Linien. Im Bereich der vom Markt bevorzugten Eier der Handelsklasse L (53-63 g) lag der Anteil bei 50,1%.

Nach aktuellen Ergebnissen der amtlichen Legeleistungsprüfungen beträgt das durchschnittliche Eigewicht der Weißleger 62-63 g und das der Braunleger 65-67 g (GRASHORN, 2004).

Nach PINGEL und JEROCH (1980) und KRAX (1974) sind die Eier umso kleiner und es dauert umso länger bis die gewünschte Eigröße erreicht ist, je früher der Legebeginn ist. Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen Legereife und Gewicht der erstgelegten Eier. Die am Ende der Legeperiode gelegten Eier sind außerdem um mehr als 10 g schwerer als die Junghenneneier.

In Untersuchungen von MÜLLER et al. (2000) erbrachten Tetra, allerdings in Freilandhaltung, ein durchschnittliches Eigewicht von 68,42 g. JACOBS & WINDHORST (2003) fanden bei Tetra SL in Volierenhaltung (Nutzungsdauer 50 Wochen, 1500 Anfangshennen) ein durchschnittliches Eigewicht von 63,4 g.

In Untersuchungen von FISHER (1969) und LARBIER et al. (1972) ergab sich durch eine Reduktion des Protein- bzw. Aminosäuregehaltes im Futter eine deutliche Abnahme des Einzeleigewichtes. Durch Mangel an Trinkwasser, wie es zum Beispiel durch unsachgemäße Nippeltränken vorkommen kann, kommt es nach PINGEL und JEROCH (1980) ebenfalls zu erniedrigten Eigewichten.

2.5.5 Das Ei als Indikator der Haltungsumwelt

2.5.5.1 Eiverschmutzung

Nach KRAX (1974) handelt es sich bei den Kriterien, die sich auf die Sauberkeit der Schale auswirken, fast ausschließlich um Haltungsfaktoren. Zu nennen sind u.a. unsaubere Nester, feuchte, verklebte Einstreu, zu wenig Einstreu in den Nestern und viel Glucken. Bei Untersuchungen über Vergleiche der Eiverschmutzung, lagen diese bei der Auslaufhaltung mit 28,9% am höchsten, gefolgt von der Bodenhaltung mit 8,4% und 1,2% in der Batteriehaltung (KRAX, 1974). Eine andere Ursache haben mit Blut beschmierte Eier, die insbesondere bei Eileitervorfällen, Eileiterentzündungen, Kannibalismus, aber auch bei Hühnertyphus vorkommen (KRAX, 1974).

In einer Eignungsprüfung verschiedener Legehennenhybridherkünfte für die Bodenhaltung (LANGE, 2000), zu der auch die Volierenhaltung zählt, wurde von der Hennenlinie Tetra-SL mit 4,5% die niedrigste Rate an Schmutzeiern erreicht.

JACOBS & WINDHORST (2003) fanden bei Tetra SL in Volierenhaltung (Nutzungsdauer 50 Wochen, 1500 Anfangshennen) einen Schmutzeieranteil von 1,6%.

2.5.5.2 Verlegte Eier

Eier, die nicht in die Nester sondern in einen der übrigen Haltungsbereiche gelegt werden, nennt man verlegte Eier. Es ist arbeitsaufwendig diese Eier einzusammeln. Außerdem sind sie oft verschmutzt oder von den Hennen angepickt und können somit nicht zum vollen Preis verkauft werden.

Faktoren, die Einfluss auf das Legeverhalten und damit auch auf die Zahl der Bodeneier haben, sind (APPLEBY, 1984; BAUER, 1995b):

- Das Haltungssystem und das Management während der Aufzucht
- Der Termin der Umstallung in den Legestall sowie die Länge der Eingewöhnungsphase vor Legebeginn
- Das Nestangebot, die Erreichbarkeit und die Attraktivität der Nester
- Die Hybridherkunft
- Das Management im Legehennenbetrieb

Nach APPLEBY et al. (1983) und RAUCH (1991) spielt die Junghennenaufzucht bezüglich der verlegten Eier insofern eine wichtige Rolle, als die adulten Tiere die Anflugstangen vor den Nestern problemlos nutzen, wenn sie schon als Junghennen an Sitzstangen gewöhnt werden.

Für die Nestfläche wird von FÖLSCH und HOFFMANN (1995) eine maximale Besatzdichte von 50 bis 60 Hennen pro m² empfohlen.

DAMME (2003) hat in einem Vergleich verschiedener Hybridlinien einen durchschnittlichen Wert von 6% für das Verlegen in Bodenhaltung ermittelt, wobei in Nestern mit Kunststoffböden mit 10,2% eine höhere Anzahl verlegter Eier festgestellt wurde als in eingestreuten Nestern. Bei Tetra wurde eine überdurchschnittliche Nestannahme festgestellt, die Verlegerate lag nur bei 0,6%.

JACOBS & WINDHORST (2003) fanden bei Tetra-SL in Volierenhaltung (Nutzungsdauer 50 Wochen, 1500 Anfangshennen) einen Anteil verlegter Eier von 3,6%.

2.5.5.3 Knick- und Bruchei anfall

Eine ausreichende Schalenstabilität ist wichtig für eine gute Transportfähigkeit. Defekte Schalen machen die betroffenen Eier unverkäuflich. Dabei ist zu unterscheiden zwischen genußuntauglichen Brucheiern, bei denen der Eiinhalt ausfließt, bei sofortigem Gebrauch genusstauglichen, aber nicht lagerfähigen

Knickeiern mit unverletzter Schalenhaut und schließlich Lichtsprungeiern, deren Schalen feine Haarrisse aufweisen, die nur beim Durchleuchten erkennbar sind. Defekte Eier können aus hygienischen Gründen nur bedingt für die Herstellung von Gußei herangezogen und verarbeitet werden (PINGEL und JEROCH, 1980).

Weiter beschreiben PINGEL und JEROCH (1980), dass mit Erhöhung der Besatzdichte, mit den verschiedenen technologischen Veränderungen im Prozeß der Eiersammlung, -aufbereitung und -verarbeitung die Eischale immer stärker belastet wird. Bis zur Durchleuchtungseinrichtung der Sortiermaschinen werden etwa 13,5% der Eier beschädigt. Etwa 7,5% der Eier werden noch in Kleinpackungen mit Schalenmängeln angetroffen. Diese Ergebnisse können noch von der Eiproduktion mit älteren Legehennenbeständen übertroffen werden. Besonders gefährdet sind Eier von Hennen aus Käfighaltung, wobei durch das Aufprallen des Eies nach dem Legen auf das Gitter schon 80% aller Schäden entstehen. Jedoch ist dieser höhere Knickeieranfall im Vergleich zu den alternativen Haltungssystemen auch darauf zurückzuführen, dass die Knickeier der Käfige auch gefunden und nicht, wie in alternativen Systemen, sofort von den Hennen aufgefressen werden (KRAX, 1974). Die Art des Eiereinsammelns hat einen nicht unbedeutenden Einfluß auf den Anfall schalenbeschädigter Eier. PINGEL und JEROCH (1980) beschreiben beim Eiereinsammeln von Hand 2,6% Brucheier, wenn 4 bis 5 Eier gleichzeitig aufgenommen werden, dagegen nur 0,9% Brucheier, wenn nur 2 Eier pro Hand eingesammelt werden.

In einer Eignungsprüfung verschiedener Legehennenhybridherkünfte für die Bodenhaltung (LANGE, 2000), zu der auch die Volierenhaltung zählt, bestand bei der Hennenlinie Tetra-SL im Vergleich zu drei anderen braunen Linien (Lohmann Brown, Meisterhybriden und ISA-Warren) kein Unterschied. Mit 2,3% war die Anzahl der Knickeier bei allen Gruppen ungefähr gleich.

JACOBS & WINDHORST (2003) fanden bei Tetra SL in Volierenhaltung (Nutzungsdauer 50 Wochen, 1500 Anfangshennen) einen Knick-/Brucheieranteil von 1,9%.

3 Tiere, Material und Methoden

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

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

3.1 Tiere

3.1.1 Rasse

Um einen direkten Vergleich zu ermöglichen, wurde nur eine einzige Hennenlinie mit unterschiedlicher Besatzdichte eingestallt. Es handelte sich hierbei um die Linie Tetra-SL, die als besonders stressresistent gilt und auch in vielen Praxisbetrieben eingesetzt wird. Die Versuchshennen stammten vom Junghennen-Aufzuchtbetrieb Naturland, Mitgliedsbetrieb Annemarie Schubert, 91338 Unterrüsselbach, die Tetra-SL in Deutschland weitervertreiben.

3.1.2 Versuchsgruppe

Schlupftermin der Herde war der 23.04.2003. Im Alter von 19 Wochen und 1 Tag wurden die nicht schnabelkupierte Tiere in einen Volierenstall (Standort: Oberwiesenfeld) mit je vier identisch großen Abteilen in einer jeweils unterschiedlichen Anzahl eingestallt.

In diesem Versuch sollte nun auf die unterschiedlichen Besatzdichten derselben Linie in Volierenhaltung eingegangen werden.

Die Gruppengröße betrug im ersten Abteil 117 Hennen. Diese Tierzahl ergab sich aus der für die Größe dieser Voliere nach TierSchNutzV (2001) vorgeschriebenen Höchstzahl an Hennen [18 Hennen/m²]. Im zweiten, dritten und vierten Abteil befanden sich jeweils 75%, 50% bzw. 25% dieser Höchstzahl, nämlich 88, 59 bzw. 29 Legehennen. Zu jeder Gruppe wurde außerdem ein Hahn eingestallt.

Im weiteren Text werden die Gruppen zur Vereinfachung Gruppe 120, Gruppe 90, Gruppe 60 und Gruppe 30 genannt. Die Zahlen wurden dazu zur nächst höher liegenden geraden Zahl aufgerundet.

Die Versuchsdauer betrug eine Legeperiode, dies entsprach dem Zeitraum vom 4. September 2003 bis 16. Juli 2004.

Während der Aufzuchtphase wurde vom Tiergesundheitsdienst Bayern folgendes Impfprogramm durchgeführt: ND (3x), Salmonella (3x), IB (3x), Marek (2x), Gumboro (2x), AE (1x), Paracox (1x), E. coli (1x) und MG (1x).

Da die Volierenhaltung potentiell einen hohen Infektionsdruck ausübt, wurden die Legehennengruppen regelmäßig in vierteljährlichen Abständen gegen IB und ND nachgeimpft.

3.2 Aufstallung

3.2.1 Betrieb

Die Voliere befindet sich auf dem Gelände der Tierärztlichen Fakultät am Oberwiesenfeld, so dass Laboranalysen und ethologische Untersuchungen direkt vor Ort durchgeführt werden können.

Die Betriebsstation Viehhausen, ein Versuchsgut der TU München/Weihenstephan, lieferte das aus ökologischem Anbau stammende Futter für die Legehennen.

Tabelle 9: Zusammensetzung des Alleinfutters für Legehennen

Anteile der Rohstoffe	19% Rohprotein, 5% Rohfett, 5% Rohfaser, 12% Rohasche, 0,31% Methionin, 0,2% Natrium, 5% Calcium, 0,5% Phosphor, 11,0 MJ ME/kg
Zusammensetzung	Weizen, Mais, Erbsen, Sonnenblumenkuchen, Calciumcarbonat, Maiskleber, Kartoffeleiweiß, Mineralstoff, Grünmehl, Bierhefe, Öl
Zusatzstoffe	Mangan: 110 mg, Zink: 80 mg, Vitamin A: 10000 IE, Vitamin D3: 1000 IE, Vitamin B2: 3 mg

Dieses Futter wurde in Anlehnung an die Verordnung (EWG) Nr.2092/91 hergestellt und kontrolliert und enthielt maximal 20% konventionelle Futterbestandteile sowie mindestens 50% Futterbestandteile in anerkannter Ökoqualität.

3.2.2 Stallsystem

Die Voliere ist in vier gleich große Abteile unterteilt, welche wiederum mit Drahtgitter voneinander getrennt sind. Insgesamt fasst der Stall bei maximaler Belegung 466 Legehennen (nach dem Volierenmaßstab der TierSchNutzV, 2001). Die Voliereeinrichtung stammt von der Firma Big Dutchman, Typ Natura. In jedem der vier identischen Abteile befinden sich jeweils acht Doppellegenester mit einer Einzelgröße von 32x50 cm², die in zwei übereinander liegenden Reihen angeordnet sind. Vor den Nestreihen sind jeweils zwei querovale Holzstangen angebracht. Gegenüber sind zweietagige Kotbänder mit abgerundeten Kunststofflaufgittern montiert. Dort befinden sich auch die jeweils doppelten Futterbahnen und pro Abteil 17 Nippeltränken. Weitere Sitzstangen aus Rundmetall über den Laufgittern und über dem Bodenraum vervollständigen die Inneneinrichtung.

Insgesamt stehen den Hennen in einem Volierenblock eine nutzbare Fläche von 14,4 m² zur Verfügung.

Ein Lichtprogramm steuert flimmerfreie Spezialleuchtröhren unter den Nistplätzen bzw. zwischen Kotband und Boden. Dabei wurde die Hellphase innerhalb der ersten Wochen kontinuierlich bis auf 14 Stunden verlängert (von 6 Uhr bis 20 Uhr). Durchschnittlich beträgt die Lichtintensität in der Voliere 110,7 Lux, wobei Schwankungen zwischen Wandbereich (490 Lux), Etagen (untere: 118 Lux; obere 44 Lux) und Nestreihen (untere: 35 Lux, obere 8 Lux) auftreten. Eine Solltemperatur gesteuerte Unterdruck-Lüftungsanlage garantiert einen, dem Tierbesatz entsprechenden, optimalen Luftaustausch und hielt die Stalltemperatur konstant auf 20-21 °C. Bei der vorliegenden Voliere gibt es kein automatisches Eiertransportband, die Eier müssen somit täglich von Hand eingesammelt werden.

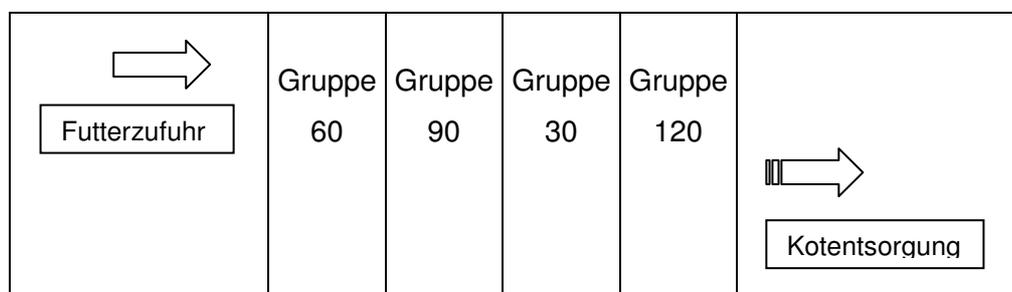


Abbildung 1: Übersicht über die Stallgrundfläche der Voliere und ihrer vier Gruppenabteile (kein Maßstab verwendet)

Tabelle 10: Vergleich der Vorschriften der Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung (2001) mit entsprechenden Stalldaten eines Volierenabteiles

Lokalisation	TierSchNutzV (2001)	Einzelnes Volierenabteil	Maximal einsetzbare Hennenanzahl/ Volierenabteil
<u>Fläche:</u> (Pkt.6)	Nutzbare Fläche 1 m ² / 9 Hennen	14,4 m ²	129 Hennen
	Stallgrundfläche 1 m ² / 18 Hennen	6,5 m ²	117 Hennen
<u>Futtertrog:</u> (Pkt.7 Abs.1)	Kantenlänge 10 cm / 1 Henne	1600 cm	160 Hennen
<u>Tränke:</u> (Pkt.7 Abs.2)	Nippeltränke 1 Nippel / 10 Hennen	17 Nippel	170 Hennen
<u>Nistplätze:</u> (Pkt.7 Abs.3)	Gruppenest: 1 m ² / 120 Hennen	8 „Doppelnester“, entspricht 1,28 m ²	153 Hennen
<u>Sitzstangen:</u> (Pkt.7 Abs.5)	15 cm / Henne	18,4 m	122 Hennen

3.3 Verhalten

3.3.1 Videobeobachtung

Um das Verhalten bzw. die Raumausnutzung bei unterschiedlichen Besatzdichten genau analysieren zu können, wurden einmal wöchentlich 12-Stunden-Aufnahmen gemacht, die von 8 Uhr bis 20 Uhr dauerten. Dazu waren vier Videosysteme im Einsatz, deren Kameras direkt in die Voliere installiert wurden.

Jeweils ein Gerät filmte dabei folgende Bereiche:

1. Beide Nestreihen mit Holzstangen
2. Oberes Laufgitter mit Futterband und Tränken
3. Unteres Laufgitter mit Futterband und Tränken
4. Scharraum

Da die Legehennen in der Voliere keinen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen und alle äußeren Einflussfaktoren konstant waren, erfolgten die Aufnahmen nacheinander jeweils ein Monat pro Abteil. Die Gruppen 120, 30, 90 und 60 wurden dazu in dieser Reihenfolge jeweils an 8 Tagen im Februar, März, April bzw. Mai gefilmt.

Die Auswertung erfolgte mittels der Recording Regeln nach MARTIN und BATESON (1986) und zwar speziell mit Hilfe des Scan Samplings. Dabei wurden in 15-Minuten-Abständen alle Hennen auf dem Bildschirm gezählt und das Verhalten jedes Individuums in diesem Moment aufgezeichnet.

Folgende Verhaltensmuster wurden viertelstündlich ausgewertet:

Tabelle 11: Funktionskreise am Beispiel der Hühnerhaltung in der Videobeobachtung (nach FÖLSCH ,1981, modifiziert)

Funktionskreise	Arteigene Verhaltensweisen
Nahrungsaufnahmeverhalten	Futtersuche und –auswahl, Futterpicken, Scharren, Trinken
Fortbewegungsverhalten	Gehen, Laufen, Fliegen, Flattern
Ruheverhalten	Stehen, Liegen, Schlafen, Dösen
Körperpflege und Komfortverhalten	Putzen, Fußstrecken, Flügelstrecken, Flügelheben, Flügelschlagen, Sandbaden, (Sonnenbaden), axiales Körperschütteln
Soziale Interaktionen	Soziales Picken, ohne dass sich der Partner entfernt, Hacken, Jagen, Kämpfen, Picken, Treten, sich ducken
Fortpflanzungsverhalten	Treiben, Walzen. Treten
Nestverhalten	Nestinspektion, Nest verlassen und betreten
Sonstiges	Erkundungsverhalten, Intensionsverhalten, Umschauen

3.3.2 Direktbeobachtung

Einmal wöchentlich wurden die vier Gruppen direkt beobachtet. Dabei sollte insbesondere auf die zwei Verhaltenskategorien Aggression und Picken eingegangen werden. Um eine gute Übersicht zu gewährleisten, wurden in allen Abteilen nur die Tiere im Scharrraum bewertet. Der Beobachtungszeitpunkt lag jede Woche im Zeitraum zwischen 12.30 Uhr und 13.50 Uhr, dadurch sollte eine tageszeitliche Schwankung ausgeschlossen werden. Damit eine eventuelle Beeinflussung der Hennen durch die beobachtende Person so gering wie möglich ausfiel, wurde jeder Gruppe vor der Verhaltensanalyse eine zehnminütige Adaptationszeit an den Beobachter gewährt. Dieser begutachtete die jeweiligen Tiere immer vom Nachbarabteil aus. Zusätzlich rotierte jede Woche die Reihenfolge der zu beobachtenden Abteile, um somit weiteren äußeren Einflüssen entgegen zu wirken.

Die beiden Verhaltenskategorien wurden folgendermaßen definiert:

Tabelle 12: Funktionskreise der Direktbeobachtung

Verhaltenskategorie	Verhaltensweise	Definition
Aggressionsverhalten	1. Verfolgen	Jagen eines Tieres von einem oder mehreren, so lange, bis es den Platz geräumt hat
	2. Hacken	Spontanes schnelles Angreifen mit dem Schnabel, mit kräftigen Pickbewegungen, kann zu Hautverletzungen führen
Picken	1. Federpicken	Gezieltes Anvisieren der Feder und neugieriges, untersuchendes Picken an dieser Stelle, wobei sich das angepickte Huhn entfernt

	2. Federziehen	Gezieltes Anvisieren der Feder und kräftiges Ziehen an dieser, bis zum eventuellen Auslösen des Federkieses
--	----------------	---

Die Auswertung erfolgte hier ebenfalls mit Hilfe der Recording Regeln (MARTIN und BATESON, 1986). Dazu wurden per Scan Sampling alle 60 Sekunden die sich in diesem Moment im Scharraum befindlichen Tiere gezählt. So konnte ein Mittelwert der anwesenden Hennen errechnet werden, der bei der späteren Auswertung als Bezugsgröße diente. Mittels Behaviour Sampling erhielt man die Anzahl an Hennen, die jeweils die oben genannten Verhaltensweisen in einem Zeitraum von 10 Minuten ausführten.

3.4 Leistung

3.4.1 Legeleistung

Durch tägliches Eiereinsammeln von Hand wurde die exakte Eianzahl der jeweiligen Gruppen erfasst. Um auch für einzelne Tage einen repräsentativen Wert zu erlangen war es notwendig, die Eier immer zur selben Uhrzeit zu zählen, in diesem Fall gegen 12 Uhr. Die so erlangten Zahlen konnten dann als Legeleistung pro Anfangshenne, das heißt Eianzahl geteilt durch ursprünglich eingestellte Hennenanzahl, wiedergegeben werden. Eventuelle Tierverluste wurden somit berücksichtigt.

3.4.2 Anteil verlegter Eier

Beim täglichen Stalldurchgang wurden alle außerhalb der Nester gelegten Eier erfasst und ihre Anzahl, sowie der Fundort, also Boden oder Laufgitter, angegeben.

3.5 Produktmerkmale

3.5.1 Eigewicht

Alle zwei Wochen wurde das exakte Gewicht sämtlicher Eier der vier Versuchsgruppen mit Hilfe einer Digitalwaage gemessen und ein Durchschnittsgewicht für jede Besatzdichte errechnet.

3.5.2 Knick-, Bruch- und Schmutzeier

Beim täglichen Eiereinsammeln wurden von der äußerlichen Norm abweichende Eier mit erfasst, gezählt und wie folgend eingeteilt:

1. Knickeier: besitzen keine intakte Schale, es sind Risse oder eingedrückte Stellen vorhanden, die innere Eihaut ist jedoch nicht beschädigt.
2. Brucheier: die Eischale sowie die Eihaut sind beschädigt.
3. Windeier: es ist keine Außenschale gebildet, die Flüssigbestandteile des Eies sind lediglich von der Eihaut umgeben.
4. Schmutzeier: von Kot bedeckte, meist verlegte Eier; ebenso mit Blut verschmierte Eier.

3.5.3 Bruchfestigkeit der Eierschalen

Im Zusammenhang mit der Bestimmung der Eigewichte, wurde ebenfalls alle zwei Wochen die Bruchfestigkeit von jeweils 10 zufällig ausgewählten Eiern pro Gruppe gemessen. Hierzu musste das Ei zwischen zwei Druckplatten im Messapparat nach RAUCH (1958) eingespannt werden. Die Druckkraft einer Schraubenfeder verstärkte sich durch Spindeldrehung so lange, bis das Ei zerbrach. In diesem Augenblick konnte die Kraft des ausgeübten Druckes in Kilopond am Gerät abgelesen werden. Für die Umrechnung in die heute übliche Größe Newton (N) wurde der Wert mit 9,81 multipliziert. Die Bruchfestigkeit ist abhängig von Schalendicke, Form und Struktur der Eischale.

3.5.4 Dicke der Eierschalen

In zweiwöchentlichen Abständen, nach der Bruchfestigkeitsmessung, wurden die jeweils 10 Eier pro Abteil aufgeschlagen und die nun leeren Eischalen mittels einer Schieblehre am Äquator vermessen. Um kein verfälschtes Ergebnis durch die

natürliche Krümmung der Schale zu erhalten, wurde diese dazu nur maximal zwei Millimeter in die Schieblehre eingebracht.

3.6 Immunologische Parameter

3.6.1 IgY-Untersuchung mittels ELISA

Die Immunglobulin Y Bestimmung im Eidotter erfolgte nach der von ERHARD et al. (1992) entwickelten Methode.

3.7 Physiologische Blutparameter

3.7.1 Entnahme und Aufbereitung der Proben

Alle 6 Wochen erfolgte bei jeweils 10 Hennen pro Abteil eine Blutentnahme. Die Tiere wurden nach dem Zufallsprinzip ausgewählt. Es war dazu notwendig, die Hennen aus allen Aufenthaltsbereichen der Voliere einzufangen. Das Blut konnte aus den Flügelvenen *Vena ulnaris* sowie *Vena basilica* entnommen werden. Dabei kamen 3 ml in 4,5 ml-Serum-Röhrchen (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Deutschland) und 0,5 ml in mit Kalium-EDTA beschichtete 9 ml-S-Monovetten®KE (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Deutschland). Unmittelbar nach der Blutentnahme fand eine Auswertung der Parameter im Labor statt.

3.7.2 Hämatokrit-Messung

Aus den direkt nach der Blutentnahme geschwenkten EDTA-Röhrchen wurde durch die wirkende Kapillarkraft von Mikrohämatokritröhrchen soviel Blut in diese gesaugt, dass sie mindestens zu einem Dreiviertel gefüllt waren. Daraufhin sorgte ein Spezial-Versiegelungskitt am Ende der heparinisierten Glaskapillare für deren sicheren Verschluss. In einer Hämatokrit-Zentrifuge wurde bei 5000 x g 3 Minuten zentrifugiert. Der Hämatokritwert, welcher den prozentualen Anteil der korpuskulären Blutbestandteile, also vorwiegend der Erythrozyten, angibt, konnte anschließend mittels einer Ableseschablone in Volumenprozent ermittelt werden.

3.7.3 Hämoglobin-Bestimmung

Die Auswertung des Hämoglobins erfolgte nach der Cyanhämoglobin-Methode. Hämoglobin wird durch Zusatz von Kaliumferricyanid in Methämoglobin

(Hämoglobin) umgewandelt und mit Hilfe eines Spektralphotometers gemessen. Dazu wurden 0,02 ml gekühltes EDTA-Blut mit je 5 ml Reaktionslösung (Hämoglobin[®], Boehringer Mannheim, Deutschland) vermischt, 2 ml dieses Gemisches in spezielle Küvetten überführt und mit dem Spektralphotometer bei einer Wellenlänge von 546 nm gemessen. Die Angaben erfolgten in g/dl (konventionelle Einheit: x 1,611 bzw. SI-Einheit: x 0,6207 mmol/l).

3.7.4 Calcium/Phosphor-Verhältnis

Calcium und Phosphor werden aus dem Blutserum bestimmt. Dazu wurde das Serumröhrchen nach der Blutentnahme zentrifugiert und das Serum vorsichtig abpipettiert. Mit dem Messgerät „Kone Delta“ (Fa. Boehringer Ingelheim) konnten sowohl die Calcium- als auch die Phosphorkonzentrationen photometrisch bestimmt werden. Dazu wurden zunächst die zur Messung notwendigen Reagenzien in die dafür vorgesehenen Behälter gegeben. Für die Calciumbestimmung waren dies: 0,2 mmol/l Arsenazo III, 100 mmol/l Imidazole-Puffer, Surfactant, Stabilisatoren bei einem pH von 6,75. Zur Phosphormessung wurden folgende Reagenzien benötigt: 260 mmol/l Schwefelsäure, 0,8 mmol/l Ammoniummolybdat, Surfactant, Puffer, Stabilisatoren, Füllstoffe bei einem pH-Wert von 1. Die jeweiligen Stoffe waren als fertige Reagenzien (Thermo Clinical Labsystems) erhältlich.

Als Kalibrator diente 50 µl lyophilisiertes Rinderserum, als Kontrollserum zur Qualitätskontrolle wurde die gleiche Menge humanes Serum (Thermo Clinical Labsystems) eingesetzt. Die Standardlösungen sowie die Serumproben (jeweils 100 µl) wurden nun in Küvetten pipettiert und in den Probenhalter gestellt. Dabei kontrollierte die Delta-Software die Eingabe und Benennung der einzelnen Proben. Nach Starten des Messvorgangs vermischte sich das Serum automatisch mit den zugehörigen Reagenzien, die Calcium-Ionen bildeten mit Arsenazo III einen stark gefärbten Komplex, dessen Menge bei 660 nm photometrisch gemessen wurde. Phosphor bildete mit Ammoniummolybdat einen gelben Komplex, dessen Intensität proportional zur Konzentration des anorganischen Phosphats in der Probe ist und bei 340 nm gemessen wurde.

3.8 Bonitierung

3.8.1 Beurteilung des Gefieders

Vom Tag der Einstellung an wurde alle 6 Wochen das Exterieur von 10 Legehennen pro Abteil beurteilt. Dazu war das Federkleid von den zufällig ausgewählten Tieren nach den Regionen Kopf/Hals, Rücken, Flügel, Schwanz und Brust/Bauch getrennt zu beurteilen und daraus ein Gesamteindruck zu ermitteln. Eine Erklärung des für die Bonitierung benutzten Schlüssels zeigt Tabelle 13.

Tabelle 13: Boniturschema für den Gefiederzustand der Legehennen

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

3.8.2 Erfassung von Verletzungen

Im Rahmen der Bonitierung wurden gleichzeitig auch Haut- und Kloakenverletzungen notiert.

3.9 Gesundheitsstatus und Ausfälle

Beim täglichen Rundgang durch die Voliere wurden alle Tiere, die erste Anzeichen einer Krankheit oder Verletzungen zeigen, einzeln untersucht. Waren mehrere Tiere erkrankt und die Herdengesundheit gefährdet, wurden Hennen mit deutlicher Symptomatik bzw. schon verendete Tiere in das Institut für Geflügelkrankheiten nach Oberschleißheim zu weiterführenden Untersuchungen gegeben. Traten

einzelne, spontane Todesfälle auf, wurden die Tiere ebenfalls nach Oberschleißheim verbracht.

3.10 Kotuntersuchung auf Parasiten

Einmal im Monat wurden Sammelkotproben von den Kotbändern der jeweiligen Gruppen entnommen und im sogenannten Anreicherungsverfahren quantitativ auf Endoparasiten untersucht. Beim Flotationsverfahren wurden von den Kotproben je 4 g in 40 ml einer gesättigten Kochsalzlösung (37,5 g NaCl in 100 ml Wasser) gegeben, mit dem Mörser verteilt und das Gemisch durch ein Teesieb in ein Becherglas gefiltert. Da die Dichte des Salzwassers (1,2 bei 20°C) höher ist als die der Wurmeier, schwimmen diese an die Oberfläche und reichern sich innerhalb von 20 Minuten unter einem vorher aufgelegten Deckglas an. Nachdem dieses mit Hilfe einer Pinzette auf einen Objektträger gelegt wurde, konnte man die Probe unter dem Mikroskop bei 100 bis 400facher Vergrößerung mäanderförmig nach Wurmeiern durchsuchen.

3.11 Post mortem - Untersuchungen

3.11.1 Pathologische Untersuchung

Am Ende der Legeperiode wurden aus jeder Gruppe 10 Hühner zufällig ausgewählt und, nach einer tierschutzgerechten Tötung, einer Sektion unterzogen.

3.11.2 Messung der Knochenbruchfestigkeit

Während der Sektion wurden bei 10 Hennen pro Gruppe beidseits der Oberschenkelknochen (Femur) ausgelöst, von Muskulatur und Sehnen befreit und dann bis zur weiteren Untersuchung mit in 0,9% Salzlösung getränkter Gaze umwickelt und bei -20°C tiefgefroren.

Nachdem die Knochen wieder aufgetaut waren, wurde ihre Bruchfestigkeit mit der Materialprüfmaschine „Z005“ (DO-FB 005 TS) der Firma Zwick/Roell gemessen. Mit der zugehörigen Software „testXpert“ konnte der einfache Druckversuch ausgewertet und dargestellt werden.

Dazu wurde ein Knochen rechts und links jeweils auf eine Platte aufgelegt, deren Abstände 113 mm betragen. In diesem Fall lag die kraniale Fläche der Femurkondylen unten auf der Platte und somit die konkave Femurseite zwischen

den zwei Platten oben. Der Druckstößel fuhr nun mit einer Vorkraft von 5 N und einer Vorkraftgeschwindigkeit von 50 mm/Min herunter. Sobald ein Widerstand durch den Knochen vom Gerät gemessen werden konnte (Kraftschwelle=10 N), verlangsamte sich die Prüfgeschwindigkeit auf 30 mm/Min. Die maximale Längenänderung war auf 10 mm Dehnung eingestellt. Es war dem Gerät möglich bis zu 5000 N aufzuwenden um den Knochen zu brechen. Die dazu maximal benötigte Kraft (F_{max}) wurde dann in einem Ergebnisprotokoll in Newton angegeben. Die Dehnung, die der Knochen vom Beginn der Druckausübung an bis zum Durchbrechen erfuhr, wurde in mm gemessen.

3.12 Schadgasmessungen (Ammoniak)

Alle zwei Wochen wurden vier definierte Stellen in den jeweiligen Volierenabteilen mit Hilfe eines MiniWarn®-Meßgerätes auf den Ammoniakgehalt hin überprüft. Dazu wurde das Gerät 20-30 cm, also auf Höhe der Hennenköpfe, über Scharraum, beiden Laufbänder sowie Nesterreihen gehalten, und nach kurzer Adaptionszeit die entsprechenden Werte notiert.

3.13 Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte deskriptiv mittels der Computer-Software Microsoft Excel® 2003 (Fa. Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) und schließend mittels SigmaStat® 3.01 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Die Statistik der Ergebnisse begann mit Test auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov`s Test mit Korrektur nach Lilliefors) und auf Gleichverteilung (Levene`s Median Test), welche automatisch durch das Programm SigmaStat® 3.01 durchgeführt wurden. Erfüllten die Daten beide Kriterien, so wurden parametrische Tests angewandt: für den Vergleich zweier Versuchsgruppen der ungepaarte t -Test und für den Vergleich von Ergebnissen einer Versuchsgruppe vor und nach einer bestimmten Behandlung der gepaarte t -Test nach Student. Zum Vergleich mehrerer Gruppen wurde die einfaktorielle Varianzanalyse mit anschließendem Student-Newman-Keuls-Test bzw. Dunn`s Methode durchgeführt. Diese Werte wurden als arithmetische Mittelwerte gemeinsam mit dem Standardfehler des Mittelwertes (SEM) dargestellt. Fiel der Test auf Normalverteilung oder Gleichverteilung negativ aus, so wurde der Vergleich zweier Versuchsgruppen mit Hilfe des Mann-Whitney-Rangsummentests durchgeführt. Der Vergleich mehrerer

Gruppen erfolgte durch die rangorientierte Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis und dem anschließenden Student-Newman-Keuls-Test bzw der Dunn`s Methode. Diese Werte wurden, wenn nicht anders angegeben, als Mediane mit „Box and Whiskar“ (25/75% Quartil und 5/95% Perzentil) dargestellt.

Die Ergebnisabbildungen wurden mit der Computer-Software *SigmaPlot*[®] 8.02 (SPSS inc., Chicago, IL, USA) erstellt. Wahrscheinlichkeitswerte (p) kleiner als 0,05 wurden als statistisch signifikant angesehen und sind entsprechend gekennzeichnet. Höhere Signifikanzniveaus als $p < 0,01$ wurden nicht gesondert angegeben. Die Stichprobenanzahl, d.h. die pro Versuch verwendete Anzahl von Proben stellte sich als „n“ dar, während „N“ der Anzahl der für diese Beobachtung verwendeten Versuchstiere entsprach.

4 Ergebnisse

4.1 Verhalten

4.1.1 Videobeobachtung

Die Videobeobachtungen gaben Aufschlüsse über das Ausführen der wichtigsten Verhaltensweisen sowohl in den verschiedenen Lokalisationen der Voliere als auch in Abhängigkeit von der Besatzdichte. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die beobachteten Ergebnisse. Addiert man den Anteil der einzelnen Verhaltensweisen, so ergeben sich daraus keine 100%, da die Hennen sowohl in den Nestern als auch diejenigen, die sich im Scharraum unter dem Kotband aufhielten, nicht erfasst werden konnten.

Tabelle 14: Anteil des Nahrungsaufnahmeverhaltens im Tagesverlauf in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die in einem vorgegebenen Zeitraum Nahrungsaufnahmeverhalten zeigten, in ein % Verhältnis zur jeweiligen Gesamthennenzahl gesetzt; n=8 Tage (à 12h) pro Gruppe. a,b,c: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test)

Gr.	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	44,0%	a,b	50,0%	a,b	60,0%	a,b	51,3%	a
60	44,4%	a	53,6%	a,c	60,4%	a	52,8%	a
90	40,4%	b	46,8%	b	49,6%	c	45,6%	b
120	48,4%	c	56,8%	c	56,0%	b	53,7%	b

Das Nahrungsaufnahmeverhalten aller vier Gruppen steigerte sich im Laufe des Tages um bis zu 15%, die Gruppe 90 verbrachte mit 40 bis 50% dabei am wenigsten Zeit mit Fressen bzw. mit Bodenpicken im Scharraum, was ebenfalls zum Nahrungsaufnahmeverhalten zählt. Vormittags und mittags lag die Gruppe 120 in der Ausübung dieses Verhaltens deutlich vor den anderen, Gruppe 30 und 60 zeigten während des gesamten Tages keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 15: Anteil des Ruheverhaltens im Tagesverlauf in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die in einem vorgegebenen Zeitraum Ruheverhalten zeigten, in ein % Verhältnis zur jeweiligen Gesamthennenzahl gesetzt; n=8 Tage (à 12h) pro Gruppe. a,b,c : unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede; $p < 0,05$, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Gr.	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	11,2%	a	4,52%	a	5,76%	a	7,16%	a
60	10,6%	b,c	4,60%	b	6,40%	b	7,20%	b
90	10,8%	c	8,24%	b	8,48%	c	9,17%	c
120	8,52%	a,b	7,72%	a,b	6,84%	d	7,69%	b

Während des Vormittags ruhten im Vergleich zu anderen Tageszeiten die meisten Hennen. Gruppe 30 und 60 reduzierten diese Verhaltensweise mittags um über 50%, abends nahm sie wieder etwas zu. Die Gruppen 90 und 120 dagegen hielten ihren Anteil an ruhenden Hennen fast den ganzen Tag über konstant.

Tabelle 16: Anteil der Fortbewegung im Tagesverlauf in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die sich in einem vorgegebenen Zeitraum fortbewegten, in ein % Verhältnis zur jeweiligen Gesamthennenzahl gesetzt; n=8 Tage (à 12h) pro Gruppe. a,b,c : unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede; $p < 0,05$, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Gr.	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	12,9%	a	18,4%	a	18,0%	a	16,4%	a
60	8,80%	b	9,72%	b	11,4%	b	9,97%	b
90	9,12%	c	10,2%	c	10,9%	c	10,1%	c
120	4,72%	d	5,84%	d	6,92%	c	5,83%	d

Im Fortbewegungsverhalten unterschieden sich alle vier Gruppen signifikant voneinander. Dabei zeigte die Gruppe 30 die meiste Aktivität, im Vergleich zur Gruppe 120 lag diese um das vier bis fünffache höher. Eine Proportionalität zur Besatzdichte konnte jedoch nicht festgestellt werden, da die Gruppe 90 noch

aktiver war als die Gruppe 60. Insgesamt stieg bei allen vier Gruppen das Fortbewegungsverhalten im Laufe des Tages an und fand in den Abendstunden ihr Maximum.

Tabelle 17: Anteil des Komfortverhaltens im Tagesverlauf in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die in einem vorgegebenen Zeitraum Komfortverhalten zeigten, in ein % Verhältnis zur jeweiligen Gesamthennenzahl gesetzt; n=8 Tage (à 12h) pro Gruppe. a,b,c : unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede; $p < 0,05$, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Gr.	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	10,2%	a,b	12,8%	a	6,72%	a	9,91%	a
60	7,56%	a	6,56%	b	2,84%	a	5,65%	a
90	5,64%	b	7,68%	a,b	5,64%	b	6,32%	b
120	7,80%	c	8,72%	a	6,68%	c	7,73%	c

Während in den Gruppen 30 und 60 tageszeitliche Schwankungen des Komfortverhaltens zu beobachten waren, führten die Gruppen 90 und 120 im gesamten Tagesverlauf ihr Komfortverhalten in gleichbleibender Häufigkeit aus.

Tabelle 18: Anteil des Nestinspektionverhaltens im Tagesverlauf in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die in einem vorgegebenen Zeitraum Nestinspektionverhalten zeigten, in ein % Verhältnis zur jeweiligen Gesamthennenzahl gesetzt; n=8 Tage (à 12h) pro Gruppe. a,b,c : unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede; $p < 0,05$, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Gr.	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	9,20%	a	1,75%	a	0,74%	a	3,90%	a
60	10,5%	b	5,00%	b	3,37%	b	6,29%	b
90	10,6%	b	4,24%	c	1,50%	a	5,45%	b
120	13,8%	c	3,73%	c	3,15%	b	6,89%	c

In allen Gruppen wurden die Nester vormittags am häufigsten inspiziert. Zum Abend hin sank der Anteil stark ab. Vormittags lag die Gruppe 120 mit über 13% vorn, die Gruppe 30 nahm mit unter 10% den letzten Platz ein.

Tabelle 19: Anteil des Nestbetretens bzw. -verlassens im Tagesverlauf in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die in einem vorgegebenen Zeitraum ein Nest betraten bzw. verließen, in ein % Verhältnis zur jeweiligen Gesamthennenzahl gesetzt; n=8 Tage (à 12h) pro Gruppe. a,b,c: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede; $p < 0,05$, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Gr.	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	1,84%	a	0,55%	a	0%	a	0,80%	a,c
60	0,93%	a	1,37%	b,c	1,81%	b	1,37%	b
90	0,73%	a	0,81%	a,b	0,65%	a	0,73%	c
120	1,86%	b	1,45%	c	1,48%	b	1,60%	d

Die Frequenz des Nestbetretens bzw. -verlassens zeigte bei fast allen Gruppen vormittags ihren Höhepunkt und nahm zum Abend hin ab, wobei der Anteil der Gruppen 90 und 120 nur um wenige Zehntel sank, wohingegen die Gruppe 30 mittags nur noch ein Drittel der Ausgangswerte und abends gar kein Nestbetreten/-verlassen mehr zeigte. Eine Steigerung im Tagesverlauf war bei Gruppe 60 zu beobachten.

Tabelle 20: Anteil des Ruheverhaltens im Tagesverlauf in Abhängigkeit von der Lokalisation und von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die in einem vorgegebenen Zeitraum und an einem bestimmten Ort der Voliere Ruheverhalten zeigten, jeweils in ein % Verhältnis zur jeweiligen Gesamthennenzahl gesetzt; n=8 Tage (à 12h) pro Gruppe. UK=Unteres Kotband, OK=Oberes Kotband, SR=Scharraum; a,b,c: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede; $p < 0,05$, Mann-Whitney Rank Sum Test)

NESTER	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	3,00%	a	3,77%	a	1,00%	a	2,59%	a
60	8,60%	b	5,40%	b	3,52%	b	5,84%	b,c
90	7,27%	b	4,56%	c	5,08%	c	5,64%	b
120	4,96%	c	4,68%	c	4,44%	c	4,69%	c
UK	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	15,8%	a	11,5%	a	8,00%	a	11,7%	30vs120 60 vs 90 90vs120
60	7,72%	b,c	7,32%	a,b	6,64%	a	7,23%	
90	9,16%	b	7,68%	a	8,00%	b	8,28%	
120	7,20%	c	5,64%	b	5%	a	5,95%	
OK	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	23,0%	a,b	18,9%	-	12,0%	a	17,97%	-
60	24,1%	a	17,8%	-	12,6%	a	18,17%	-
90	24,0%	a	15,9%	-	17,3%	b	19,07%	-
120	21,1%	b	18,2%	-	14,8%	b	18,03%	-
SR	Vormittag	p	Mittag	p	Abend	p	Gesamt	p
	8-12 Uhr		12-16 Uhr		16-20 Uhr			
30	3,0%	30 vs	2,75%	a	1,47%	a	2,41%	a
60	1,87%	60	3,90%	b	2,73%	b	2,83%	b
90	2,80%	90 vs	4,96%	b	3,57%	b	3,78%	c
120	0,84%	120	2,33%	a,b	3%	a,b	2,06%	d

Auf allen Ebenen ruhten die vier Gruppen am häufigsten vormittags, zum Abend hin nahm der Anteil an dieser Verhaltensweise ungefähr um die Hälfte ab. Im Vergleich zu den anderen Volierenlokalisationen trat das Ruheverhalten auf dem oberen Kotband am häufigsten auf, gefolgt vom unteren Kotband und den Sitzstangen vor den Nestern. Im Scharraum gab es nur wenig ruhende Hennen. Bei der Gruppe 30 fiel auf, dass ihr Anteil am Ruheverhalten auf dem unteren Kotband doppelt so hoch lag wie bei den anderen Gruppen, dafür ruhten auf den Nestreihen nur halb so viel Hennen im Vergleich zu den anderen Besatzdichten.

Tabelle 21: Anteil verschiedener Verhaltensweisen, die im Scharraum ausgeführt wurden, im Tagesdurchschnitt in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die im Verlauf des Tages die jeweilige Verhaltensweise im Scharraum zeigten, in ein % Verhältnis zur jeweiligen Gesamthennenzahl gesetzt; n=8 Tage (à 12h) pro Gruppe. a,b,c: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede ; p<0,05, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Gruppe	Fortbew.	p<0,05	Ruhe	p<0,05	Komfort	p<0,05	Nahrung	p<0,05
30	14,9%	a	2,22%	a	6,69%	a	27,2%	a
60	9,25%	a,b	2,78%	b	4,01%	a	31,7%	b
90	9,25%	a	3,80%	c	6,74%	b	20,6%	a
120	6,48%	b	1,96%	b	7,35%	c	22,8%	a
Durchschn.	9,98%		2,69%		6,20%		25,6%	

Im Scharraum verbrachten bei allen Gruppen bis knapp ein Drittel der Hennen mit dem Nahrungsaufnahmeverhalten, wozu hier vor allem das Picken nach Einstreu, Futter- und Staubpartikeln zählt. Die Gruppe 60 lag dabei mit über 30% vorne, gefolgt von der Gruppe 30 und, mit etwa 20%, von den Gruppen 90 und 120. An zweiter Stelle stand das Fortbewegungsverhalten, welches von der Gruppe 30 am häufigsten ausgeführt wurde, wohingegen der Anteil der Gruppe 120 in diesem Fall noch hinter dem des Komfortverhaltens lag. Dieses belegte bei den anderen Gruppen Rang drei; geruht wurde im Scharraum am wenigsten.

Das Verhalten der Hähne in den jeweiligen Gruppen stellte sich wie folgend dar. Der Hahn der Gruppe 30 hielt sich vorwiegend im Volierenbereich „unteres Kotband“ auf, wo er hauptsächlich ruhte und mit der Nahrungsaufnahme beschäftigt war. Wechselte er seinen Aufenthaltsort, wurde er meistens von einer kleinen Gruppe, bestehend aus 3-5 Hennen, begleitet.

Der Hahn der Gruppe 60 wechselte sehr häufig seinen Aufenthaltsort von „unteres Kotband“ zu „oberes Kotband“ zu „Scharraum“. Außer mit Ruhen und Nahrungsaufnahme verbrachte er einen Großteil der Zeit mit Fortbewegung und Fortpflanzungsverhalten. Auffällig war, dass er bei allen seinen Aktionen von mindestens immer 10-15 Hennen umringt und begleitet wurde.

Der Hahn der Gruppe 90 hielt sich während den Videobeobachtungen nur im Volierenbereich „unteres Kotband“ auf, wo er neben der Nahrungsaufnahme vor allem mit Komfortverhalten, aber auch mit Fortbewegung beschäftigt war. Die Hennen gingen nicht näher auf ihn ein.

Der Hahn der Gruppe 120 war vorwiegend auf den Sitzstangen vor den Nestern zu finden, wo er die meisten Zeit mit Ruhen verbrachte. Daneben übte er vor allem Komfortverhalten aus. Zur Nahrungsaufnahme hielt er sich ausschließlich im Volierenbereich „oberes Kotband“ auf. Die Hennen gingen nicht näher auf ihn ein.

4.1.2 Direktbeobachtung

Die Gruppe 120 unterschied sich mit 0,09 Verfolgungsaktionen pro anwesendes Huhn signifikant von den anderen Gruppen (siehe Abb. 2), deren Medianwerte bei 0 (Gruppe 30), 0,02 (Gruppe 60) bzw. bei 0,037 (Gruppe 90) lagen.

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode traten abwechselnd Maxima und Minima auf, wobei im letzten Drittel des Untersuchungszeitraumes die Anzahl an Verfolgungsaktionen bei den Gruppen 30, 60 und 90 leicht abnahmen. Abgesehen davon ließen sich keine zeitlichen Korrelationen erkennen.

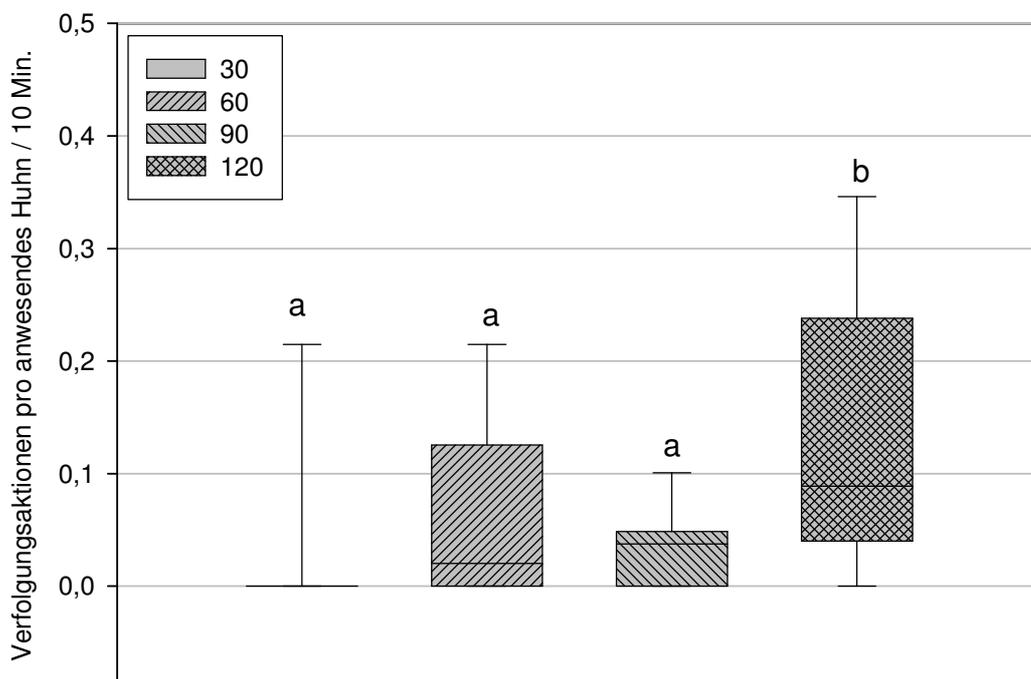


Abbildung 2: Anteil der Verfolgungsaktionen im Scharraum, die in einem Zeitraum von 10 Minuten ausgeführt wurden, in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die innerhalb von 10 Minuten Verfolgungsaktionen im Scharraum zeigten, in ein Verhältnis zur jeweiligen in diesem Zeitraum im Scharraum anwesenden Hennenanzahl gesetzt; $n=26$ pro Gruppe. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p<0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test)

Die Gruppe 120 wies beim Ausführen von Hackaktionen (siehe Abb. 3) signifikante Unterschiede zu den übrigen drei Gruppen auf. Mit einem Medianwert von 0,09 Hackaktionen pro anwesendes Huhn hob sie sich deutlich von den bei 0 (Gruppen 30 und 60) sowie bei 0,02 (Gruppe 90) liegenden Werten ab.

Im zeitlichen Verlauf fiel auf, dass während der Legeperiode durchgehend gleichmäßige Schwankungen auftraten, eine fortlaufende Tendenz nach oben oder unten ließ sich dabei nicht erkennen. Die Werteverteilung der Gruppen 30, 60 und 90 lag jedoch deutlich im unteren Bereich ($<0,1$), wohingegen die Hackaktionen der Gruppe 120 öfters zwischen 0,2 und 0,3 Hackaktionen/Huhn lagen. Eine Ausnahme bildete hiervon die Gruppe 30, die nach der Hälfte des Untersuchungszeitraumes kein Hacken mehr ausführte.

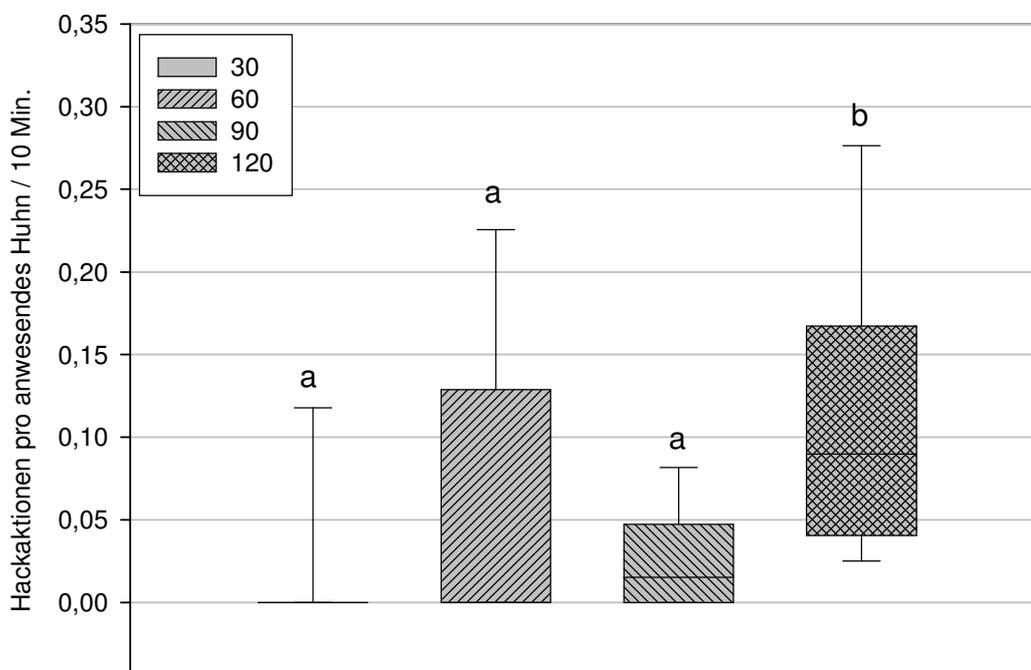


Abbildung 3: Anteil der Hackaktionen im Scharraum, die in einem Zeitraum von 10 Minuten ausgeführt wurden, in Abhängigkeit von der Besatzdichte

(Es wurde die Anzahl der Hennen, die innerhalb von 10 Minuten Hackaktionen im Scharraum zeigten, in ein Verhältnis zur jeweiligen in diesem Zeitraum im Scharraum anwesenden Hennenzahl gesetzt; $n=26$ pro Gruppe. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede , $p<0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test)

Beim Ausführen des Federpickens (siehe Abb. 4) lagen die Gruppen 30 und 90 mit 0,37 bzw. 0,32 Federpickaktionen pro anwesendes Huhn auf Rang eins. Signifikant niedrigere Medianwerte wies die Gruppe 120 mit 0,15 Federpickaktionen pro anwesendes Huhn auf. Gruppe 60 lag mit einem Medianwert von 0,3 dazwischen.

Im zeitlichen Verlauf der wöchentlich durchgeführten Direktbeobachtungen traten zwar bei allen vier Gruppen Schwankungen auf, diese ließen jedoch keinerlei zeitabhängige Tendenz erkennen.

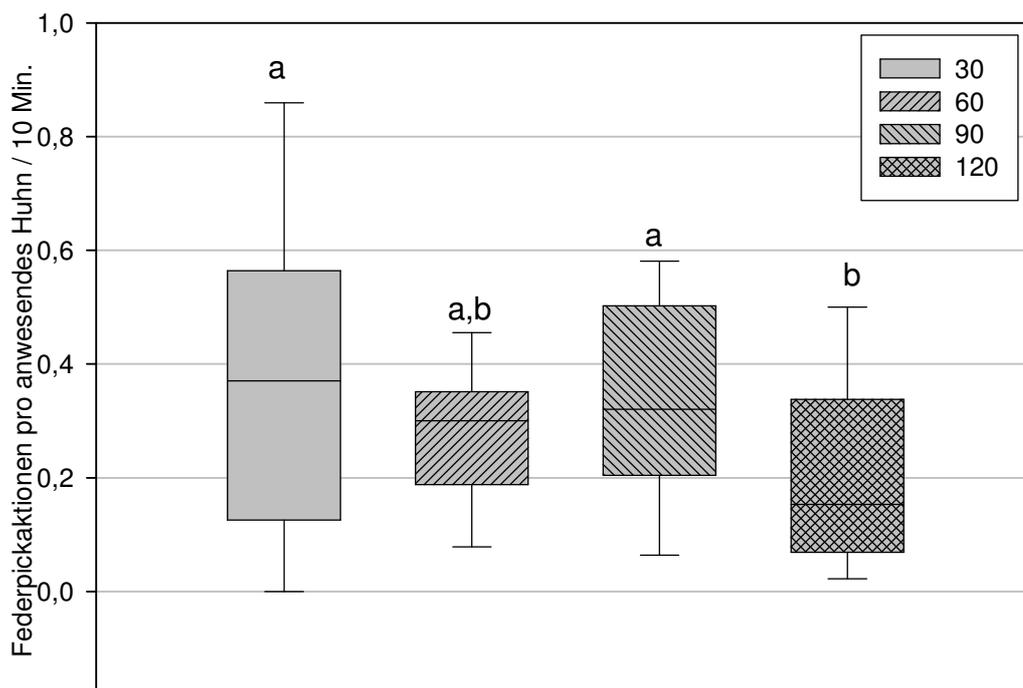


Abbildung 4: Anteil der Federpickaktionen im Scharraum, die in einem Zeitraum von 10 Minuten ausgeführt wurden, in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die innerhalb von 10 Minuten Federpickaktionen im Scharraum zeigten, in ein Verhältnis zur jeweiligen in diesem Zeitraum im Scharraum anwesenden Hennenzahl gesetzt; $n=26$ pro Gruppe. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschied, $p<0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test, t-Test)

Während sich die Gruppen 60, 90 und 120 beim Federziehen (siehe Abb. 5) mit Medianwerten von 0,08, 0,12 bzw. 0,13 auf ähnlichem Größenniveau befanden, unterschied sich die Gruppe 30 signifikant von ihnen. Mit einem Medianwert von 0,25 Federziehaktionen pro anwesendes Huhn setzte sie sich an die Spitze. Im zeitlichen Verlauf wurde das gehäufte Auftreten dieser Verhaltensweise in der Gruppe 30 deutlich, die teilweise Werte von bis zu 4 Federziehaktionen je anwesendes Huhn und 10 Minuten annahmen. Insgesamt ließ sich auch hier keine zu- oder abnehmende Tendenz zu einem bestimmten Zeitpunkt erkennen.

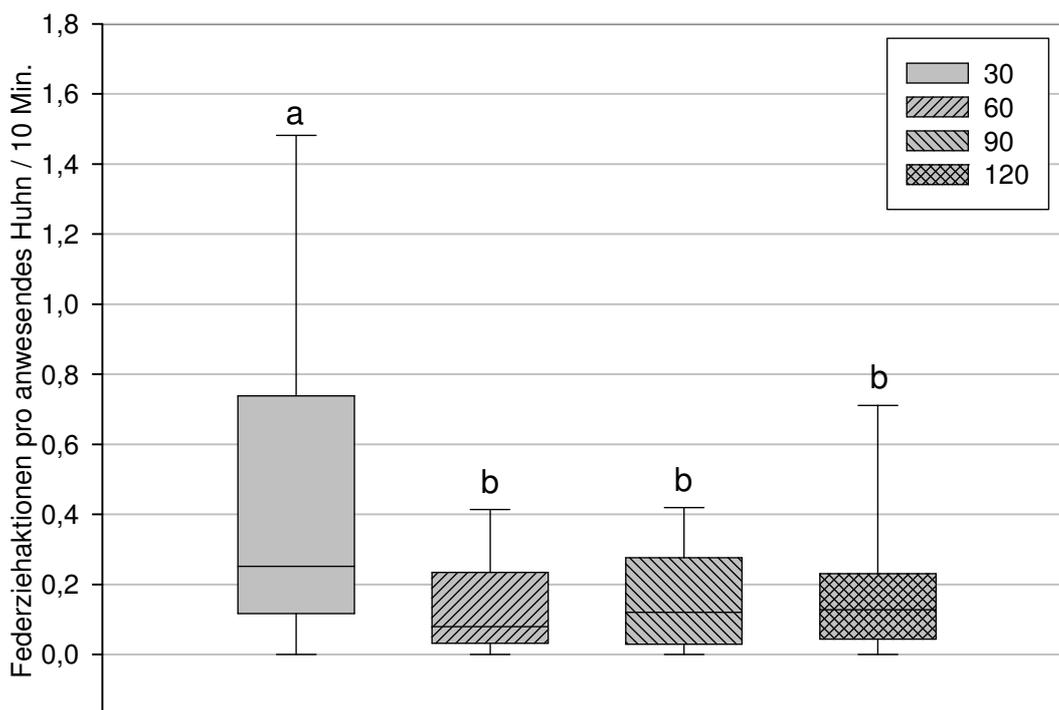


Abbildung 5: Anteil der Federziehaktionen im Scharraum, die in einem Zeitraum von 10 Minuten ausgeführt wurden, in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der Hennen, die innerhalb von 10 Minuten Federziehaktionen im Scharraum zeigten, in ein Verhältnis zur jeweiligen in diesem Zeitraum im Scharraum anwesenden Hennenzahl gesetzt; $n=26$ pro Gruppe. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede , $p<0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test)

4.2 Leistung

4.2.1 Legeleistung

Mit einer Gesamtlegeleistung von median 87,5% bzw. 87,7% lagen die Gruppen 60 und 120 auf vorderer Position (siehe Abb. 6). Signifikante Unterschiede ergaben sich dabei zwischen Gruppe 60 und den mit 85,3% bzw. 85,2% darunter liegenden Medianwerte der Gruppen 30 bzw. 90.

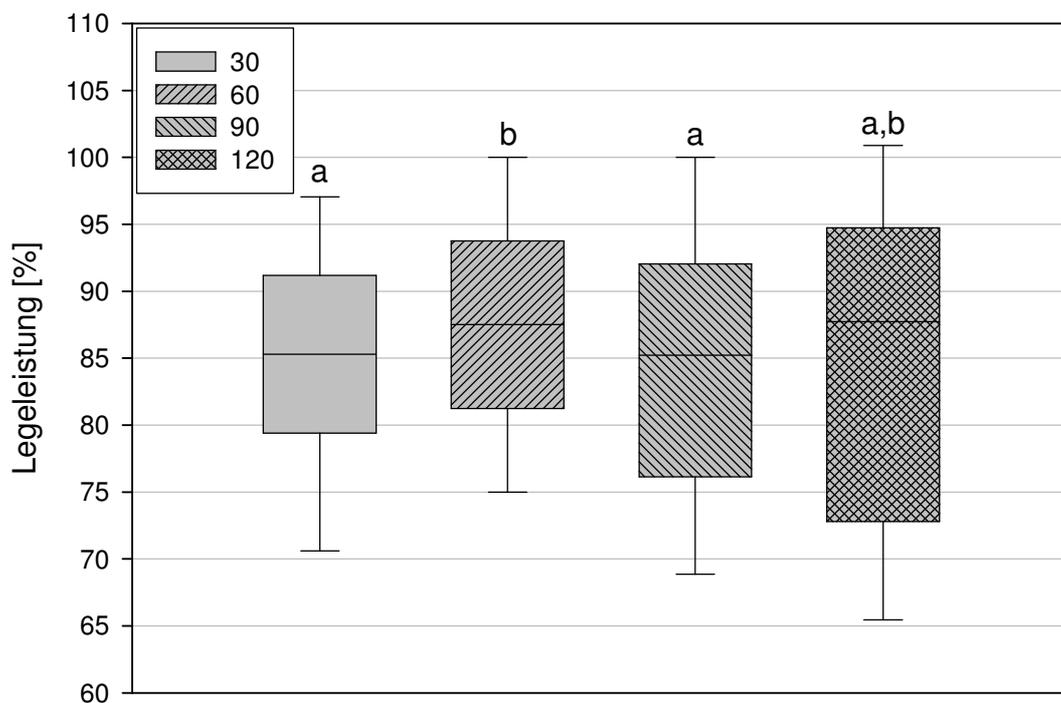


Abbildung 6: % Anteil der Legeleistung, die über die gesamte Legeperiode erbracht wurde, in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde die Zahl der täglich gelegten Eier in ein % Verhältnis zur jeweiligen Anfangshennenzahl gesetzt. Beginn war der Zeitpunkt, an dem auf drei aufeinanderfolgenden Tagen über 50% der Hennen ein Ei legten; n=274-277 (je nach Erreichen der 50% Legeleistung). a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p < 0,05$; Dunn's Method, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (siehe Abb. 7) zeigte sich bei allen Gruppen ein Maximum der Legeleistung in der 26. bis 32. Lebenswoche. Es wurden Spitzenwerte von jeweils 91,2% der Gruppe 30, 96,2% der Gruppe 60, 94,8% der Gruppe 90 und 96,6% der Gruppe 120 erreicht. Bis zur 50. Lebenswoche lag die Legeleistung der Gruppen 60 und 120 signifikant höher als die der Gruppen 30 und 90. Wie im Verlauf zu sehen ist, wichen die Gruppen 30 und 60 auch am Ende der Legeperiode nur geringgradig von ihrem erreichten Maximumwert ab (um die 80%), wohingegen die Legeleistung der Gruppe 120 deutlich absank und nur noch einen Anteil von 68% erreichte.

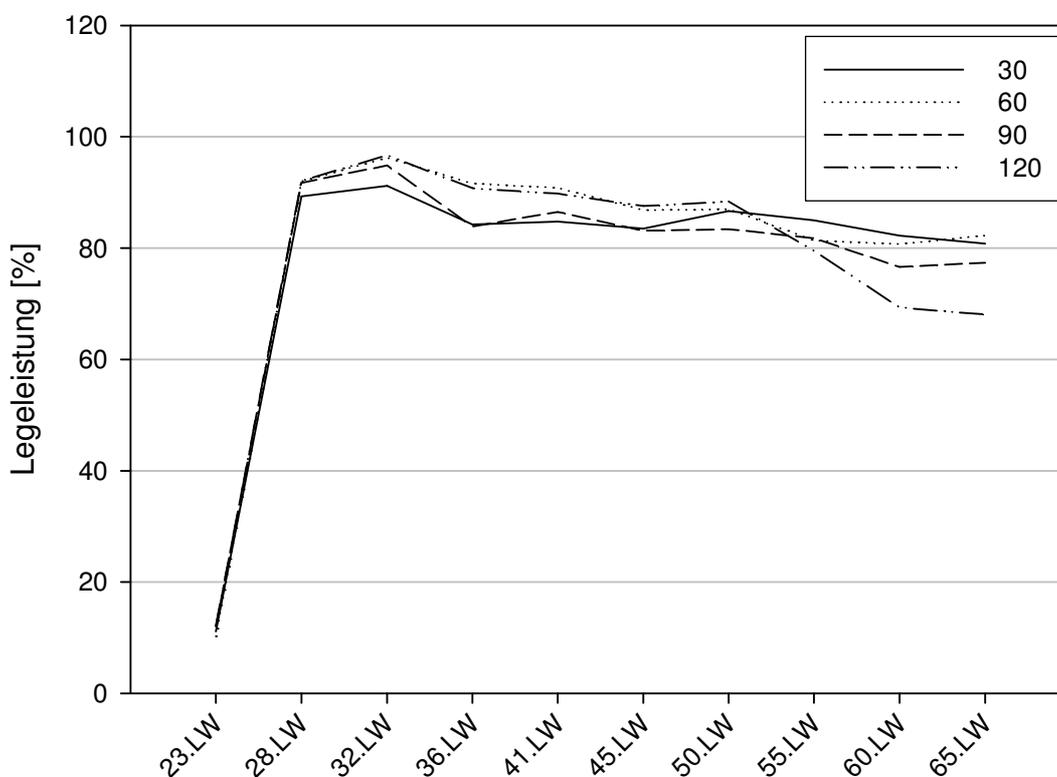


Abbildung 7: Anteil der Legeleistung im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde die Zahl der täglich gelegten Eier in ein % Verhältnis zur jeweiligen Anfangshennenzahl gesetzt; n=30 pro Gruppe und Zeiteinheit. Dunn`s Method, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Um einen Überblick über die tatsächliche Legeleistung am Ende der Legeperiode zu bekommen, wurde für den letzten Legemonat die Legeleistung pro aktuelle Hennenzahl berechnet. Die relativ hohen Ausfälle der Gruppe 120 konnten somit berücksichtigt werden. Dabei ergab sich eine Legeleistung von 83,3% (Gruppe 30), 86,5% (Gruppe 60), 83,2% (Gruppe 90) und 80,8% (Gruppe 120).

4.2.2 Anteil verlegter Eier

Die höchste Rate an verlegten Eiern mit 1,12% zeigte die Gruppe 120 (siehe Abb. 8). Sie wies somit einen signifikanten Unterschied zu allen übrigen Gruppen auf, deren Medianwert bei 0% lag. Die Mittelwerte der Gruppen 30, 60, 90 und 120 lagen bei 1,41%, 0,82%, 1,19% bzw. bei 1,55%.

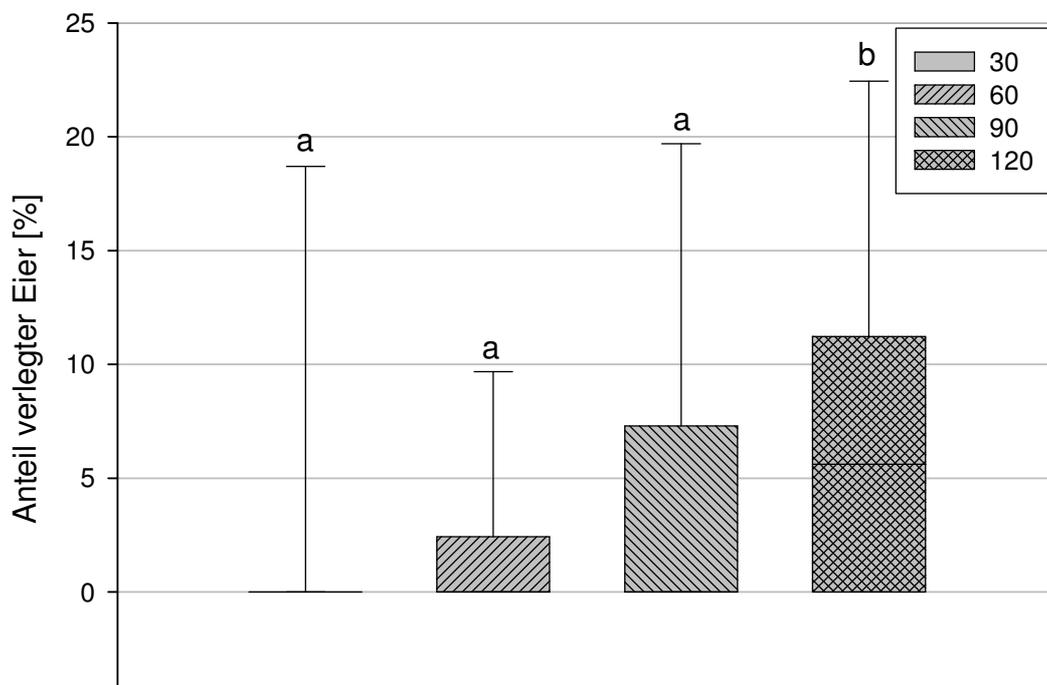


Abbildung 8: % Anteil der verlegten Eier während der gesamten Legeperiode in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde die Zahl der täglich verlegten Eier in ein % Verhältnis zur jeweils durchschnittlich gelegten Eizahl pro Tag gesetzt; $n=301$ pro Gruppe. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p<0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test)

4.3 Produktmerkmale

4.3.1 Eigewicht

Die Eigewichte der Gruppe 30 lagen mit einem Medianwert von 64,8 g signifikant vor denjenigen der Gruppe 90 mit 63,5 g (siehe Abb. 9). Die Gruppen 60 und 120 nahmen mit Medianwerten von 63,8 g bzw. 64,2 g einen Zwischenplatz ein.

Die Mittelwerte der Gruppen 30, 60, 90 und 120 lagen bei 64,5 g, 63,8 g, 63,8 g bzw. bei 64,2 g.

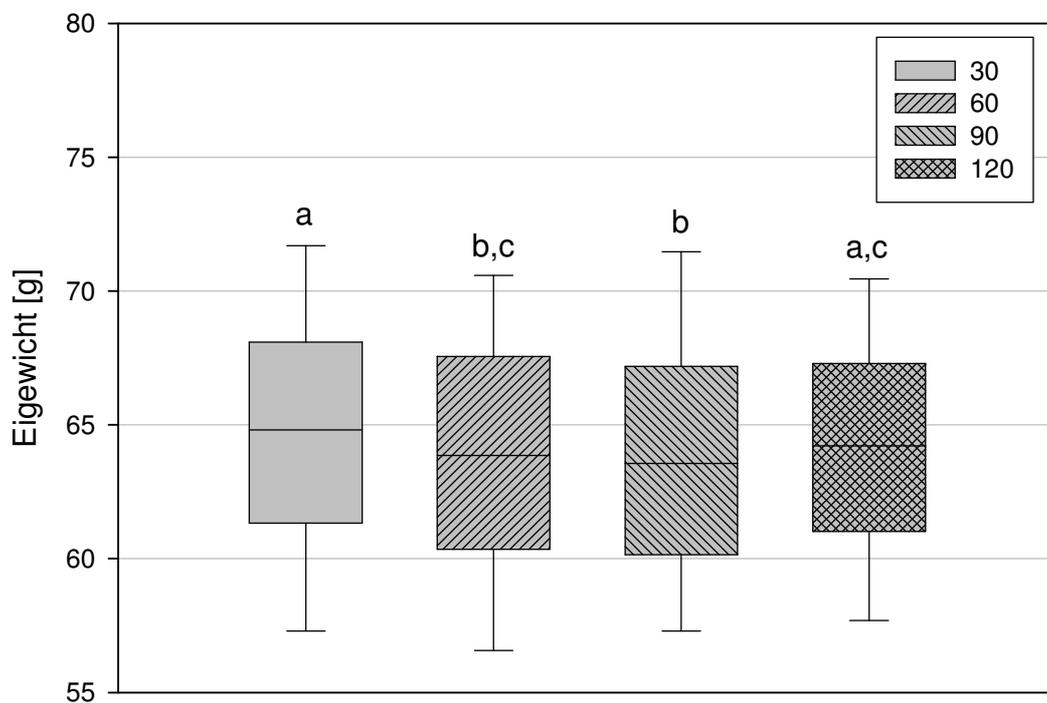


Abbildung 9: Durchschnittliches Eigewicht in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurden in zweiwöchigen Abständen die Gewichte sämtlicher gelegter Eier der jeweiligen Gruppen bestimmt; $n=536$ (Gruppe 30), $n=992$ (Gruppe 60), $n=1272$ (Gruppe 90), $n=1622$ (Gruppe 120). a,b,c: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p<0,05$; Dunn's Method, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (siehe Abb. 10) zeigte sich, dass mit Beginn des Legens ein circa 12 Wochen andauernder zunächst steiler, danach ein etwas flacherer Anstieg des durchschnittlichen Eigewichts zu verzeichnen war. Diese Struktur war in allen Gruppen grundsätzlich ähnlich, zeitweise auftretende signifikante Unterschiede glichen sich immer wieder aus.

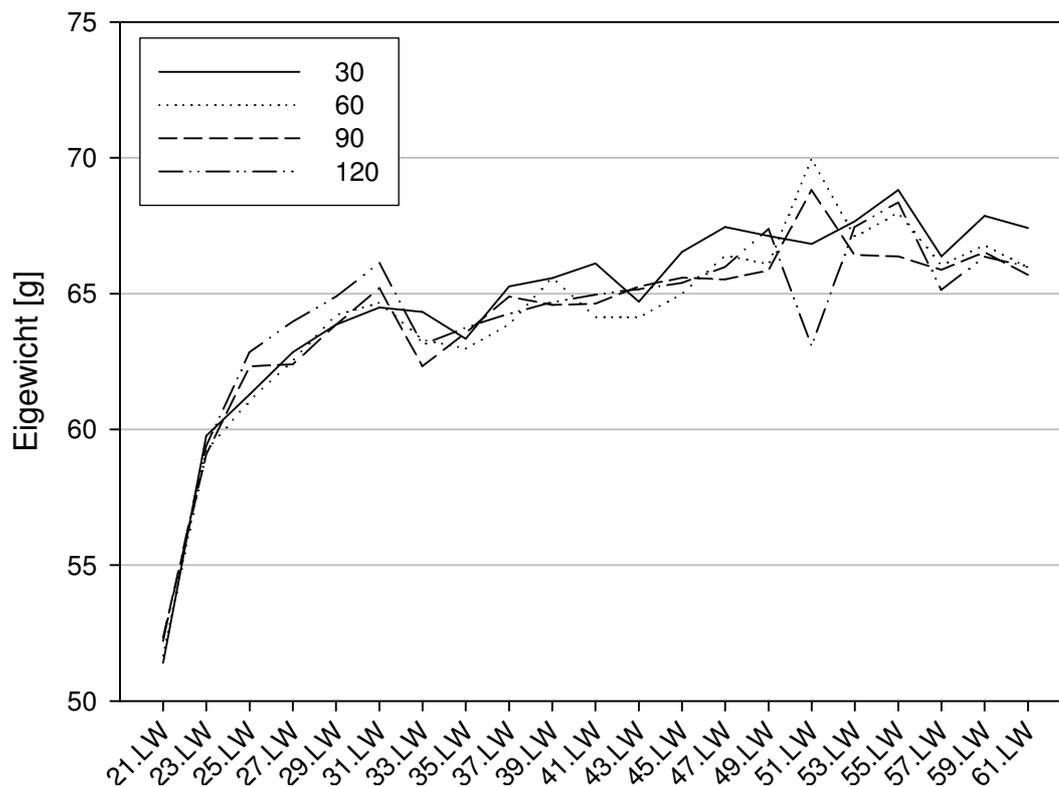


Abbildung 10: Durchschnittliches Eigewicht im zeitlichen Verlauf der Legeperiode. (Es wurden in zweiwöchigen Abständen die Gewichte sämtlicher gelegter Eier der jeweiligen Gruppen bestimmt; n= entsprechende Legeleistung pro Gruppe zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt. Da die Kurven der einzelnen Gruppen im Verlauf die gleiche Tendenz zeigen, wurden die Werte zu einer Kurve zusammengefasst. Dunn`s Method, Mann-Whitney Rank Sum Test)

4.3.2 Knick-, Bruch- und Schmutzeier

Der mediane Knick- und Bruchanteil lag in allen vier Gruppen bei 0%, wobei tägliche Schwankungen der Gruppe 120 von durchschnittlich über einem Prozent nach oben für einen signifikanten Unterschied gegenüber der Gruppe 30 sorgten. Die Gruppen 60 und 90 wiesen jeweils keine Unterschiede zu den andern beiden Gruppen auf. Die Mittelwerte der Gruppen 30, 60, 90 und 120 lagen bei 0,07%, 0,31%, 0,30% bzw. bei 0,27%.

Im zeitlichen Verlauf während der Legeperiode ergab sich ein steiler Anstieg der Bruch- und Knickeier bei allen Gruppen während der 25. bis 32. Lebenswoche, wobei es danach zu einem ebenso steilen Abfall mit anschließendem Sistieren auf sehr niedrigem Niveau kam.

Der mediane Anteil an Windeiern betrug bei allen vier Gruppen ebenfalls 0% und spielte damit trotz einzelner minimaler Abweichungen keine erwähnenswerte Rolle. Die Mittelwerte der Gruppen 30, 60, 90 und 120 lagen bei 0%, 0,02%, 0,02% bzw. bei 0,004%.

Der mediane Schmutzeianteil lag in den Gruppen 30, 60 und 90 bei 0%, Gruppe 120 zeigte dazu mit einem Wert von 1,12% signifikante Unterschiede. Die zugehörigen Mittelwerte lagen bei 1,33%, 0,73%, 1,19% bzw. bei 1,88%.

4.3.3 Bruchfestigkeit der Eierschalen

Die Eier aller vier Gruppen wiesen bei der Messung der Bruchfestigkeit (siehe Abb. 11) Werte zwischen 31,88 N (Gr. 30), 30,51 N (Gr. 60), 32,37 N (Gr.90) und 31,39 N (Gr. 120) auf und ließen sich damit statistisch nicht signifikant voneinander unterscheiden.

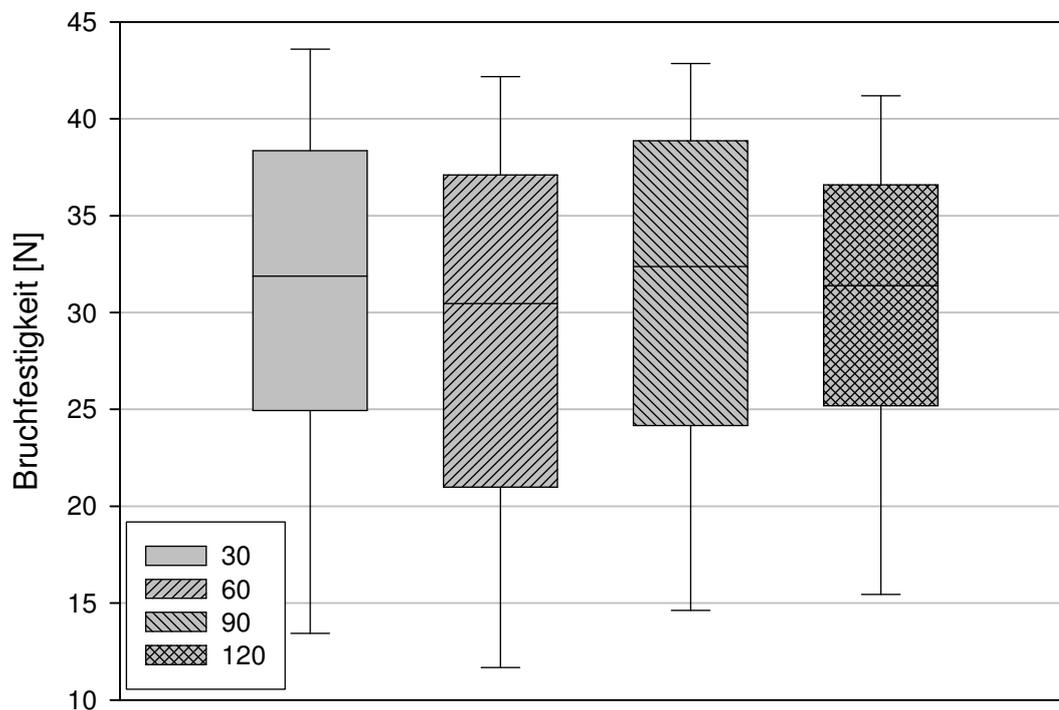


Abbildung 11: Durchschnittliche Bruchfestigkeit der Eischalen in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde in zweiwöchigen Abständen die Bruchfestigkeit von jeweils 10 Eiern der jeweiligen Gruppen bestimmt; $n=180$ pro Gruppe. Holm-Sidak-Method, t -Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (siehe Abb. 12) sank die durchschnittliche Bruchfestigkeit aller vier Gruppen von anfangs über 30 N auf Werte um die 25 N ab. Die zeitweise auftretenden signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen wurden im Verlauf immer wieder ausgeglichen.

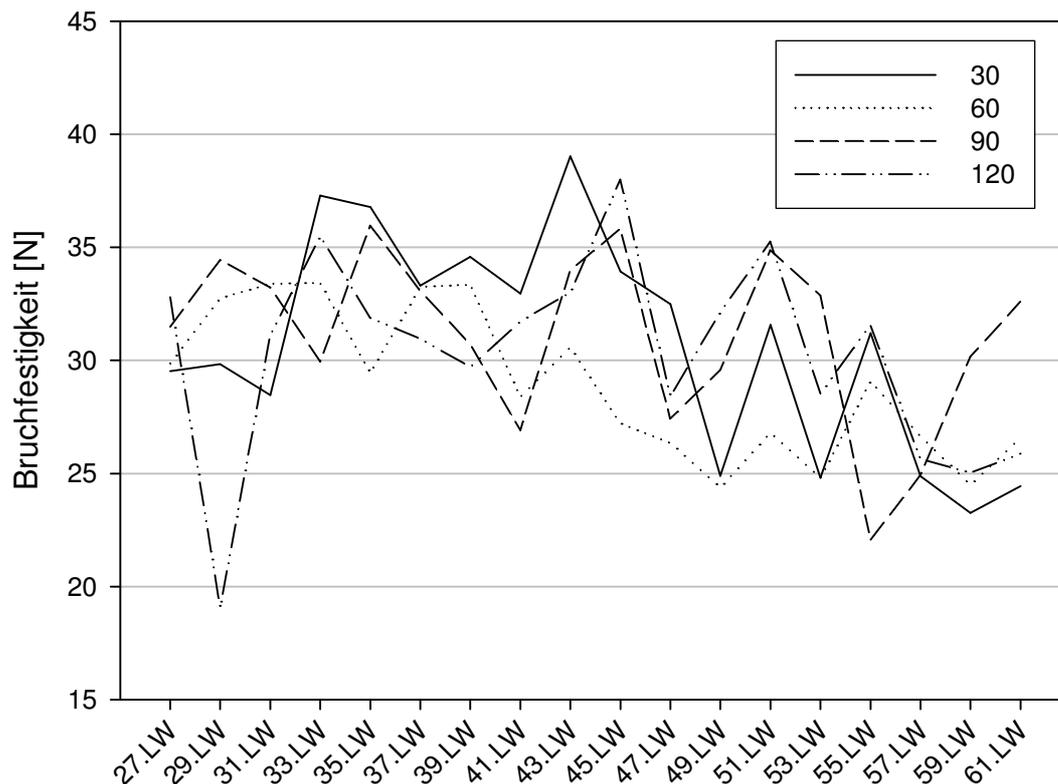


Abbildung 12: Durchschnittliche Bruchfestigkeit der Eischalen im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde in zweiwöchigen Abständen die Bruchfestigkeit von 10 Eiern der jeweiligen Gruppen bestimmt; $n=10$ pro Gruppe und Zeiteinheit. Da die Kurven der einzelnen Gruppen im Verlauf die gleiche Tendenz zeigen, wurden die Werte zu einer Kurve zusammengefasst. Holm-Sidak-Method, t -Test)

4.3.4 Dicke der Eierschale

Der mediane Wert der Eischalendicke lag bei allen vier Gruppen bei 0,4 mm. Es ergaben sich somit keine gruppenabhängigen Differenzen.

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (siehe Abb. 13) ließ sich bei allen Gruppen eine ähnliche Tendenz erkennen. Die Eischalendicke nahm zur 49. Lebenswoche immer weiter ab, danach stiegen die Werte jedoch an, konnten aber die zu Beginn der Legeperiode gemessenen Anfangswerte nicht wieder erreichen. Im Jahresverlauf traten ab und zu signifikante Unterschiede zwischen einigen Gruppen auf, die sich aber wieder ausglich.

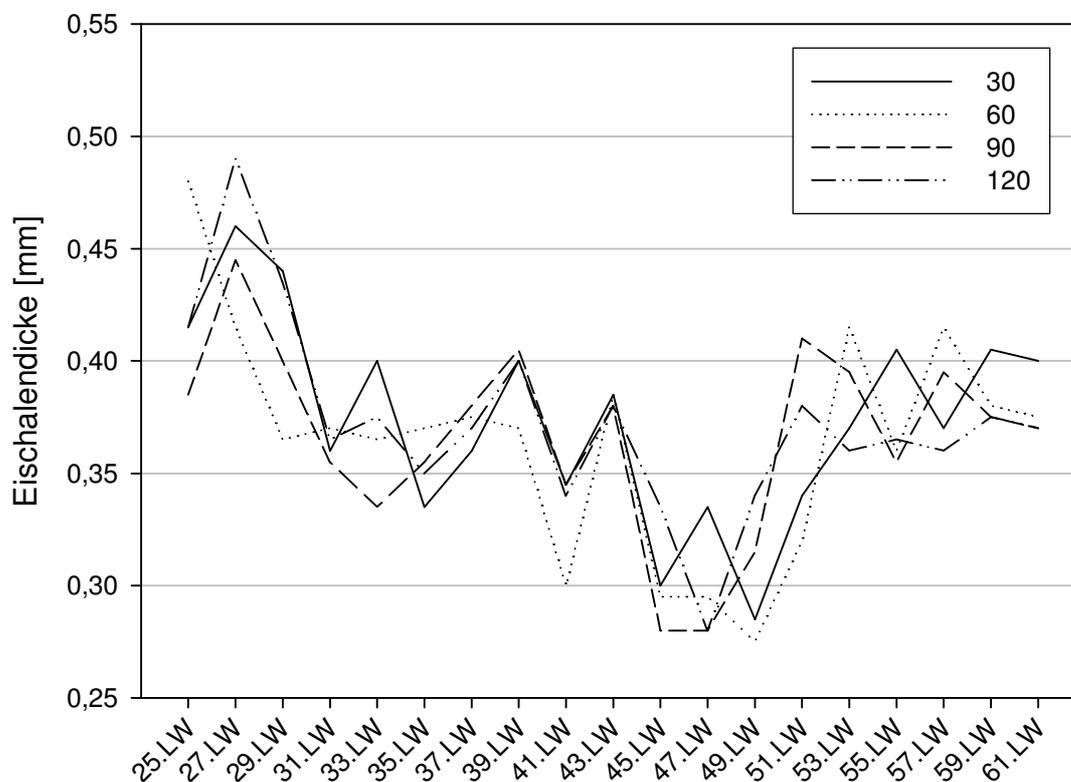


Abbildung 13: Durchschnittliche Eischalendicke im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde in zweiwöchigen Abständen die Eischalendicke von 10 Eiern der jeweiligen Gruppen bestimmt; $n=10$ pro Gruppe und Zeiteinheit. Da die Kurven der einzelnen Gruppen im Verlauf die gleiche Tendenz zeigen, wurden die Werte zu einer Kurve zusammengefasst. Holm-Sidak-Method, t -Test, Mann-Whitney Rank Sum Test)

4.4 Immunologische Parameter

4.4.1 IgY-Bestimmung im Eidotter

Gruppe 60 wies mit 14,25 mg/ml einen signifikant höheren IgY-Medianwert auf als die Gruppen 90 und 120 mit jeweils 12,55 mg/dl bzw. 13,47 mg/dl (siehe Abb. 14). Die Gruppe 30 nahm mit 13,40 mg/dl einen Zwischenwert ein.

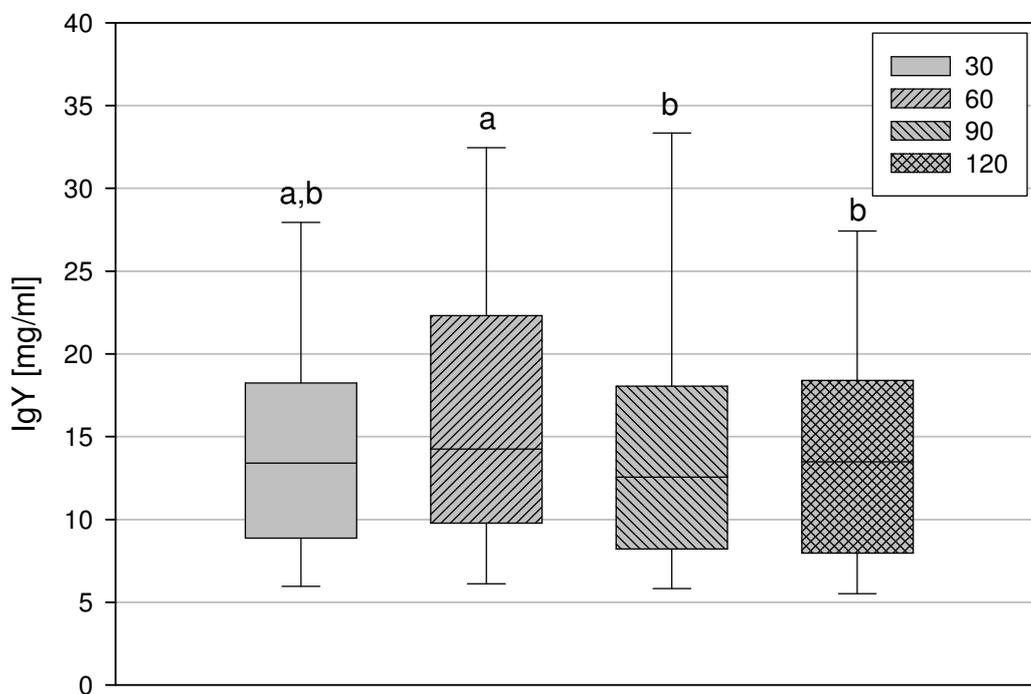


Abbildung 14: Durchschnittlicher IgY Gehalt des Eidotters in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde in zweiwöchigen Abständen der IgY Gehalt von 10 Eiern der jeweiligen Gruppen bestimmt; $n=210$ pro Gruppe. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p<0,05$; Dunn`s Method, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode (siehe Abb. 15) konnte ein Abfall der IgY Werte bei allen vier Gruppen von anfangs 25 mg/ml auf unter 10 mg/ml in der 31. und 35. Lebenswoche verzeichnet werden. Die folgenden Werte erreichten wieder das Ausgangsniveau und wiesen entsprechende Schwankungen auf.

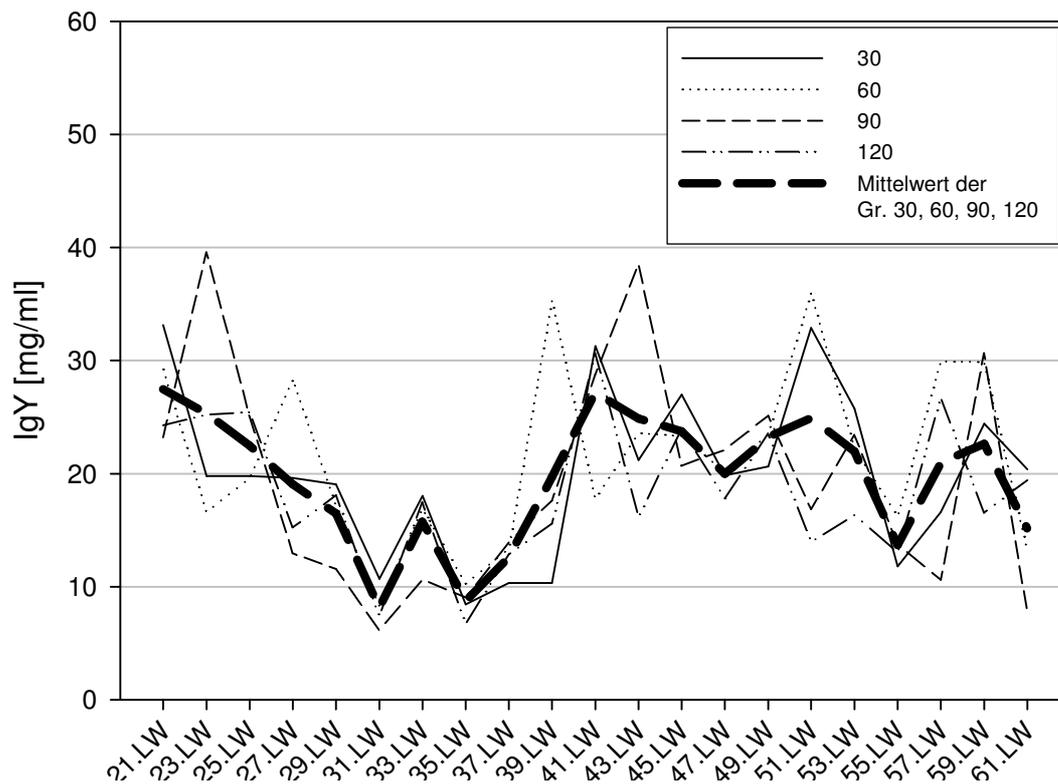


Abbildung 15: Durchschnittlicher IgY Gehalt des Eidotters im zeitlichen Verlauf, in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde in zweiwöchigen Abständen der IgY Gehalt von 10 Eiern der jeweiligen Gruppen bestimmt; n=210 pro Gruppe. Dunn`s Method, Mann-Whitney Rank Sum Test)

4.5 Physiologische Blutparameter

4.5.1 Hämatokrit- Messung

Mit einem medianen Hämatokritwert von 22% belegte die Gruppe 30 den ersten Rang (siehe Abb. 16), dicht gefolgt von Gruppe 60 mit einem Hämatokrit von 21,5%. Gruppe 30 hob sich damit signifikant von den Gruppen 90 und 120 (jeweils 21%), Gruppe 60 hob sich nur von Gruppe 120 signifikant ab.

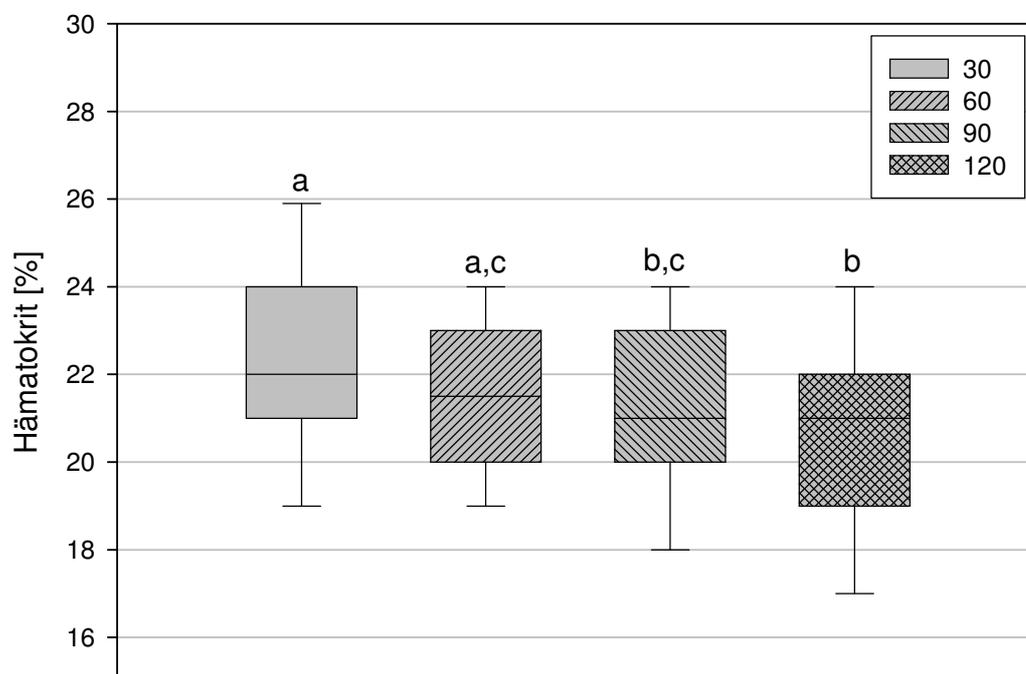


Abbildung 16: Durchschnittlicher Hämatokritwert in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Hämatokritwert bestimmt; $n=80$ pro Gruppe. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p<0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test)

Im zeitlichen Verlauf ergaben sich bereits bei der ersten Untersuchung in der 24. Lebenswoche deutliche Unterschiede zwischen der Gruppe 30 mit einem Hämatokrit von 22,7% und den Gruppen 60, 90 und 120 (siehe Abb. 17). Diese wiesen Anfangswerte von 21,5%, 20,7% bzw. 18,3% auf. Die Gruppen 90 und 120 hielten ihr niedriges Niveau, während die Hämatokritwerte der Gruppe 60 teilweise über diejenigen der Gruppe 30 anstiegen. Ab der 56. Lebenswoche sanken jedoch alle Kurven und erreichten am Ende nur noch Werte um die 19 bzw 17%, Gruppe 90 konnte ihren Hämatokrit auf über 20% halten.

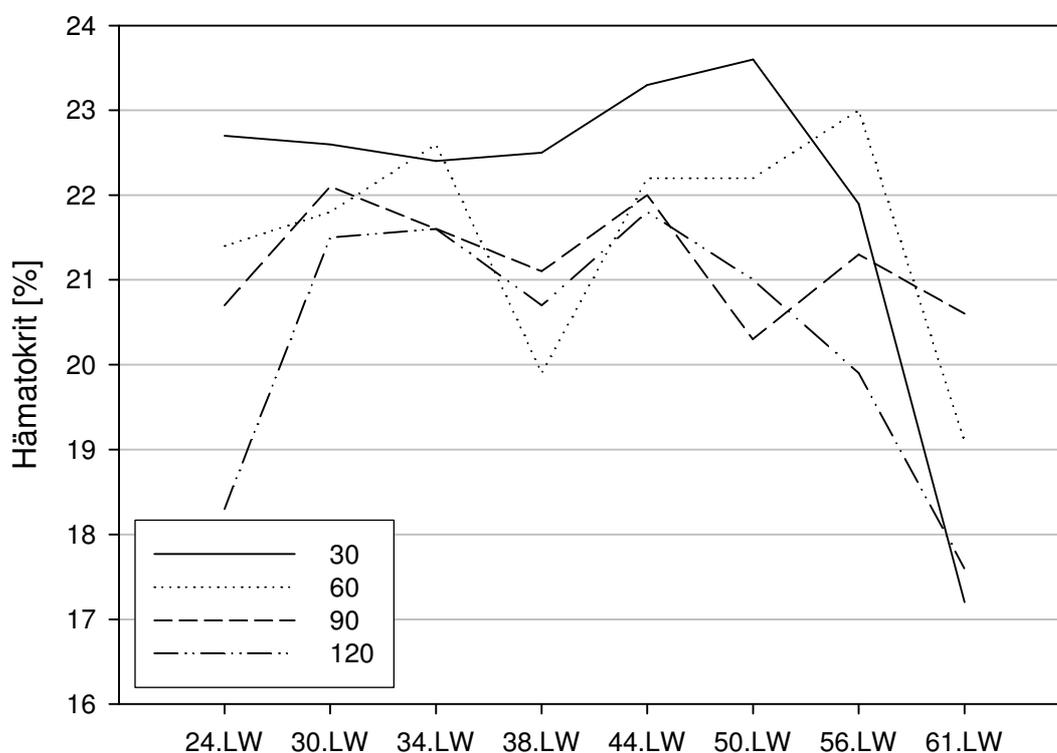


Abbildung 17: Durchschnittlicher Hämatokritwert im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Hämatokritwert bestimmt; $n=10$ pro Gruppe und Zeiteinheit. Die dabei ähnlichen Werte der Gruppen 60, 90 und 120 wurden zusammengefasst und denen der Gruppe 30 gegenübergestellt. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede, $p<0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test)

4.5.2 Hämoglobin- Bestimmung

Die medianen Hämoglobinwerte (siehe Abb. 18) lagen in aufsteigender Besatzdichte mit 11,7 g/dl, 11,2 g/dl, 11,4 g/dl bzw. 11,3 g/dl auf vergleichbarem Niveau und wiesen demnach keine signifikanten Unterschiede auf.

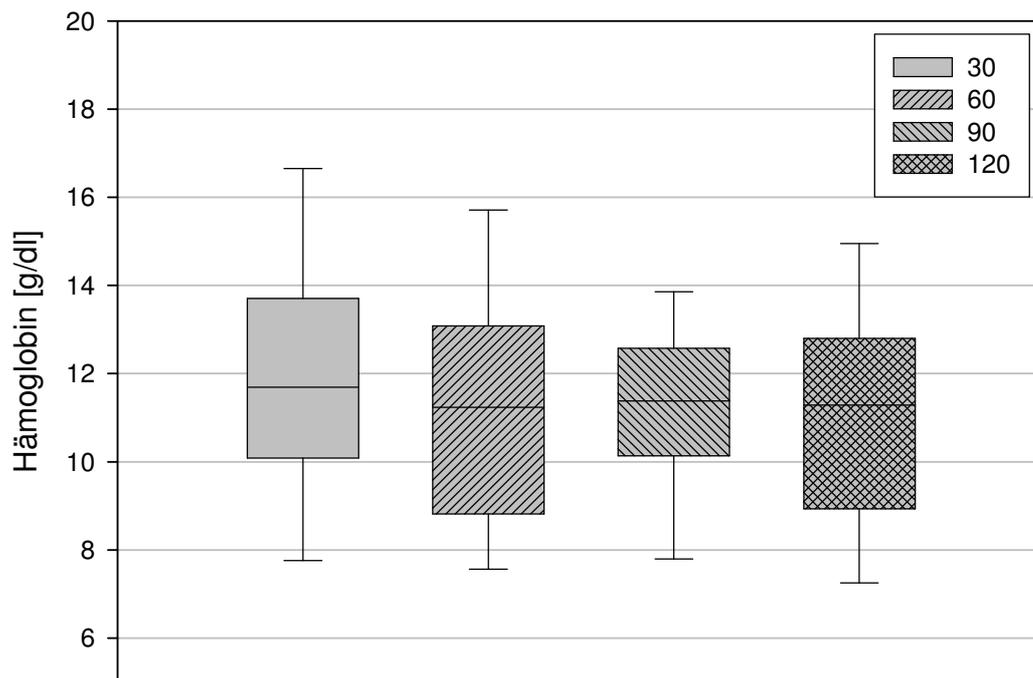


Abbildung 18: Durchschnittlicher Hämoglobinwert in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Hämoglobinwert bestimmt; n=80 pro Gruppe. Holm-Sidak-Method, t-Test, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Der zeitliche Verlauf aller vier Gruppen war sich sehr ähnlich (siehe Abb. 19). Dabei stiegen die Hämoglobinwerte während der Legeperiode zunächst steil an, verharrten dann bis zur 44. Lebenswoche auf einem relativ konstanten Plateau, bis sie nach einem minimalen Einbruch ein Maximum von knapp 14 g/dl erreichten. Am Ende wurde bei den Gruppen 30 und 120 wieder Durchschnittswerte von knapp 12 g/dl gemessen, diejenigen der Gruppen 60 und 90 sanken auf unter 11 g/dl bzw. 9,5 g/dl.

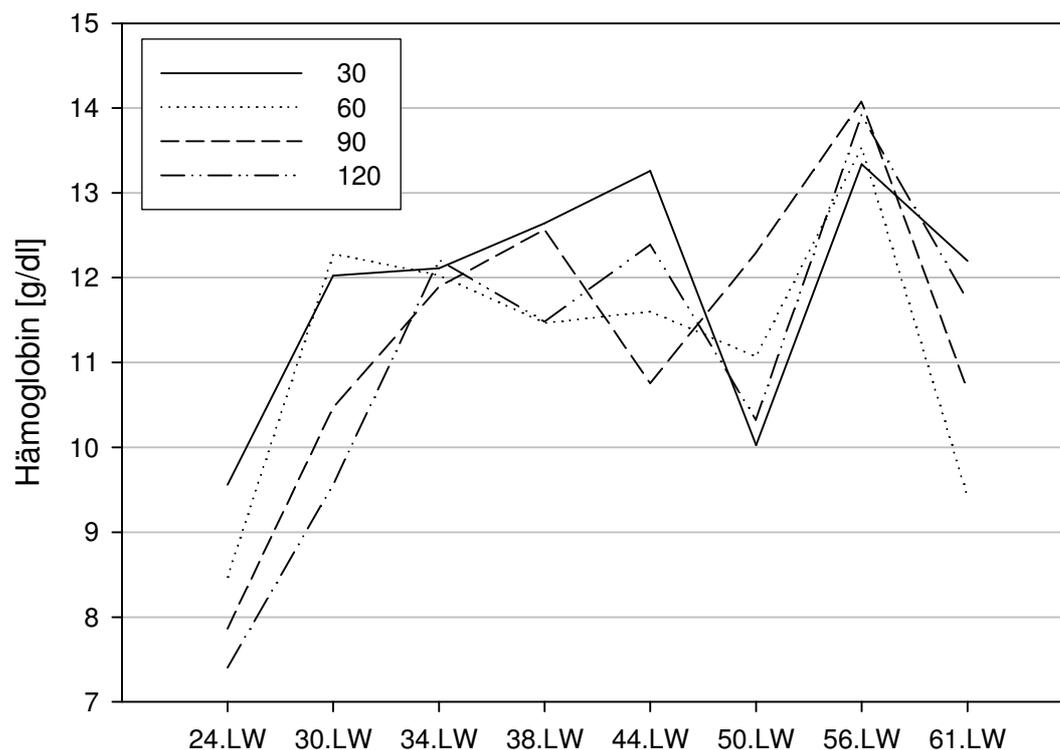


Abbildung 19: Durchschnittlicher Hämoglobinwert im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Hämoglobinwert bestimmt; $n=10$ pro Gruppe und Zeiteinheit. Da die Kurven der einzelnen Gruppen im Verlauf die gleiche Tendenz zeigen, wurden die Werte zu einer Kurve zusammengefasst. Holm-Sidak-Method, t -Test, Mann-Whitney Rank Sum Test)

4.5.3 Calcium/ Phosphor Verhältnis

Mit medianen Calciumwerten von 25,7 mg/dl hob sich die Gruppe 90 signifikant von der Gruppe 30 mit 24,3 mg/dl ab. Die Gruppen 60 und 120 lagen mit Medianwerten von jeweils 24,6 mg/dl dazwischen.

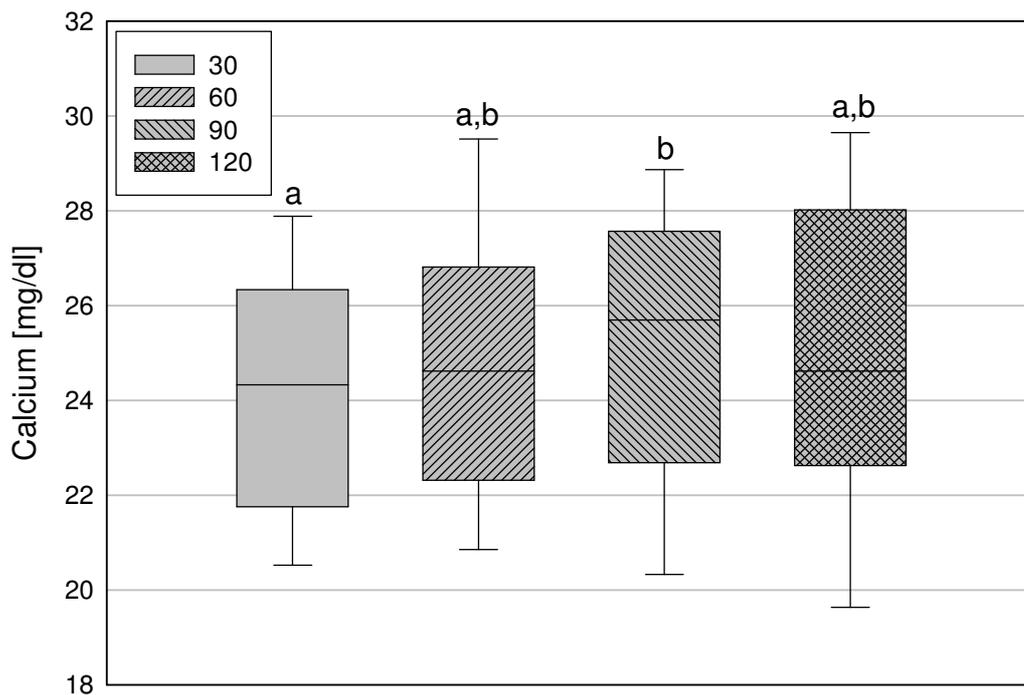


Abbildung 20: Durchschnittlicher Calciumgehalt des Serums in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Gehalt an Calcium bestimmt; n=80 pro Gruppe. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede , $p < 0,05$; Student Newman Keul Method, Mann-Whitney Rank Sum Test)

Mit medianen Phosphorwerten von 5,5 mg/dl, 5,29 mg/dl, 5,63 mg/dl bzw. 5,36 mg/dl lagen die Gruppen 30, 60, 90 und 120 auf dem selben Niveau und zeigten somit keine signifikanten Unterschiede.

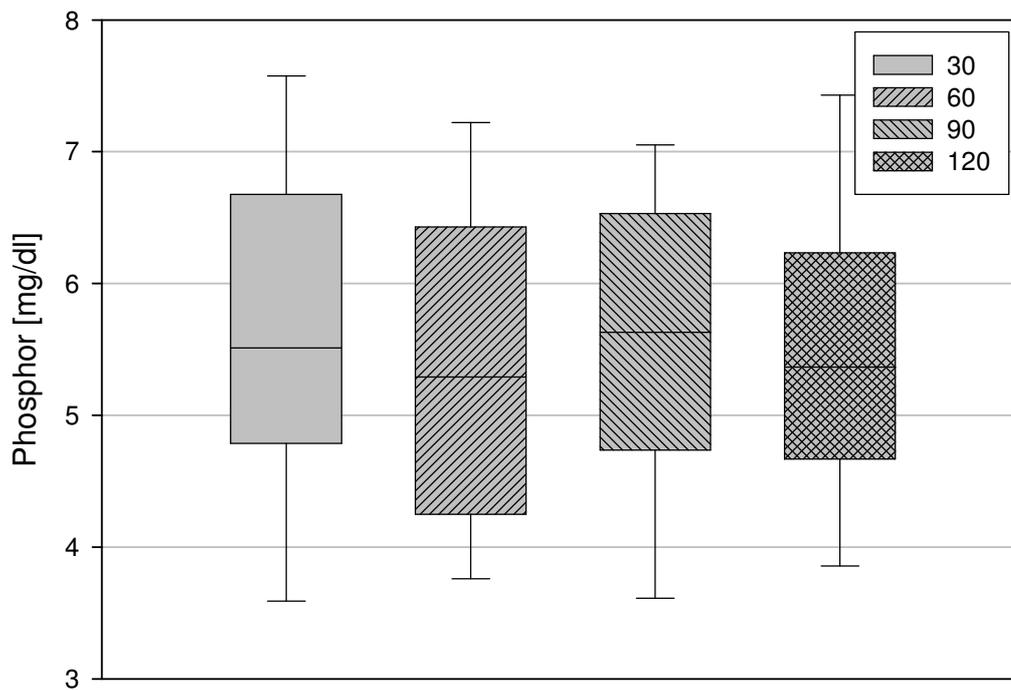


Abbildung 21: Durchschnittlicher Phosphorgehalt des Serums in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Phosphorgehalt bestimmt; n=80 pro Gruppe. One Way Analysis of Variance)

Eine Korrelation zwischen den Calcium- und Phosphorwerten ergab sich bei allen Gruppen außer in Gruppe 30, deren Werte bei $r=0,042$ und $p=0,73$ lagen.

Im zeitlichen Verlauf konnte ein kontinuierlicher Anstieg der Calcium/Phosphor Verhältnisse aller Gruppen zur 44. bzw. 50. Lebenswoche hin verzeichnet werden (siehe Tab. 22). Am Ende der Legeperiode wurden wieder Anfangswerte erreicht.

Tabelle 22: Zeitlicher Verlauf des Calcium/Phosphor-Verhältnisses, in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Calcium- und Phosphorgehalt bestimmt; $n=80$ pro Gruppe)

Gruppe	24. LW	30. LW	34. LW	38. LW	44. LW	50. LW	56. LW	61. LW
30	3,9 : 1	3,9 : 1	4,2 : 1	4,4 : 1	4,3 : 1	5,4 : 1	3,9 : 1	4,4 : 1
60	4,1 : 1	4,3 : 1	4,6 : 1	4,6 : 1	4,9 : 1	4,8 : 1	4,5 : 1	4,3 : 1
90	4,3 : 1	4,2 : 1	4,8 : 1	5,1 : 1	5,2 : 1	5,1 : 1	3,9 : 1	4,2 : 1
120	4,5 : 1	3,9 : 1	4,4 : 1	4,5 : 1	4,9 : 1	5,7 : 1	3,7 : 1	4,8 : 1

Das mittlere Calcium/Phosphor-Verhältnis lag bei den Gruppen 30, 60, 90 und 120 bei 4,3:1, 4,5:1, 4,6:1 bzw. 4,6:1 (24. LW – 61. LW).

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigte der Gehalt an Phosphor im Serum bei allen vier Gruppen die selbe Tendenz (siehe Abb. 22). Einem anfänglich noch geringgradigen Absinken der Werte folgte in der 50. Lebenswoche ein Einbruch, der am deutlichsten bei der Gruppe 120 mit Werten unter 4 mg/dl ausgeprägt war. Die sich daran anschließenden Maxima erreichten Werte zwischen 6 mg/dl (Gruppe 30) und 7,7 mg/dl (Gruppe 120).

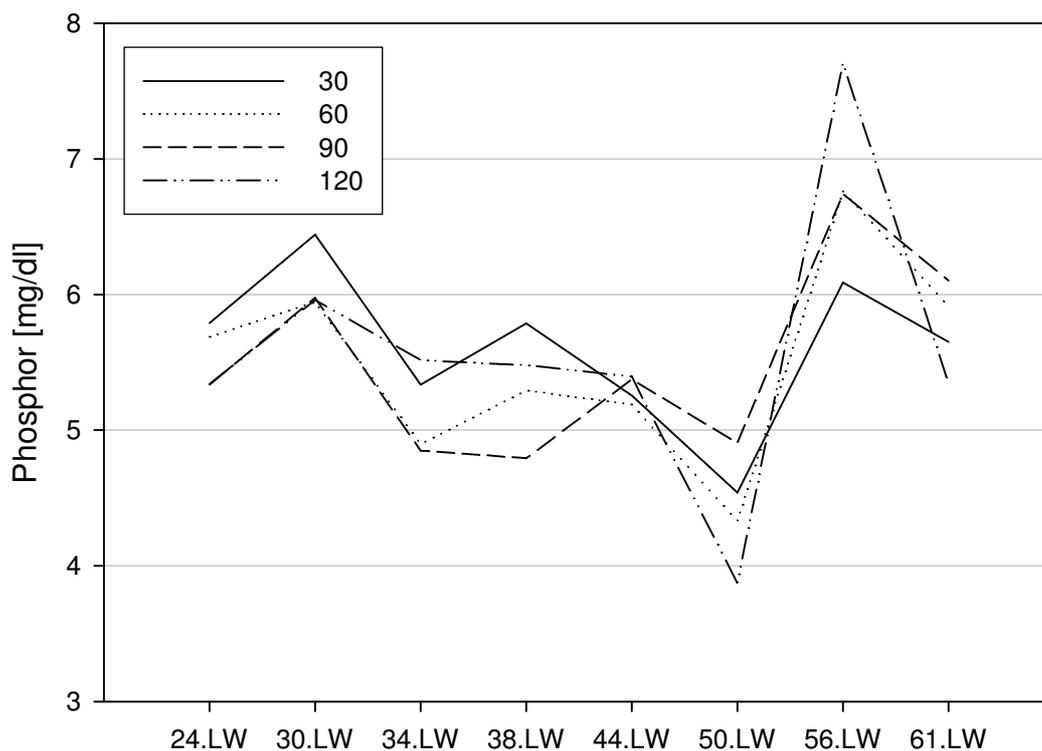


Abbildung 22: Durchschnittlicher Phosphorgehalt des Serums im zeitlichen Verlauf der Legeperiode, in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Gehalt an Phosphor bestimmt; n=10 pro Gruppe und Zeiteinheit. One Way Analysis of Variance)

Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigte der Gehalt an Calcium im Serum bei allen vier Gruppen eine ähnliche Tendenz (siehe Abb. 23). Ab der 38. Lebenswoche wies die Gruppe 30 jedoch einen zu den übrigen Gruppen gegenläufigen Verlauf auf. Insgesamt stiegen die Calciumwerte zum Ende der Legeperiode hin leicht an.

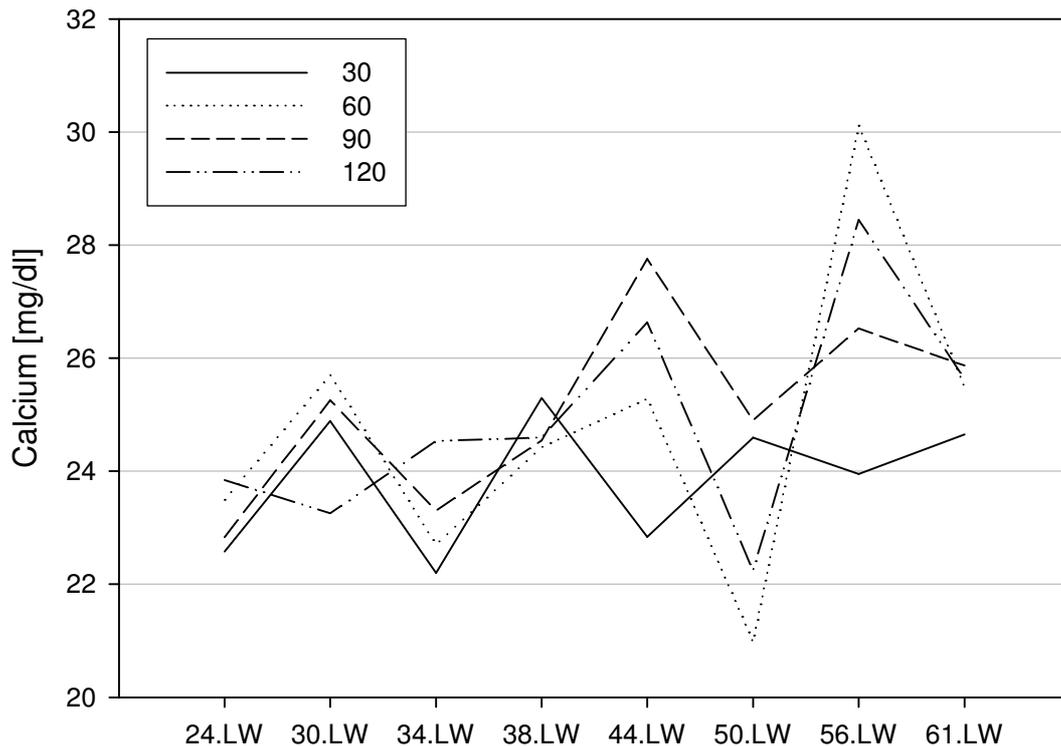


Abbildung 23: Durchschnittlicher Calciumgehalt des Serums im zeitlichen Verlauf der Legeperiode, in Abhängigkeit von der Besatzdichte. (Es wurde alle 6 Wochen im Rahmen einer Blutabnahme bei 10 Hennen pro Gruppe der Gehalt an Calcium bestimmt; $n=10$ pro Gruppe und Zeiteinheit. Student Newman Keul Method, Mann-Whitney Rank Sum Test)

4.6 Bonitierung

4.6.1 Beurteilung des Gefieders

Die Gefiedernoten zeigten allesamt eine Verschlechterung im Verlauf der Legeperiode (siehe Tab. 23). Dabei wiesen alle vier Gruppen am Ende noch die Note „gut“ auf, wobei die Gruppe 90 am Besten abschnitt. An zweiter Stelle folgte die Gruppe 30, die restlichen zwei Gruppen waren mit einem Ausstellungsnotenschnitt von 2,4 gleich auf. Im zeitlichen Verlauf verschlechterte sich der Gesamtzustand des Gefieders kontinuierlich bei den Gruppen 30 und 90. Die Gruppen 60 und 120 hingegen waren in der 37. Lebenswoche beide in schlechterem Zustand als am Ende der Legeperiode.

Tabelle 23: Durchschnittsnoten für den Gefiederzustand im zeitlichen Verlauf der Legeperiode und in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurden die Einzelnoten der beurteilten Hennen zu einem Durchschnittswert zusammengefasst; $n=10$ pro Gruppe und Zeiteinheit)

	30+/-SEM	60+/-SEM	90+/-SEM	120+/-SEM
25. LW	1,0 +/-0	1,0 +/-0	1,0 +/-0	1,0 +/-0
31. LW	1,1 +/-0,1	1,2 +/-0,13	1,1 +/-0,1	1,4 +/-0,16
37. LW	1,5 +/-0,17	2,8 +/-0,29	1,4 +/-0,16	2,5 +/-0,22
43. LW	1,4 +/-0,22	2,5 +/-0,34	1,5 +/-0,17	2,2 +/-0,36
49. LW	1,7 +/-0,21	2,4 +/-0,27	1,7 +/-0,26	2,2 +/-0,31
55. LW	2,1 +/-0,31	2,3 +/-0,26	1,7 +/-0,26	2,4 +/-0,23
61. LW	2,1 +/-0,28	2,4 +/-0,34	1,8 +/-0,33	2,4 +/-0,34

4.6.2 Erfassung von Verletzungen

Die Hennen aller vier Gruppen zeigten im Verlauf der Legeperiode nur vereinzelt ein paar kleine und nicht tiefe Läsionen an der Hautoberfläche. Jeweils 2 bzw. 3 Legehennen der Gruppen 60 und 90 wiesen $3 \times 3 \times 3$ cm³ große Wunden auf, die seitlich zwischen Oberschenkel und Kloake lagen. In der Zeit zwischen der 50. und 57. Lebenswoche trat in der Gruppe 120 bei über 15 Hennen Kloakenkannibalismus auf, was ein Verenden der betroffenen Tiere zur Folge hatte.

4.7 Gesundheitsstatus und Ausfälle

Bis zur 36. Lebenswoche waren in keiner der vier Gruppen Ausfälle zu verzeichnen (siehe Abb. 24). Die Gruppen 30 und 60 konnten bei Verlusten von 3% bzw. 5% (Erhängen im Gitter) ihre Hennenanzahl bis zum Ende der Legeperiode halten. Von jeweils 29 bzw. 59 Anfangshennen waren bei der Ausstellung noch 28 bzw. 56 Tiere am Leben. Gruppe 120 verlor im Zeitraum um die 55. Lebenswoche 13% ihrer Hennen durch Kannibalismus und am Ende der Legeperiode verblieben ihr von 117 nur 96 Hennen, was einem Gesamtverlust von 18% entspricht. Die Verlustrate von 7% der Gruppe 90 kam durch Erhängen im Gitter zustande, einmal war ursächlich eine Peritonitis dafür verantwortlich. Am Ende lebten hier noch 82 von 88 Legehennen.

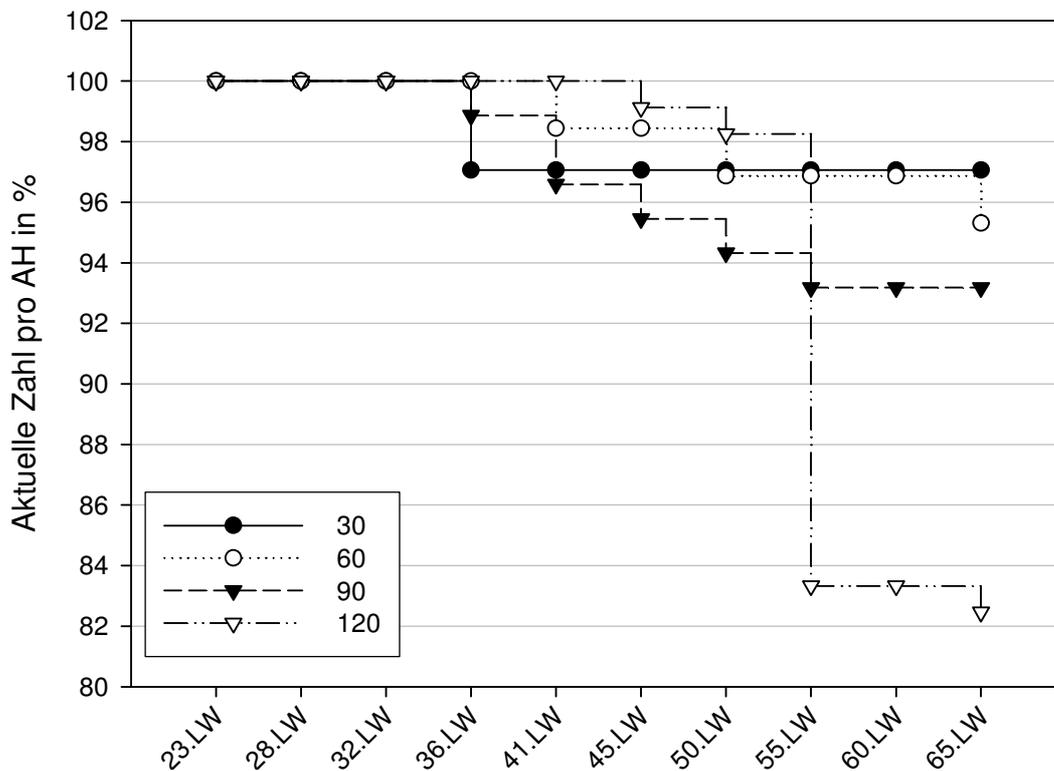


Abbildung 24: Anteil der noch lebenden Anfangshennen im zeitlichen Verlauf und in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurde die Anzahl der aktuell lebenden Hennen monatlich in ein % Verhältnis zu den jeweils eingestellten Anfangshennen gesetzt)

4.8 Kotuntersuchung auf Parasiten

Die vierwöchentlich regelmäßig durchgeführten Kotuntersuchungen wiesen zu keinem Zeitpunkt der Legeperiode ein positives Ergebnis auf.

4.9 Post mortem – Untersuchungen

4.9.1 Pathologische Untersuchung

Bei allen vier Gruppen traten bei ungefähr der Hälfte aller untersuchten Hennen Brustbeinverkrümmungen auf (siehe Tab. 24). Alle seziierten Tiere wiesen eine mittelgradige Fettleber auf, selten wurden inaktive Ovarien und Brustblasen gefunden. Ein Huhn der Gruppe 90 zeigte eine circa 3x3x3 cm³ große Wunde seitlich der Kloake.

Tabelle 24: % Anteil makroskopischer pathologischer Veränderungen in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurden die Anzahl der pathologischen Veränderungen in ein % Verhältnis zu den jeweils 10 untersuchten Hennen pro Gruppe gesetzt.)

	Gruppe 30	Gruppe 60	Gruppe 90	Gruppe 120
Brustbeinverkrümmung	50%	40%	40%	50%
Fettleber (mittelgradig)	100%	100%	100%	100%
Salpingitis	0%	20%	0%	0%
Inaktives Ovar	10%	0%	10%	10%
Brustblasen	0%	20%	20%	0%
Wunde	0%	0%	10% (3x3 cm ²)	0%

4.9.2 Knochenbruchfestigkeitsmessung

Die Knochen der Gruppe 60 benötigten eine mediane Kraft von 263,7 N um gebrochen zu werden (siehe Abb. 25). Dieser Wert unterschied sich signifikant von demjenigen der Gruppe 120 mit 224,6 N. Die Gruppen 30 und 90 lagen bei Werten von 217,6 N bzw. 247,7 N und wiesen keinerlei signifikante Unterschiede zu den anderen Gruppen auf.

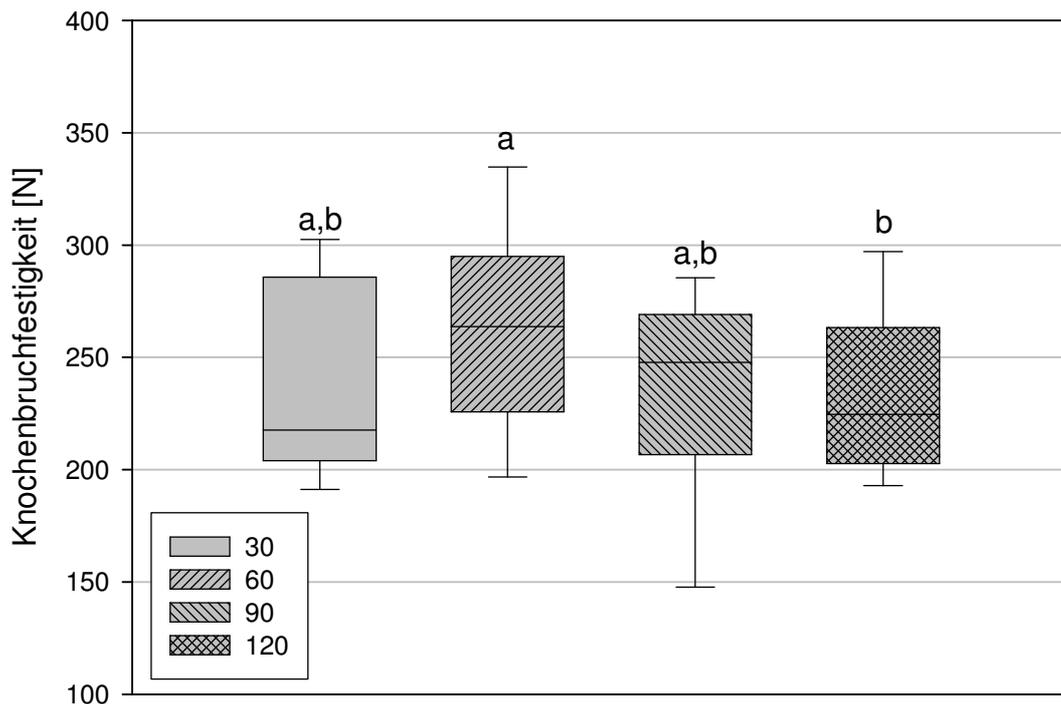


Abbildung 25: Maximale Kraft, die zum Brechen der Oberschenkelknochen post mortem aufgewendet werden muss in Abhängigkeit von der Besatzdichte (Es wurden bei jeweils 10 Hennen pro Gruppe die Bruchfestigkeit des rechten und linken Oberschenkelknochens gemessen und daraus ein Gruppendurchschnitt errechnet. a,b: unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede , $p < 0,05$; Mann-Whitney Rank Sum Test)

Beim Vergleich der linken und rechten Femurbruchfestigkeiten (siehe Abb. 26) ergab sich eine Korrelation mit den Werten $r=0,60$ und $p<0,0001$.

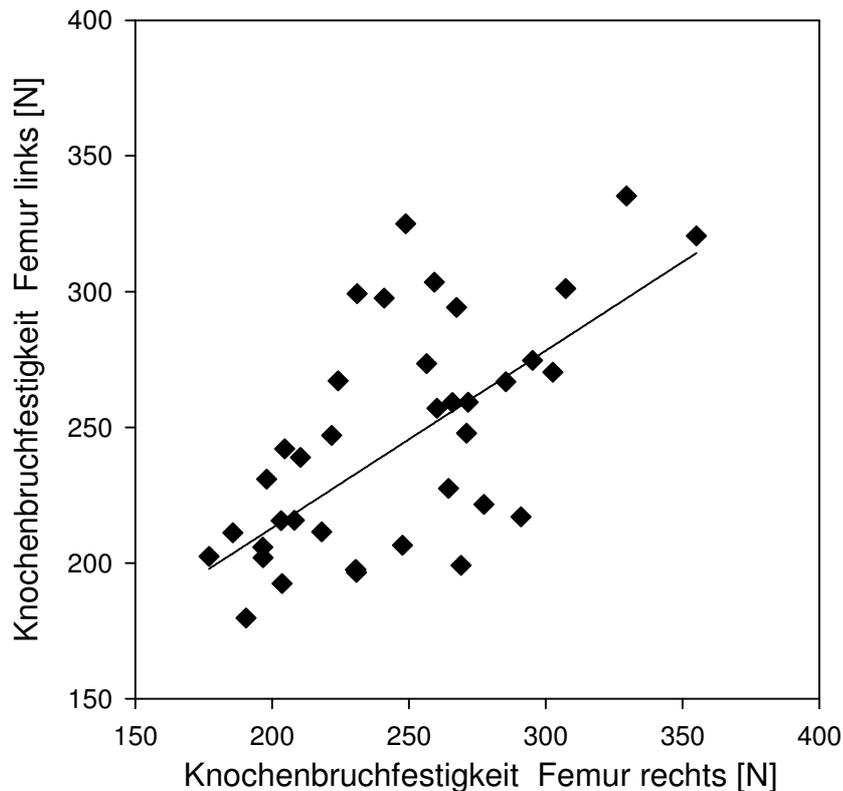


Abbildung 26: Korrelation zwischen den Bruchfestigkeiten der linken bzw. rechten Oberschenkelknochen (Es wurden die linken und rechten Oberschenkelbruchfestigkeitswerte aller vier Gruppen zusammengefasst, $n=40$ pro Seite; Lineare Regression)

Die Elastizität der Knochen wurde über ihre jeweilige Dehnung gemessen und nahm dabei folgende Werte an. Die Gruppe 90 besaß mit 1,48 mm ($\pm 0,24$) die größte Elastizität, gefolgt von den Gruppe 30 und 60 mit je 1,45 mm ($\pm 0,23$) bzw. ($\pm 0,27$). Gruppe 120 wies mit Dehnungswerten von 1,42 mm ($\pm 0,15$) die geringste Elastizität auf.

4.10 Schadgasmessungen (Ammoniak)

Es wurde mit Hilfe der durchgeführten Schadgasmessungen während der gesamten Legeperiode kein Ammoniak nachgewiesen.

4.11 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

Bei einer „theoretischen“ Gleichgewichtung aller untersuchten Parameter mit den jeweiligen Untergruppen (unter Vorbehalt) schnitten die Gruppen 30, 60 und 90 mit den Besatzdichte 4.5, 9 bzw. 13.5 Hennen/m² nahezu gleich ab. Ein deutlicher Unterschied in allen drei Bereichen (Verhalten, Gesundheit und Leistung) ergab sich zur Gruppe 120 mit der Besatzdichte 18 Hennen/m², die damit eindeutig schlechter abschnitt.

Tabelle 25: „Rangplätze“ der einzelnen Gruppen in Abhängigkeit vom Untersuchungsparameter und die Gesamtplatzierung (Es wurden die Rangplätze der jeweiligen Untersuchungsparameter mit einer Gleichgewichtung zusammengezählt (unter Vorbehalt). Die Gruppe mit der geringsten Gesamtpunktzahl schnitt insgesamt am Besten ab.)

Untersuchte Parameter	Rangplatz der Gruppe 30	Rangplatz der Gruppe 60	Rangplatz der Gruppe 90	Rangplatz der Gruppe 120
Verhalten (Gesamt)	1,63	1,71	1,86	3,25
Fortbew.	1	2	3	4
Komfort	1	1	3	4
Nestinsp.	1	1	3	4
Nestbetreten	1	3	1	4
Verfolgen	1	1	1	4
Hackaktion	1	1	1	4
Federpicken	3	2	3	1
Federziehen	4	1	1	1

Leistung				
(Gesamt)	1,29	1,43	1,86	2,57
Legeleistung	3	1	3	2
Eigewicht	1	3	4	2
Verlegte Eier	1	1	1	4
Knick/Bruch	1	2	2	4
Schmutzeier	1	1	1	4
Bruchfest. Ei	1	1	1	1
Schalendicke	1	1	1	1
Gesundheit				
(Gesamt)	2,00	1,86	2,00	3,43
Ig Y	2	1	3	3
Hkt/Hb	1	2	3	4
Ca/P	4	2	1	2
Bonitierung	2	3	1	3
Ausfälle	1	2	3	4
Knochenfest.	2	1	2	4
Elastizität	2	2	1	4
Gesamt				
(aus allem)	1,64	1,67	1,94	3,08

5 Diskussion

Im Rahmen dieser Studie wurden in vier identische Volierenabteile Legehennen der Linie Tetra-SL mit jeweils unterschiedlichen Besatzdichten eingestallt. Die Gruppengrößen beliefen sich auf 4.5, 9, 13.5 bzw. 18 Tiere pro m² Stallgrundfläche, wobei der maximale Besatz bei 117 Tieren pro Abteil lag. Zur Vereinfachung der Darstellung wurden die Gruppen mit 30, 60, 90 und 120 bezeichnet. Im Laufe einer Legeperiode sollten die Parameter Verhalten, Leistung, Produktmerkmale, physiologische Blutwerte und Immunstatus, Gefiederzustand, Ausfälle und Knochenbruchfestigkeit untersucht und dabei auftretende Gruppenunterschiede zwischen den unterschiedlichen Besatzdichten festgestellt werden.

5.1 Verhalten

Mit Hilfe der **Videobeobachtung** konnte in den vorliegenden Untersuchungen der Nachweis geführt werden, dass das Haltungssystem „Voliere“ den Forderungen die FÖLSCH (1981) an ein artgemäßes Haltungssystem stellt, in großem Umfang entspricht (siehe Tab. 19-21). So stimmt der Anteil am Ausüben bestimmter Verhaltensweisen mit den Angaben von SAVORY et al. (1978) und FÖLSCH (1981) weitgehend überein (siehe Tab. 21). Im Bezug auf das Aufbaumen der Hennen wurden die selben Beobachtungen gemacht wie von MC BRIDE et al. (1969), WOODGUSH & DUNCAN (1976) und FÖLSCH (1981) (siehe Tab. 20), die Hennen zogen sich dazu auf erhöhte Plätze zurück.

Auf die Rolle des Hahnes wurde in dieser Studie insofern eingegangen, als dass dessen Verhalten und Aufenthaltsort bei den Videoaufnahmen mit erfasst wurden. Es konnte bei den Hähnen in den Gruppen 30 und 60 eine vermehrte Aktivität und vermehrte soziale Interaktionen zwischen Hahn und Hennen festgestellt werden. Die Hähne der Gruppen 90 und 120 dagegen hielten sich vorwiegend an demselben Volierenort, und zwar an erhöht liegenden Plätzen auf, es fehlte jedoch der Bezug zu den Hennen. Ob dies allerdings die Folge der verhältnismäßig hohen Hennenzahl pro einzeltem Hahn in diesen Gruppen war oder lediglich einem unterschiedlichem Charakter der jeweiligen Hähne zugrunde lag, konnte hier statistisch nicht abgesichert werden.

Die bei der **Direktbeobachtung** gewonnenen Ergebnisse (siehe Abb. 2-5) stimmten mit der Aussage von FÖLSCH et al. (1981) insofern überein, als dass die Gruppe 120 mit der höchsten Besatzdichte sowohl Federpicken als auch Kannibalismus zeigte (siehe Kap. 4.6.2.). Allerdings kann zumindest die Gruppe 90 ebenfalls als intensive Haltungsform bezeichnet werden, deren Hennen jedoch, wie die Gruppen 30 und 60, keinen Kannibalismus ausübten. Eine Übereinstimmung der Verhaltensbeobachtungen kann hierbei jedoch mit HUGHES & DUNCAN (1972) bzw. BILCIK & KEELING (1999) gesehen werden, die vermehrt Kannibalismusprobleme in größeren Herden sehen. Die Erfahrung von ALLEN und PERRY (1975), Kannibalismus sei ein eigenes Phänomen, das auch ohne Federpicken auftritt, konnte bei den vier Versuchsgruppen nicht bestätigt werden. Bezüglich des Federpickens wurden andere Beobachtungen als die von BESSEI (1983) und HANSEN et al. (1994) gemacht (siehe Abb. 4, 5). Gerade die Gruppe mit der niedrigsten Besatzdichte führte im vorliegenden Versuch die Federpick- und Federziehaktionen signifikant häufiger aus und nimmt entsprechend auch eine gegensätzliche Position zu den Beobachtungen von HUGHES & DUNCAN (1972), BILCIK & KEELING (1999) und HUBER-EICHLER & AUDIGÉ (1999) ein, die das Problem des Federpickens ebenfalls vor allem in größeren Herden bzw. bei höherer Besatzdichte sehen.

Das signifikant gehäufte Auftreten von Aggressionsverhalten wie Verfolgen und Hacken in der Gruppe 120 (siehe Abb. 2, 3) deckt sich mit den Beobachtungen von D`EATH & KEELING (2003) einerseits, widerspricht aber der Aussage von HUGHES et al. (1997) und NICOL et al. (1999). Diese fanden heraus, dass in Gruppen ab 120 Hennen keine individuelle Erkennung mehr möglich ist und damit auch keine Aufrechterhaltung der Rangordnung, dies aber entgegen aller Vermutungen zu weniger Aggressionsverhalten führt. Eventuell war die Gruppe 120 hier jedoch ein Grenzfall und noch nicht eindeutig einer „zu“ großen Hennengruppe zuzuordnen.

5.2 Leistung und Produktmerkmale

In Bezug auf die **Legeleistung** der Hennen können absolute Zahlen, d. h. die bis zum Ende der Legeperiode gelegten Eier je Huhn, nicht zum Vergleich mit anderen Studien herangezogen werden, da hier die Länge der Legeperiode nicht identisch ist. Die Legeperiode musste wegen der Synchronisierung der Versuche

mit dem Mobilstall Viehhausen (Dissertation im Abschluss) verkürzt werden. Prozentuale Angaben erscheinen dazu eher geeignet, gewisse Abweichungen müssen dabei aber trotzdem berücksichtigt werden. Die bei Untersuchungen von MÜLLER et al. (2000) erreichte Legeleistung der Linie Tetra stimmt mit derjenigen der vier Versuchsgruppen überein (siehe Abb. 6). Die von JACOBS & WINDHORST (2003) festgestellte maximale Legeleistung von 94,2% wurde von den Gruppen 60 und 120 sogar noch übertroffen, Gruppe 30 lag jedoch deutlich darunter (siehe Abb. 7). Die im Versuch von der Gruppe 90 erbrachte Legeleistung von 85,2%, die von allen anderen Gruppen überboten wurde, sollte kritisch betrachtet werden. In dieser Gruppe wurde von Beginn an „Eierfressen“ beobachtet. Zwar konnten in den Nestern regelmäßig leere Eierschalen gefunden werden, die auch mitgezählt wurden. Ob jedoch weitere Eier samt Schale gefressen wurden und deshalb nicht in die erfasste Legeleistung mit eingeflossen sind, bleibt ungeklärt.

Die Voraussetzungen für möglichst wenige **verlegte Eier** wie sie APPLEBY et al. (1983) und RAUCH (1991) definieren, wurden von allen Gruppen erfüllt (siehe Tab. 18, 19). Der Anteil verlegter Eier lag jedoch deutlich unter den von DAMME (2003) beschriebenen Durchschnittswerten (siehe Abb. 8). Mit Blick auf die Verlegerate der Linie Tetra kommt DAMME (2003) jedoch auf vergleichbar niedere Werte. Der Anteil verlegter Eier bei Untersuchungen von JACOBS & WINDHORST (2003) lag fast dreimal so hoch wie derjenige der vier Versuchsgruppen, was mit der im Versuchsstall relativ hohen Lichtintensität von durchschnittlich über 110 Lux in Zusammenhang stehen könnte. Hennen bevorzugen zum Legen dunklere Plätze, welche in den vier Versuchsabteilungen nur in den Nestern zu finden waren.

Der signifikant höhere Anteil der Gruppe 120 an verlegten Eiern könnte daraus resultieren, dass während der Morgenstunden die meisten Hennen zum Legen die Nistplätze aufsuchten. Da bei dieser hohen Besatzdichte jedoch zu den „Stoßzeiten“ alle Nester belegt waren, könnte es in diesem Fall zu einem häufigeren Verlegen kommen. Berechnet man die Anzahl der Hennen, die sich zusätzlich noch auf den Sitzstangen vor den 8 Nestern aufhielten (siehe Tab. 18-20), so kommt man auf mehr als 20 Hennen. Im Vergleich dazu wurden vor den Nestern der Gruppe 30 nur durchschnittlich 3 Legehennen beobachtet (siehe Tab. 18-20). Die Nester mussten hier auch nicht so lange inspiziert werden bis ein freier Platz gefunden wurde (siehe Tab. 18).

Das ermittelte **Eigewicht** aller vier Versuchsgruppen lag durchschnittlich sowohl unter den von GRASHORN (2004) als auch unter den von LANGE (2000) beschriebenen Werten für Braunleger bzw. für Tetra-SL (siehe Abb. 9). Als Grund dafür kommt die relativ kurze Legeperiode von 38 Wochen bei den Versuchshennen in Betracht, da das Eigewicht mit dem Alter der Hühner deutlich zunimmt. Diese von MÜLLER et al. (2000) festgestellte Tatsache konnte bei allen vier Gruppen bestätigt werden (siehe Abb. 10). Andererseits lagen die von den Versuchsgruppen gewonnenen Eigewichte bei einer Nutzungsdauer von 38 Wochen knapp über den von JACOBS & WINDHORST (2003) ermittelten Werten, die mit einer Nutzungsdauer von 50 Wochen demnach ein höheres Durchschnittsgewicht aufweisen müssten.

Der im Versuch bei allen vier Gruppen sehr geringe Anteil an **Knick- und Brucheiern** (siehe Kap. 4.3.2) könnte durch die Beobachtungen von KRAX (1974) erklärt werden. Durch das Auffressen von beschädigten Eiern werden diese nicht erfasst und das Ergebnis somit in eine positive Richtung verfälscht. Je nach Bereitschaft der unterschiedlichen Gruppen, Eier zu fressen, kann deshalb auch keine genaue Aussage über den tatsächlich vorhandenen Anteil von Knick- und Brucheiern getroffen werden. Die erhaltenen Werte der Versuchsgruppen lagen deutlich unter den von LANGE (2000) und JACOBS & WINDHORST (2003) gewonnenen Ergebnissen, wobei oben Erwähntes in die Überlegungen mit einbezogen werden. Der Anteil der **Schmutzeier** lag bei allen Versuchsgruppen um ein vielfaches unter den Angaben von KRAX (1974) und LANGE (2000) (siehe Kap. 4.3.2). Sie stimmten jedoch im Fall der Gruppe 120 mit dem von JACOBS & WINDHORST (2003) angegebenen Schmutzeianteil überein. Da Schmutzeier vor allem aus verlegten Eiern bestehen, sind die Anteile dieser beiden Parameter tendenziell ähnlich (siehe Abb. 8 und Kap. 4.3.2). Somit könnten die unterschiedlichen Schmutzeianteile der vier Gruppen ebenfalls aus der bereits im Abschnitt „verlegte Eier“ vermuteten Ursache resultieren. Zusätzlich tragen Eier mit Blutspuren einen weiteren Teil zu den erhaltenen Schmutzeiern bei. Durch den nur in der Gruppe 120 beobachteten Kloakenkannibalismus stiegen hier die Werte im Vergleich zu den anderen Gruppen zusätzlich an.

Die von GRASHORN (2004) getroffene Aussage bezüglich der **Bruchfestigkeit** der Eischalen von Junghennen konnte im Versuch nicht bestätigt werden. Im Versuch lagen die Werte deutlich darunter (siehe Abb. 11). Allerdings stimmten die bei

allen vier Gruppen gemachten Beobachtungen über die mit dem Alter abnehmende Bruchfestigkeit mit den Ergebnissen von GRASHORN (2004) überein (siehe Abb. 12). Die von LEYENDECKER et al. (2002) gewonnenen Bruchfestigkeitswerte konnten von keiner der Versuchsgruppen annähernd erreicht werden. Da die Bruchfestigkeit der Eischale verschiedenen Einflussfaktoren -unter anderem der Futterzusammensetzung- unterliegt, kann bezüglich der unterschiedlichen Haltungseinflüsse kein aussagekräftiger Vergleich mit anderen Untersuchungsgruppen durchgeführt werden. So werden dem im Versuch verwendeten ökologischen Futter keine zusätzlichen Mineralstoffe beigemischt, in herkömmlichen konventionellen Futtermischungen ist dies jedoch erlaubt und sogar erwünscht. Die einheitlichen Umwelteinflüsse auf die vier Gruppen könnten demnach der Grund für die ähnlichen, nicht signifikanten Ergebnisse sein.

Die von LEYENDECKER (2002) und GRASHORN (2004) angegebenen Referenzwerte für die **Eischalendicke** wurden von den Versuchsgruppen überschritten (siehe Kap. 4.3.4). Im Vergleich zu den von PINGEL & JEROCH (1980) benannten Werten lagen diejenigen der vier Gruppen sowohl zu Beginn als auch zum Ende der Legeperiode zum Teil um über 100 µm höher. Im Versuch wurde zwar ebenso am Äquator gemessen, allerdings zählte hier auch die Eihaut zur Schale. Übereinstimmende Ergebnisse mit PINGEL & JEROCH (1980) wurden bezüglich des zeitlichen Verlaufs während der Legeperiode erzielt (siehe Abb. 13). Die vergleichbaren Werte aller vier Gruppen lassen sich wie bei der Bruchfestigkeit der Eischalen mit der Aufnahme des selben Futters begründen. Der im Zeitraum der 45. bis 48. Lebenswoche sichtbare Rückgang der Eischalendicke (siehe Abb. 13) könnte mit den Aussagen von KESHAVARZ (1986) und KOLB (1992) erklärt werden. Durch die lange Lagerung des relativ grobkörnigen Futters im Silo kam es vermutlich zu einer Entmischung der Futterbestandteile, wodurch möglicherweise der Calciumgehalt zeitweise abnahm. So wurden auch in Analysen von gezogenen Futterproben ein zu niedriger Calcium- und ein zu hoher Phosphorgehalt gemessen. Allerdings fanden die Untersuchungen erst einige Zeit nach dem Rückgang der Schalendicke statt. Die Tatsache, dass die Calcium- und Phosphorgehalte der Legehennen im Blut zu diesem Zeitpunkt ebenfalls ein Minimum erreichten (siehe Abb. 22, 23) unterstützt diese These.

5.3 Immunstatus und physiologische Blutparameter

Die **Immunglobulin Y-Werte** aller vier Gruppen lagen in dem von LÖSCH et al. (1986) genannten Referenzbereich (siehe Abb. 14). Sie erreichten eine vergleichbare Konzentration wie die von ERHARD et al. (2000) angegebenen Werte. Das Auftreten von signifikanten Unterschieden zwischen den Gruppen 60 und 90 bzw. 60 und 120 (Gruppe 30 nahm eine Zwischenstellung ein) beruhte vermutlich auf den unterschiedlichen Besatzdichten. So wiesen die Hennen der zwei höchsten Besatzdichten trotz denselben Einflüssen, denen die Tiere seitens des Futters, der Impfungen, des Klimas und der Volierenausstattung unterlagen, die niedrigsten Immunglobulinwerte auf. Der kontinuierliche Abfall der IgY Werte bis zur 31. Lebenswoche könnte auf ein Absinken des Impftiters hinweisen, der kurz vor der Einstellung und danach erst wieder in der 41. Lebenswoche aufgefrischt wurde. Weiterhin wäre zu erwähnen, dass sich parallel dazu der Gefiederzustand zwischen der 31. und 37. Lebenswoche extrem verschlechterte. Der daraus resultierende Stress für die Tiere würde eine mögliche Erklärung für den Einbruch der Immunabwehr abgeben.

Der bei den Versuchsgruppen gemessene **Hämatokrit** entsprach den von FREEMAN (1971) angegebene Werten für ovulierende Hennen (siehe Abb. 16). Der ebenfalls von FREEMAN (1971) beschriebene Anstieg des Hämatokritwertes am Ende der Legeperiode wurde allerdings nur von den Gruppen 30 und 60 gezeigt (siehe Abb. 17). Dass dies bei den anderen Gruppen nicht der Fall war, liegt womöglich an der hohen Varianz, die gerade beim Einzeltier ohne erkennbaren Grund auftritt. Auffällig war der drastisch abgesunkene Hämatokrit bei der letzten Blutuntersuchung. Die Ursache dafür lag sehr wahrscheinlich am Befall des gesamten Bestandes mit der blutsaugenden Roten Vogelmilbe. Dieser trat im letzten Drittel der Legeperiode auf und konnte mit Hilfe von Silikatstaub einige Zeit eingedämmt werden. In den letzten 3 Wochen vor der Ausstallung war der Milbenbefall jedoch hochgradig.

Die **Hämoglobinkonzentration** war bei allen vier Gruppen ähnlich (siehe Abb. 18). Im zeitlichen Verlauf während der Legeperiode ließ sie, ähnlich der Aussage von BELL (1971), keine eindeutige Tendenz bezüglich äußerer oder innerer Einflussfaktoren erkennen (siehe Abb. 19). Eine Abhängigkeit von der Besatzdichte lässt sich ebenfalls ausschließen.

Die **Serumcalciumwerte** lagen bei allen vier Gruppen in einem ähnlichen Bereich (siehe Abb. 20). Die relativ hohe Calciumkonzentration der Gruppe 90 könnte ein Resultat des Eierfressens dieser Gruppe gewesen sein, wodurch sich die Aufnahme des in der Eischale gebundenen Calciums erhöht hätte. Eine weitere Erklärung der leicht erhöhten Werte der Gruppe 90 bzw. der etwas niederen Werte der Gruppe 30 wäre mit der Aussage von NYS (1986) gegeben. Durch den im zeitlichen Zusammenhang mit der Ovulation schwankenden Gehalt an Calcium im Blut, werden je nach Zeitpunkt der Blutentnahme und individuellem Legerhythmus bei jeder Untersuchung andere Gruppendurchschnitte erreicht. Dies könnte dadurch im zeitlichen Verlauf zu unregelmäßigen Schwankungen führen (siehe Abb. 23).

Die **Serumphosphorwerte** wiesen zwischen den vier Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf (siehe Abb. 21). Das gleichzeitige Absinken sowohl der Phosphor- als auch der Calciumwerte in der 50. Lebenswoche (siehe Abb. 22, 23) könnte -wie schon bei der Eischalendicke erwähnt- auf eine ungenügende Zufuhr dieser Mineralstoffe mit dem Futter zurückgeführt werden. Durch den vergleichsweise höheren Abfall an Phosphor im Serum zu dieser Zeit kam es außerdem zu einer Verschiebung des **Calcium/Phosphor Verhältnisses** zugunsten des Calciums (siehe Tab. 22). Der bis auf diese Ausnahme relativ konstante Quotient aus diesen beiden Mineralstoffen wurde durch die nachgewiesene Korrelation der Calcium- und Phosphorwerte unterstrichen. Das gleichbleibende Niveau der Calciumkonzentration im zeitlichen Verlauf bei der Gruppe 30, deren Serum zwar erniedrigte Phosphor- jedoch keine absinkenden Calciumwerte aufwies, könnte der Grund für die nicht vorhandene Korrelation zwischen den beiden Mineralstoffen in dieser Gruppe sein. Möglicherweise selektierten die Tiere der Gruppe 30, die dieselbe Futtermenge wie die übrigen Gruppen bekamen, die besten Futterpartikel aus und hatten vermehrt Calcium zur Verfügung. Dieses reichte zwar zur Aufrechterhaltung eines konstanten Spiegels im Blut, jedoch nicht zur Erhaltung einer gleichbleibend dicken Eischale aus (siehe Abb. 13). In den Gruppen mit höheren Besatzdichten musste zur ausreichenden Futtermittellieferung aller Tiere das gesamte angebotene Futter gefressen werden. Eine Selektion war hier demnach eher unwahrscheinlich.

5.4 Bonitierung

Bei der **Gefiederbeurteilung** wurden abweichende Ergebnisse zu denen von ALLEN & PERRY (1975), SIMONSEN et al. (1980) und HANSEN & BRAASTAD (1994) erzielt (siehe Tab. 23). Grundsätzlich war die Tendenz, mit höherer Besatzdichte ein schlechteres Gefieder aufzuweisen schon gegeben. So erreichten sowohl die Gruppe 60 als auch die Gruppe 120 einen schlechteren Beurteilungsgrad als die Gruppe 30. Jedoch lag der Durchschnitt der Gruppe 60 teilweise unter dem der Gruppe 120. Am besten abgeschnitten hatte während der gesamten Legeperiode die Gruppe 90. Mit einer Ausstattungsbeurteilung von 1,8 nahm sie deutlich vor allen anderen Gruppen den ersten Platz ein. Vergleicht man diese Ergebnisse mit denjenigen der Verhaltensbeobachtungen (siehe Abb. 2-5), so lässt sich ein Zusammenhang vermuten. Die Gruppe 120 übte am häufigsten Aggressionsverhalten aus und zeigte auch ein schlechtes Gefieder. Im Gegensatz dazu lag die Gruppe 90 bei dieser Verhaltensweise ganz hinten. Gruppe 30 führte Federpicken und -ziehen am häufigsten aus, wodurch sie eventuell bei der Gefiederbeurteilung schlechter als die Gruppe 90 abschnitt. Die mit dem Alter der Legehennen zunehmende Verschlechterung des Gefieders stimmte mit Untersuchungen von BARNETT et al. (1997) überein, wobei eine Ausnahme vor allem bei den Gruppen 60 und 120 in der 37. Lebenswoche bestand. Zu diesem Zeitpunkt war deren Gefiederzustand sogar schlechter als am Ende der Legeperiode. Im Vergleich zu Gefiederbeurteilungen bei Tetra-Hennen von DAMME (2003) schnitten die vier Versuchsgruppen deutlich besser ab, wofür wahrscheinlich die verhältnismäßig kleinen Gruppengrößen verantwortlich waren. Bei den aufgetretenen **Verletzungen** stimmten die Ergebnisse bezüglich des aufgetretenen Kannibalismus mit den Beobachtungen von HUGHES & DUNCAN (1972) bzw. BILCIK & KEELING (1999) überein.

5.5 Gesundheitsstatus und Ausfälle

Die **Verlustraten** aus Beobachtungen von LANGE (1996), PETERMANN (2003) und KREIENBROCK et al. (2004) stimmten nur mit denen der Gruppe 120 (18%) überein. Die Gruppen 30 und 60 lagen mit Verlusten von höchstens 5% deutlich darunter (siehe Abb. 24). Die von FÖLSCH et al. (1997) ermittelten Werte für die Volierenhaltung waren mit denjenigen der Gruppe 90 (7% Verlustrate) identisch. Die speziell bei der Linie Tetra aufgetretenen Verlustraten (LANGE, 2000 bzw.

JACOBS & WINDHORST (2003)) entsprachen den Werten der Gruppe 60 bzw. 30. Die Gruppen 90 und 120 zeigten deutlich höhere Verluste. Die Ursache dieser unterschiedlichen Ausfallsraten war eindeutig der nur in Gruppe 120 aufgetretene Kannibalismus, welcher für 72% der Abgänge verantwortlich war.

Die **Abgangsursache** in Form von Kannibalismus traf im Vergleich zu LANGE (1996) und DAMME (2003) nur auf die Gruppe 120 zu.

5.6 Post mortem Untersuchungen

Die in der **pathologischen Untersuchung** (siehe Tab. 24) festgestellten Brustbeinverkrümmungen wurden wahrscheinlich durch das Anfliegen der Hennen gegen die Voliereninnenausstattung verursacht. Die in der 50. Lebenswoche aufgetretenen Mängel an Calcium und Phosphor könnten ausschlaggebend für diese Veränderung gewesen sein. Ein Mangel im Blut an diesen Mineralstoffen fördert deren Abbau aus den Knochen und führt somit zu einer poröseren Struktur mit größerem Frakturrisiko. Die bei der Gruppe 60 in Übereinstimmung mit KLACZINSKI (1992) vermehrt aufgetretene Salpingitis könnte eine Folge der hohen Legeleistung dieser Gruppe gewesen sein (siehe Abb. 6). Die Verletzung der untersuchten Henne aus Gruppe 90 deckte sich mit den Beobachtungen aus Kapitel 4.6.2.

Die zum Teil signifikanten Ergebnisse der **Knochenbruchfestigkeit** (siehe Abb. 25) zeigten weder Parallelen zu den Medianen noch zu den kurz vor der Ausstellung gemessenen Serumcalcium- und Serumphosphorwerten (siehe Abb. 20, 21). Lediglich die Gruppe 30 zeigte bei beiden Parametern relativ niedriger Werte. Die Gruppen 60 und 120 wiesen zueinander bei den Calcium- und Phosphorwerten jeweils keine Unterschiede auf, wohingegen sie sich bei der Bruchfestigkeitsmessung deutlich unterschieden. Als mögliche Erklärung käme die Aussage von WHITEHEAD (1999) in Betracht. Ähnlich wie der Serumcalciumwert unterliegt die Mineralisierung der Röhrenknochen in Abhängigkeit von der Eischalenbildung rhythmischen Schwankungen. Andererseits könnten die schlechter mineralisierten Knochen der Gruppe 120 auf einen Mangel an Mineralstoffen hinweisen. Deren nicht erniedrigte Calciumwerte im Serum kurz vor der Ausstellung wären somit eine kompensatorische Folge des vermehrten Abbaus aus dem Knochen, was durch einen Mangel im Futter hervorgerufen sein könnte. Da in dieser Gruppe jedoch auch Bruchfestigkeitseinzelergebnisse von knapp

300 N vorkamen, wäre es auch möglich, dass der Mineralstoffmangel nicht primär von der Futterzusammensetzung herrührte. Für rangniedere Hennen beispielsweise, die bei der hohen Besatzdichte mangels Platz erst später zum Fressen gelassen wurden, könnten bestimmte Futterinhaltsstoffe nicht mehr genügend zur Verfügung gestanden haben.

Die Festigkeit des Knochens wird weiterhin von der Art der Haltung beeinflusst. Die Beobachtungen von RODENHOFF & DÄMMRICH (1973), BOSCH & VAN NIEKERK (1995) und LEYENDECKER (2002) zeigen eindeutig eine höhere Bruchfestigkeit bei vermehrter Bewegung bzw. Auslauf. Dieser Aussage entsprechen die Ergebnisse der Gruppe 120, da aufgrund der hohen Besatzdichte eine vermehrte Fortbewegung in dieser Gruppe nicht stattfinden konnte (siehe Tab. 16).

5.7 Schlussfolgerung

Auf den ersten Blick hob sich keine der vier Besatzdichten mit durchgehend guten Ergebnissen von den anderen ab. Es herrschte außerdem entgegen der Erwartungen keine Proportionalität zwischen den unterschiedlichen Besatzdichten bzw. den Werten der untersuchten Parametern. Dass alle vier Gruppen im Vergleich zu anderen Untersuchungen jedoch relativ gut abschnitten, lag vermutlich an der verhältnismäßig geringen Anzahl an Hennen pro Gruppe. Dies würde ein Haltungssystem mit Kleingruppenhaltung befürworten.

Aus **ethologischer Sicht** wurden die von SUNDRUM (1994) erhobenen Anforderungen an ein artgemäßes Haltungssystem von allen vier Gruppen erfüllt, obwohl einige Verhaltensweisen der Gruppe 120 aufgrund der höheren Besatzdichte seltener ausgeführt werden konnten (siehe Tab. 15, 16, 20, 21). Der hohe Anteil an Aggressionsverhalten dieser Gruppe stand jedoch dem auffällig häufig ausgeführten Pickverhalten der Gruppe 30 gegenüber (siehe Abb. 2-5).

Ökonomisch betrachtet wies die Gruppe 60 die höchste Legeleistung auf, im Hinblick auf die Eigewichte lag jedoch die Gruppe 30 auf Platz eins (siehe Abb. 6, 7, 9, 10). Die Bruchfestigkeit und die Eischalendicke zeigten bei allen vier Gruppen vergleichbare Werte.

Im Hinblick auf den **Gesundheitszustand** gab es keine großen Unterschiede zwischen den Gruppen 30, 60 und 90. Dagegen wies die Gruppe 120 zum Teil erheblich schlechtere Werte auf.

Der **Gefiederzustand** spiegelte die Häufigkeit des Aggressions- und Pickverhaltens der jeweiligen Gruppen wider und erhielt somit bei Gruppe 90 die beste Note. Den gleichen Zusammenhang wiesen die aufgetretenen **Verletzungen** auf, die sich signifikant bei der Gruppe 120 häuften.

Die beträchtliche **Ausfallsquote** der Gruppe 120 von 18% resultierte aus der hohen Kannibalismusrate.

Die **pathologische Untersuchung** zeigte keine auffälligen Unterschiede zwischen den vier Gruppen auf, wohingegen die Knochen der Gruppe 60 am stärksten, die der Gruppe 120 am geringsten mineralisiert waren.

Insgesamt konnten teilweise Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden werden. Würde man aus den Mittelwerten sämtlicher erzielter Ergebnisse je Gruppe jedoch eine endgültige Reihenfolge festlegen (siehe Tab. 25), so schnitten tatsächlich die Gruppen mit zunehmender Besatzdichte schlechter ab. Dies setzt jedoch eine Gleichgewichtung aller untersuchten Parameter voraus, was bezüglich der Praxisrelevanz berücksichtigt werden sollte. Bei den Gruppen 30, 60 und 90 fielen die Unterschiede allerdings sehr gering aus. Dagegen zeigte die Gruppe 120 durchaus Nachteile hinsichtlich Tiergesundheit, Verhalten und Leistungsparametern. Da die Gruppen 30 und 60 mit ihrer geringen Besatzdichte für die Legehennenhaltung in Deutschland aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll sind, kann als praxisrelevante Empfehlung eine Besatzdichte von etwas weniger als 18 Hennen/m² nach den vorliegenden Ergebnissen empfohlen werden. Allerdings sollten diese ersten erzielten Ergebnisse noch durch weitere Studien bestätigt werden.

6 Zusammenfassung

Die rechtlichen Rahmenbedingungen bezüglich der Legehennenhaltung in Deutschland werden weiterhin kontrovers diskutiert. Da die derzeitige Fassung der TschNThaltgs-VO (Abschnitt 3: Legehennen, 28. Februar 2002) alternative Haltungssysteme vorsieht, sind weitere Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet erforderlich. Im Rahmen dieser Studie wurden in vier identische Volierenabteile Legehennen der Linie Tetra-SL mit jeweils unterschiedlichen Besatzdichten eingestellt. Die Gruppengrößen beliefen sich auf 4,5, 9, 13,5 bzw. 18 Tiere/m² Stallgrundfläche (jeweils als Gruppe 30, 60, 90 und 120 bezeichnet). Im Laufe einer Legeperiode sollten hinsichtlich der Parameter Verhalten, Leistung, Produktmerkmale, physiologische Blutwerte und Immunstatus, Gefiederzustand, Ausfälle und Knochenbruchfestigkeit Ergebnisse gewonnen und dabei auftretende Gruppenunterschiede festgestellt werden.

- Mit Hilfe von **Videobeobachtungen** konnten einzelne Verhaltensweisen und ihre jeweiligen Frequenzen beurteilt werden. Während der Anteil des Nahrungsaufnahmeverhaltens im Tagesverlauf auf über 50% bei allen Gruppen anstieg, reduzierte sich das Ruhen in den Abendstunden. Im ersten Fall wurden von den Gruppen in aufsteigender Besatzdichte durchschnittlich 51,3%, 52,8%, 45,6% bzw. 53,7% Nahrungsaufnahmeverhalten gezeigt, im zweiten Fall belief sich der Anteil am Ruheverhalten auf durchschnittlich 7,16%, 7,20%, 9,17% bzw. 7,69%. Es wurde dabei ein vermehrtes Ruheverhalten auf den höher gelegenen Kotbändern festgestellt (Oberes Kotband 17%, unteres Kotband 8%, Nester 5%, Scharraum 2-3%). Die Aktivität im Sinne von Fortbewegung fand dagegen abends ihren Höhepunkt, wobei Gruppe 30 mit 16,4% den höchsten und Gruppe 120 mit 5,83% den geringsten Anteil aufwies (Gruppe 60 und 90 lagen bei einem Anteil von 9,97% und 10,1%). Das Komfortverhalten zeigte mittags sein Maximum, Gruppe 30 führte diese Verhaltensweise mit einem Anteil von 9,91% am häufigsten aus (dagegen Gruppe 60, 90 und 120 mit 5,56%, 6,32% bzw. 7,73%). Das Nestinspektionsverhalten bzw. die Häufigkeit des Nestbetretens und -verlassens sank im Laufe des Tages ab, und wurde von der Gruppe 120 mit einem Anteil von 6,89% Nestinspektion bzw. 1,60% Nestbetreten/-verlassen am häufigsten durchgeführt (die Gruppen 30, 60 und 90 lagen in beiden Verhaltenskategorien bei je 3,90% bzw. 0,80%; 6,29% bzw. 1,37% und 5,45%

bzw. 0,73%). Im Scharraum wurden in abnehmender Reihenfolge Nahrungsaufnahme- (25,6%), Fortbewegungs-(9,98%), Komfort-(6,20%) und Ruheverhalten (2,68%) ausgeführt.

- Mittels **Direktbeobachtung** konnte genauer auf das Aggressions- und Pickverhalten der Legehennen im Scharraum eingegangen werden. Dabei ergaben sich hinsichtlich der dem Aggressionsverhalten zugeordneten Verfolgungs- und Hackaktionen ein signifikant hoher Anteil der Gruppe 120. Genau umgekehrt verhielt es sich bei den dem Pickverhalten zugeordneten Federpick- und Federziehaktionen. Hier führte die Gruppe 30 mit signifikant hohen Werten. Im zeitlichen Verlauf während der Legeperiode konnte keine zu- bzw. abnehmende Tendenz dieser Verhaltensweisen beobachtet werden.
- Mit einer **Gesamtlegeleistung** von 87,5% erzielte die Gruppe 60 den ersten Rang. Die Gruppen 30 und 90 lagen mit 85,3% bzw. 85,2% dahinter, während Gruppe 120 trotz einer medianen Legeleistung von 87,7% weder signifikante Unterschiede zur Gruppe 60 noch zu den übrigen Gruppen zeigte. Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeichnete sich um die 30. Lebenswoche bei allen vier Gruppen ein Leistungsmaximum von 91% (Gruppe 30) bis über 96% (Gruppen 60 und 120) ab, welches danach kontinuierlich zurückging.
- Der **Anteil verlegter Eier** war bei allen vier Gruppen mit medianen Werten von 0 (Gruppen 30, 60 und 90) bis 1,12% (Gruppe 120) relativ gering. Die entsprechenden Mittelwerte lagen bei 1,41%, 0,82%, 1,19% bzw. 1,55%.
- Ein durchschnittliches **Eigewicht** von 64,8 g wies die Gruppe 30 auf und lag somit an erste Stelle, dicht gefolgt von Gruppe 120 mit 64,2 g. Es folgten die Gruppen 60 und 90, die sich voneinander kaum unterschieden (63,8 g bzw. 63,5 g). Im zeitlichen Verlauf während der Legeperiode nahm das Durchschnittsgewicht der Eier stetig zu.
- Der **Knick- und Bruchanteil** lag bei allen vier Gruppen bei einem Medianwert von 0% (die Mittelwerte betrugen in aufsteigender Besatzdichte 0,07%, 0,31%, 0,29% bzw. 0,27%), wobei ein vermehrtes Auftreten im Zeitraum der 25. bis 32. Lebenswoche zu beobachten war.
- Die Gruppe 120 nahm mit einem medianen **Schmutzeanteil** von 1,12% den ersten Rang ein. Die restlichen Gruppen lagen mit einem medianen Wert von 0% gleich auf. Die Mittelwerte in aufsteigender Besatzdichte nahmen Werte von 1,33%, 0,73%, 1,19% bzw. 1,88% ein.

- Bezüglich der **Bruchfestigkeit der Eischalen** wiesen alle vier Gruppen Werte um die 30 N auf. Gegen Ende der Legeperiode nahmen diese jedoch auf Werte um die 25 N ab.
- Die **Eischalendicke** lag mit durchschnittlich 0,4 mm bei allen vier Gruppen auf dem selben Niveau. Im Verlauf der Legeperiode nahmen die Werte um die 49. Lebenswoche ein Minimum von unter 0,3 mm an.
- Im Bezug auf den **immunologischen Parameter IgY** wies die Gruppe 60 mit 14,25 mg/ml die höchsten, die Gruppen 90 und 120 dagegen mit 12,55 mg/ml und 13,47 mg/ml signifikant niedrigere Werte auf. Gruppe 30 nahm mit 13,40 mg/ml eine Zwischenstellung ein.
- Mit einem durchschnittlichen **Hämatokrit** von 22% belegte die Gruppe 30 den ersten Rang vor den Gruppen 60, 90 und 120 mit Werten von 21,5% bzw. je 21%. Gegen Ende der Legeperiode sank der Hämatokritanteil bei allen vier Gruppen auf Werte um die 17-19% bzw. 20,5% (Gruppe 90).
- Die **Hämoglobinkonzentration** lag bei allen vier Gruppen im Bereich von 11-12 mg/dl. Dabei stiegen die durchschnittlichen Werte zu Beginn der Legeperiode von 8 auf über 11 mg/dl an und konnten dieses Niveau bis zum Ende halten.
- Mit einer **Calciumkonzentration** von 25,0 mg/dl hob sich die Gruppe 90 nach oben, die Gruppe 30 mit 24,3 mg/dl nach unten ab. Die Gruppen 60 und 120 lagen mit einem identischen Wert von 24,6 mg/dl dazwischen.
- Der durchschnittliche **Phosphorgehalt** des Serums betrug bei allen Gruppen Werte um die 5,5 mg/dl.
- Im zeitlichen Verlauf der Legeperiode zeigten sich sowohl bei der Calcium- als auch bei der Phosphorkonzentration Schwankungen mit einem ausgeprägten Minimum in der 50. Lebenswoche. Zu diesem Zeitpunkt vergrößerte sich auch das sonst konstante **Calcium-/Phosphor Verhältnis** und stieg von durchschnittlich 4,2 : 1 auf Werte über 5 : 1 an. Bei den Gruppen 60, 90 und 120 ergab sich eine Korrelation zwischen den beiden Mineralstoffen.
- Bezüglich des **Gefiederzustandes** wurde eine kontinuierliche Verschlechterung in allen Gruppen festgestellt. Die durchschnittlichen Ausstellungsnoten lagen in der Gruppe 90 bei 1,8, gefolgt von Gruppe 30 mit 2,1. Die Gruppen 60 und 120 bekamen jeweils eine 2,4 und waren somit am Ende gleich auf.

- Es konnten im Laufe der Legeperiode im Hinblick auf **Verletzungen** bei allen Gruppen vereinzelt oberflächliche Hautläsionen und ein minimaler Anteil an tieferen Wunden festgestellt werden. Gegen Ende der Legeperiode trat in der Gruppe 120 bei knapp 13% der Hennen Kloakenkannibalismus auf, was zu Ausfällen der betroffenen Tiere führte.
- Die **Ausfälle** beliefen sich bis zur Ausstellung bei den Gruppen 30, 60 und 90 auf 3, 5 bzw. 7%. Gruppe 120 grenzte sich davon, resultierend aus der hohen Kannibalismusrate, mit 18% deutlich ab.
- Bei der **Sektion** wurden bei allen untersuchten Hennen mittelgradige Fettlebern gefunden, etwa die Hälfte wies Brustbeinverkrümmungen auf und sehr vereinzelt wurden Salpingitiden, inaktive Ovarien und Brustblasen entdeckt.
- Bei der post mortem durchgeführten **Knochenbruchfestigkeitsmessung** der rechten und linken Oberschenkelknochen ergab sich als maximale Kraft, die zum Brechen benötigt wurde, für die Gruppe 60 signifikant hohe Werte mit durchschnittlich 263,7 N. Die Gruppe 120 erreichte nur einen Durchschnittswert von 224,6 N. Die Gruppen 30 und 90 lagen mit Medianwerten von 217,6 N bzw. 247,7 N dazwischen und zeigten keinerlei signifikanten Unterschiede. Eine Korrelation der Bruchfestigkeiten der rechten und linken Femurknochen konnte nachgewiesen werden ($r=0,60$; $p<0,0001$).
- Die **Elastizität** der Femurknochen wurde durch die Dehnung bestimmt und nahm Werte von 1,48 mm (Gruppe 90), 1,45 mm (Gruppe 30 und 60) bzw. 1,42 mm (Gruppe 120) an.

Bei einer theoretischen **Gleichgewichtung aller untersuchten Parameter** hinsichtlich Tiergesundheit, Verhalten und Leistung schnitten die Gruppen mit zunehmender Besatzdichte schlechter ab. Die Besatzdichten mit 4.5, 9 und 13.5 Tiere/m² erzielten dabei vergleichbar gute Resultate und unterschieden sich nur geringfügig voneinander. Die Besatzdicht mit 18 Tieren/m² dagegen belegte mit größerem Abstand den letzten Rang.

7 Summary

Animal health, behavior and productivity in consideration of stocking density of laying hens in aviary housing systems

The legal framework conditions regarding the keeping of laying hens in Germany are still being discussed controversially. As the current version of the German Regulation on Animal Protection and the Keeping of Farm Animals (TschNThaltgs-VO; section 3 on Laying Hens, 28.02.2002) calls for alternative housing systems, additional research in that field is required. Within the framework of this study laying hens of the Tetra-SL breed were placed into four identical aviary compartments with varying stocking densities. The individual groups comprised 4.5, 9, 13.5 and 18 animals/m² cage floor space, respectively, and are referred to as group 30, 60, 90 and 120. The objective of this study was to investigate the parameters of behavior, performance, product characteristics, physiological blood values and immune status, feather condition, losses and bone fracture resistance during one laying period, and determine the differences between the individual groups.

- **Video monitoring** allowed the assessment of individual pieces of behavior and their frequency. While the percentage of feed intake behavior increased to more than 50% during the course of day in all groups, resting was reduced in the evening hours. In the first case, the percentage of feed intake behavior exhibited in the individual groups was 51.3 %, 52.8 %, 45.6 % and 53.7 %, respectively, with increasing stocking density. In the second case, the average percentage exhibiting resting behavior was 7.16 %, 7.20 %, 9.17 % and 7.69 %, respectively. An increased incidence of resting behavior was found at the upper waste conveyor belts (upper waste conveyor belt 17 %, lower waste conveyor belt 8 %, nests 5 %, scratching area 2-3 %). Activity in the form of locomotion, on the other hand, peaked during the evening hours, with the highest percentage in group 30 with 16.4 %, and the lowest percentage in group 120 with 5.83 % (the percentage in groups 60 and 90 was 9.97 % vs. 10.1 %). Comfort behavior was at a maximum at noon, with group 30 in the lead with a share of 9.91 % (whereas the percentage in groups 60, 90 and 120 was 5.56 %, 6.32 % and 7.73 %, respectively). Nest inspection behavior and the frequency of nest entering and

leaving decreased during the course of day, with the highest occurrence in group 120 at 6.89 % for nest inspection and 1.60 % for nest entering/leaving (in groups 30, 60 and 90, the respective percentages were 3.90 % vs. 0.80 %; 6.29 % vs. 1.37 % and 5.45 % vs. 0.73 % in the two behavioral categories). In the scratching area feed intake (25.6 %), locomotive (9.98 %), comfort (6.20 %) and resting behavior (2.68 %) was observed, with decreasing frequency.

- **Direct observation** allowed a closer look at the aggression and pecking behavior of the laying hens in the scratching area. As regards chasing and hacking, which are classified as aggressive behavior, the percentage was significantly high in group 120. The opposite held true for feather pecking and feather plucking, which are classified as pecking behavior. Here, the percentage was significantly high in group 30. During the course of the laying period no increasing or decreasing tendency of these behavioral patterns was observed.
- With an **overall laying performance** of 87.5 % group 60 ranked first. Groups 30 and 90 followed with 85.3 % vs. 85.2 %, whereas group 120, despite a median laying performance of 87.7 %, exhibited no significant differences to either group 60 nor any of the other groups. During the course of the laying period there was a performance peak in the 30th week of life in all four groups, from 91 % (group 30) up to 96 % (groups 60 and 120), which afterwards declined continuously.
- The **proportion of mislaid eggs** was relatively low in all four groups, with a median of 0 (groups 30, 60 and 90) and 1.12 % (group 120). The respective average values were 1.41 %, 0.82 %, 1.19 % and 1.55 %.
- With an average **egg weight** of 64.8 g group 30 ranked first, closely followed by group 120 with 64.2 g. Then came groups 60 and 90, which hardly differed from one another (63.8 g vs. 63.5 g). During the course of the laying period the average weight of the eggs increased steadily.
- The **proportion of cracked or broken eggs** had a median of 0 % in all four groups (the mean values were 0.07 %, 0.31 %, 0.29 % and 0.27 % with increasing stocking density), with a higher occurrence between the 25th and the 32nd week of life.
- Group 120 ranked first with a median **proportion of dirty eggs** of 1.12 %. With a median of 0 % the other groups were on an equal level. The mean values with increasing stocking density were 1.33 %, 0.73 %, 1.19 % and 1.88 %.

- As regards **eggshell breaking strength** all four groups exhibited values around 30 N. Towards the end of the laying period, however, these values decreased to about 25 N.
- With an average 0.4 mm, **eggshell thickness** was at the same level in all four groups. During the course of the laying period these values dropped to a minimum below 0.3 mm around the 49th week of life.
- As regards the **immunologic parameter of IgY** group 60, with 14.25 mg/ml, had the highest value, whereas groups 90 and 120 exhibited significantly lower values of 12.55 mg/ml and 13.47 mg/ml. Group 30, with 13.40 mg/ml, ranked between them.
- With an average **hematocrit** of 22 % group 30 ranked first, followed by groups 60, 90 and 120 with values of 21.5 % vs. 21 % each. Towards the end of the laying period hematocrit decreased in all four groups to values around 17-19 % or 20.5 % (group 90).
- **Hemoglobin concentration** was within a range of 11-12 g/dl in all four groups. The average values increased from 8 to over 11 g/dl at the beginning of the laying period, a level which was maintained until the end.
- With a **calcium concentration** of 25.0 mg/dl group 90 ranked highest whereas group 30 was lowest with 24.3 mg/dl. Groups 60 and 120 were in-between, with an identical value of 24.6 mg/dl each.
- The average serum **phosphorus content** was around 5.5 mg/dl in all groups.
- During the course of the laying period both the calcium and the phosphorus concentration varied, with a marked minimum in the 50th week of life. At that time the otherwise constant **calcium/phosphorus ratio** changed as well, increasing from an average 4.2 : 1 to values above 5 : 1. In groups 60, 90 and 120 a correlation was found between the two mineral substances.
- As regards **feather condition** a continuous deterioration was detected in all groups. The average rating upon depopulation was 1.8 in group 90, followed by group 30 with 2.1. Groups 60 and 120 were each rated with 2.4 and were thus on an equal level in the end.
- As regards **injuries**, rare cases of superficial skin lesions and a minimal occurrence of deeper wounds was noted in all groups during the laying period. Towards the end of the laying period cloacal cannibalism occurred in almost 13 % of the hens in group 120, resulting in the loss of the animals affected.

- Until depopulation, **losses** were 3, 5 and 7 %, respectively, in groups 30, 60 and 90. Group 120, as a result of the high rate of cannibalism, stood out significantly with 18 %.
- Postmortem revealed moderate fatty livers in all hens examined; about half of them exhibited sternal deformities, and in very rare cases, salpingitis, inactive ovaries and breast blisters were found.
- Postmortem **measurement of bone fracture resistance** at the right and left femoral bone yielded significantly high values for group 60 with an average of 263.7 N as the maximum force required to break the bone. Group 120 only reached an average value of 224.6 N. Groups 30 and 90, with median values of 217.6 N and 247.7 N, were in-between, exhibiting no major differences. A correlation of the fracture resistance of the right and the left femoral bones was demonstrated ($r=0.60$; $p<0.0001$).
- **Elasticity** of the femoral bones, which was determined by means of mechanical straining, was 1.48 mm (group 90), 1.45 mm (groups 30 and 60) and 1.42 mm (group 120).

Under the theoretical assumption that **all parameters investigated are equally important** in terms of animal health, behavior and performance, the groups deteriorated with increasing stocking density. The stocking densities of 4.5, 9 and 13.5 animals/m² showed similarly good results and hardly differed from one another. The stocking density of 18 animals/m², on the other hand, ranked last by a considerable margin.

8 Literaturverzeichnis

- ALLEN, J., PERRY, G.C. (1975):** Feather pecking and cannibalism in a caged layer flock. *British Poultry Science*, 16, 441-451
- ANONYMUS (1991):** Verordnung (EWG) Nr. 1274/91 der Kommission mit Durchführungsvorschriften für die Verordnung (EWG) Nr. 1907/90 des Rates über bestimmte Vermarktungsnormen für Eier vom 15. Mai 1991 - Anhang II
- ANONYMUS (1999):** Richtlinie 1999/74/EG des Rates vom 19. Juli 1999 zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen
- APPLEBY, M.C. (1984):** Factors affecting floor laying by domestic hens: a review. *World's Poultry Science Journal*, 40, 24-249
- APPLEBY, M.C., MCRAE, H.E., DUNCAN, I.J.H. (1983):** Nesting and floor laying by domestic hens: effects of individual variation in perching behaviour. *Behav. Analysis Letters*, 3, 345
- BALNAVE, D. (1974):** Biological factors affecting energy expenditure. In: *Energy requirements of poultry. Poultry Science Symposium*, 9, 25-46
- BARNETT, J.L., GLATZ, P.C., NEWMAN, E.A., CRONIN, G.M. (1997):** Effects of modifying layer cages with perches on stress physiologie, plumage, pecking and bone strength of hens. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37, 523-529
- BAUER, T. (1995b):** Ergebnisse von Untersuchungen zum Nestverhalten von Legehennen in alternativen Haltungssystemen. Dissertation. Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin
- BAUM, S. (1992):** Zur Genese der Verhaltensstörung Federpicken. In: *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1991*, KTBL (Hrsg.) Darmstadt, KTBL-Schrift, 351, 60-67
- BELL, D.J. (1971):** Metabolism of the erythrocyte. In: BELL, D.J., B.M. FREEMAN (Hrsg): *Physiology and biochemistry of the domestic fowl*, 2. London, New York: Academic press 1971b, 863-871
- BESSEI, W. (1983):** Zum Problem des Federpickens und des Kannibalismus. *DGS-Magazin*, 24, 656-666
- BIEDERMANN, G.V., SCHMIEMANN, N., LANGE, K. (1993):** Untersuchungen über Einflüsse auf den Zustand des Gefieders von Legehennen unterschiedlichen Alters. *Archiv für Geflügelkunde*, 57. Jg., 6, 280-285

- BILCÍK, B., KEELING, L.J. (1999):** Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *British Poultry Science*, 40, 444-451
- BIZHANOV, G., VYSHNIAUSKIS, G. (2000):** A Comparison of three Methods for Extracting igY from the egg Yolk of Hens Immunized with Sendai Virus. *Veterinary Research Communications*, 24 (2000), 103-113
- BLOKHUIS, H.J. (1986):** Feather-pecking in poultry: ist relation with ground-pecking. *Applied Animal Behaviour Science*, 16, 63-67
- BLOKHUIS, H.J., ARKES, J.G. (1984):** Some observations on the development of featerpecking in poultry. *Applied Animal Behaviour Science*, 12, 145-157
- BOGENFÜRST, F., PINGEL, H. (1998):** Züchtung von Legehybriden: Tetra dominiert in Ungarn. *DGS-Magazin*, 45, 36-37
- BOSCH, J.G.M.J., VAN NIEKERK, TH.G.C.M. (1995):** Health. In: BLOKHUIS, H.J., J.H.M. METZ (Hrsg.)(1995): *Aviary housing for laying hens*. ID-DLO/IMAG-DLO, Wageningen, 59-71
- BUNDESGESETZBLATT** Jahrgang 2002 Teil I Nr. 16, ausgegeben zu Bonn am 13.3.2002: Erste Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, vom 28.02.2002
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT:** 159. Legehennen nach Haltungsform. In: *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2002*.
- BURCKHARDT,C., D.W. FÖLSCH, U. SCHEIFELE (1979):** Das Gefieder des Huhnes - Abbild des Tieres und seiner Haltung. Reihe Tierhaltung, Bd. 9. Birkhäuser. Basel, Boston, Stuttgart.
- CORDTS, C., SCHMUTZ, M., PREISINGER, R. (2001):** Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung der Schalenstabilität von Eiern. *Lohmann Information* 3, 15-18
- D´EATH, R.B., KEELING, L.J. (2003):** Social discrimination and aggression by laying hens in large groups: from peck orders to social tolerance. *Applied Animal Behaviour Science*, 84, 197-212
- DAMME, K. (1984):** Genetische und phänotypische Beziehungen zwischen Produktionsmerkmalen und dem Energiestoffwechsel von Legehennen. Dissertation, Technische Universität München
- DAMME, K. (2003):** Eierzeugung in alternativen Haltungssystemen: Wie sich verschiedene Legehybriden dafür eignen. *DGS-Magazin*, 27, 12-18

- DAWKINS, M.S. (1989):** Time Budgets in Red Junglefowl as a Baseline for the Assessment of Welfare in Domestic Fowl. *Applied Animal Behaviour Science*, 24, 77-80
- DREYFUSS, A. (1937):** L'innervation de la plume. *Archives de Zoologie Expérimentale*, 79, 30-42, Paris
- DYCE, K.M., W.O SACK, C.J.G. WENSING (1997):** Anatomie der Haustiere. Enke-Verlag
- ERHARD, M.H., ÖZPINAR, H., BILAL, T., ABBAS, Y., KUTAY, C., ESECELI, H., STANGASSINGER, M. (2000):** The Humoral Immune Response and the Productivity of Laying Hens Kept On the Ground or In Cages. *ATLA*, 28, 699-705
- ERHARD, M.H., VON QUISTORP, I., SCHRANNER, I., JÜNGLING, A., KASPERS, B., SCHMIDT, P., KÜHLMANN, R. (1992):** Development of Specific Enzyme-Linked Immunosorbent Antibody Assay System for the Detection of Chicken Immunoglobulins G, M, and A Using Monoclonal Antibodies. *Poultry Science*, 71, 302-310
- ESTÉVEZ, I., NEWBERRY, R.C., KEELING, L.J. (2002):** Dynamics of aggression in the domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*, 76, 307-325
- FAO-DATENBASIS:** <http://apps.fao.org>
- FEHLHABER, K., P. JANESCHKE (1992):** Veterinärmedizinische Lebensmittelhygiene. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg
- FISHER, C. (1969):** The effects of a protein deficiency on egg composition. *British Poultry Science*, 10, 149.
- FÖLSCH, D.W. (1981):** Das Verhalten von Legehennen in Unterschiedlichen Haltungssystemen unter Berücksichtigung der Aufzucht. In: FÖLSCH, D.W., K. VESTERGAARD (Hrsg.) (1981): Das Verhalten von Hühnern. *Tierhaltung Bd. 12*, Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Stuttgart.
- FÖLSCH, D.W. (1982):** Das Konzept des Volierensystems für Hühner-Beispiel einer Lösung im Praxisbetrieb. In: FÖLSCH, D.W., A. NABHOLZ (Hrsg.): Ethologische Aussagen zur artgerechten Nutztierhaltung. *Tierhaltung, Bd. 13*, Birkhäuser Verlag, Boston, Stuttgart, 119-126
- FÖLSCH, D.W., R. HOFFMANN (1995):** Artgemäße Hühnerhaltung-Grundlagen und Beispiele aus der Praxis. Verlag C.F.Müller, Karlsruhe
- FÖLSCH, D.W., STAAK, M., TREI, G., KEPPLER, CHR., HÖFNER, M., HÖRNING, B. (1997):** Modellvorhaben Artgemäße Geflügelhaltung in Hessen - Abschlußbericht. Univ. Gesamthochschule Kassel-Witzenhausen

- FREEMAN, B.M. (1969):** Physiological Responses of the Adult fowl to Environment Temperature. World`s poultry science journal 22 (2), 140-145
- FREEMAN, B.M.(1971):** The corpuscles and the physical characteristics of blood. In: BELL, D.J., b.m. freeman (Hrsg) (1971a): Physiology and biochemistry of the domestic fowl, 2, London, New York: Academic press, 841-850
- FRIELING, H. (1936):** Die Feder (Bd. I). Das Federkleid (Bd. II). In: FRIELING, H. (Hrsg.) (1936): Beiträge zur Allgemeinen und Praktischen Gefiederkunde. Verlag Deutsche Gesellschaft für Kleintier- und Pelztierzucht, GmbH, Leipzig
- FRÖHLICH, E. (1990):** Zur Bedeutung erhöhter Sitzstangen und räumlicher Enge während der Aufzucht von Legehennen. KTBL (Hrsg.) Darmstadt, KTBL-Schrift, 344, 36-46
- FRÖHLICH, E., OESTER, H. (1986):** Die Beurteilung der Tiergerechtheit der neuen Haltungssysteme für Legehennen im Rahmen der Tierschutzgesetzgebung. Schweiz. Arch. Tierheilkunde, 128, 521-534
- FRÖHLICH, E., OESTER,H.C. (1989):** Anwendung ethologischer Erkenntnisse bei der Prüfung der Tiergerechtheit von Stalleinrichtungen und Haltungssystemen für Legehennen. In Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1988. KTBL (Hrsg.) Darmstadt, KTBL-Schrift, 336, 273-284
- GERLACH, F. (1999):** Aufzucht von Junghennen ausgewählter Hybridlinien im ökologischen Landbau, 26
- GRASHORN, M.A. (2004):** Faustzahlen zur Eiqualität. In: DAMME, K., C. MÖBIUS (Hrsg.)(2004): Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2004. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.187-197
- 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. Veterinary Record, 128, 397-399
- GROOT KOERKAMP, P.W.G., KEEN, A., VAN NIEKERK, TH.G.C.M., SMIT, S. (1995):** The effect of manure and litter handling and indoor climatic conditions on ammonia emissions from a battery cage and an aviary housing system for laying hens. Netherland Journal of Agricultural Science, 43, 351-373
- HANSEN, I., BRAASTAD, B.O. (1994):** Effect of rearing density on pecking behaviour and plumage conditon of laying hens in two types of aviary. Applied Animal Behaviour Science, 40, 263-272

- HARNER, J.P., WILSON, J.H. (1985):** Effect of body size and cage profile on the shear strength of bones of caged layers. *British Poultry Science*, 26, 543-548
- HUBER-EICHLER, B., AUDIGÉ, L. (1999):** Analysis of risk factors for the occurrence of feather pecking in laying hen flocks. *British Poultry Science*, 40, 599-604
- HUBER-EICHLER, B., SEBÖ, F. (2001):** Reduzierung des Federpickens in der Aufzucht von Legehennenküken in Voliersystemen. *Applied Animal Behaviour Science*, 73, 59-68
- HUBER-EICHLER, B., WECHSLER, B. (1997):** Feather Pecking in domestic chicks: Ist relation to dustbathing and foraging. *Animal Behaviour*, 54, 757-768
- HUBER-EICHLER, B., WECHSLER, B. (1998):** The effect of quality and availability of foraging materials on feather pecking in laying hen chicks. *Animal Behaviour*, 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. *Applied Animal Behaviour Science*, 54, 215-234
- HUGHES, B.O., DUNCAN, I.J.H. (1972):** The influence of strain and environment factors upon feather pecking and cannibalism in fowls. *British Poultry Science*, 13, 525-547
- IGGO, A., GOTTSCHALDT, K.-M. (1974):** Cutaneous mechanoreceptors in simple and complex sensory structures. Symp. Mechanoreception. Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften. Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen
- JACOBS, A.-K. (2003):** Die wirtschaftliche Bedeutung der Legehennenhaltung Deutschlands vor dem Hintergrund des neuen Rechtsrahmens in der Geflügelhaltung. In: JACOBS, A.K., H.W. WINDHORST. (Hrsg.)(2003): Dokumentation zu den Auswirkungen der ersten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung auf die deutsche Legehennenhaltung und Eiproduktion. Weiße Reihe, 22
- JACOBS, A.K., H.W. WINDHORST (2003):** Dokumentation zu den Auswirkungen der ersten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung auf die deutsche Legehennenhaltung und Eiproduktion. Weiße Reihe, 22
- JENKINSON, D., MC EWAN, BLACKBURN, P.S.(1968):** The distribution of nerves, monoamine oxidase and cholinesterase in the skin of poultry. *Res. Vet. Sci.*, 9, 429-434

- KEELING, L.J. (1995):** Feather pecking and cannibalism in layers. Poultry International, 6, 46-50
- KESHAVARZ, K. (1986):** The effect of variation of Ca intake on production performance and shell quality. Poultry Science, 65, 2120-2125.
- KJAER, J.B., SORENSEN, P., SU, G. (2001):** Divergent selection on feather pecking behaviour in laying hens (*Gallus gallus domesticus*). Appl. Anim. Behav. Sci., 71, 229-239
- KLACZINSKI, K. (1992):** Erkrankungen der eibildenden und -ableitenden Organe. In: HEIDER, G., G. MONREAL (Hrsg.): Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. Bd. II: Spezieller Teil 2. Fischer Verlag Jena und Stuttgart, 685-690
- KLEMPERER, F. (1893):** Über natürliche Immunität und ihre Verwertung für die Immunisierungstherapie. Arch. exptl. Pathol. und Pharmakol., 31, 356-382
- KNOWLESS, T.G., BROOM, D.M. (1990):** Limb bone strength and movement in laying hens from different housing systems. Veterinary Record, 126, 354-356
- KOLB, E. (1979):** Der Kalziumstoffwechsel bei Legehennen und seine Beziehungen zur Eischalenqualität. Mh. Vet.-Med., 34, 305-310.
- KOLB, E. (1992): Störungen infolge eines Mangels bzw. eines Überschusses an Mineralstoffen. In: HEIDER, G., G. MONREAL (Hrsg.) (1992): Krankheiten des Wirtschaftsgeflügels. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 1992
- KOSTKA, V. (1998):** Ausgewählte Erkrankungen beim Geflügel. In: STRIEZEL, A. (Hrsg.): Leitfaden zur Tiergesundheit in ökologisch wirtschaftlichen Betrieben. 2. Aufl. Bioland, Göppingen, 107-120
- KRAX, H. (1974):** Geflügelproduktion. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, 174-176
- KREINENBROCK, L., SCHÄL, J., BEYERBACH, M., ROHN, K., GLASER, S., SCHNEIDER, B. (2004):** Orientierende epidemiologische Untersuchung zum Leistungsniveau und Gesundheitsstatus in Legehennenhaltungen verschiedener Haltungssysteme-Abschlußbericht.
- KRUJIT, J.P. (1964):** Ontogeny of social behaviour in Burmese Red Junglefowl (*Gallus gallus spadiceus*). In: Behaviour, Supplement XII. Brill, Leiden
- LANGE, K.(2000):** 1. Eignungsprüfung verschiedener Legehennenhybridherkünfte für die Bodenhaltung 1996/99. Hessische Landesanstalt für Tierzucht (Hrsg.), Homberg/Ohm

- LANGE, K. (1996):** Alternative Haltungssysteme: Hennen in Volieren leistungsschwächer. DGS Magazin, 40, 34-40
- LARBIER, M., BLUM, J.C., GUILLAUME, J. (1972):** Effekts d`une deficiencie alimentaire an lysine et methionine sur la performance de poute et sur la teneur en acides amines libres du jaune d`oeuf. Ann. Biol. Anim. Bioche. Biophys., 12, 125.
- LESLIE, G.A., CLEM, L.W. (1969):** Phylogeny of immunoglobulin structure and function. III. Immunoglobulin of the chicken. J.Exp. Med., 130, 1337-1352
- LEYENDECKER, M., HAMANN, H., HARTUNG, J., GLÜNDER, G., NOGOSSEK, N., NEUMANN, U., SÜRIE, C., KAMPHUES, J., DISTL, O. (2002):** Untersuchungen zur Schalenfestigkeit und Knochenstabilität von Legehennen in drei verschiedenen Haltungssystemen. Züchtungskunde, 74, 144-155
- LOCKEN, M.R., ROTH, R.E. (1983):** Analysis of maternal IgG subpopulations which are transported into the chicken oocyte. Immunologie, 49, 21-28
- LÖSCH, U., SCHRANNER, I., WANKE, R., JÜRGENS, L. (1986):** The chicken egg, an Antibody Source. J. Vet. Med. B, 33, 609-619
- LUCK, M.R., SCANES, C.G. (1979):** The relationship between reproductive activity and blood Ca in the Ca-deficient hen. Brit. Poultry Sci., 20, 559-564
- MARTIN, G. (1986):** Die Pickaktivität von Hühnern als Kriterium für tiergerechte Fütterungs- und Haltungsbedingungen. In Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1985. KTBL (Hrsg.) Darmstadt, KTBL-Schrift, 311, 116-133.
- MC BRIDE, G., PARER, J., FOENDER, F. (1969):** The social organisation and behaviour of feral domestic fowl. Anim. Behav. Monogr., 2, 127-181
- MÜLLER, K., MARTENS, H., HILLER, P. (2000):** Erfassung des Produktionsverfahrens und des Arbeitsaufwandes (Arbeitszeitbedarf) in der Freilandhaltung von Legehennen im Betrieb R. Onken. Abschlußbericht zum KTBL-Arbeitsprogramm "Kalkulationsunterlagen", Oldenburg
- 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. Applied Animal Behaviour Science, 65, 137-152
- NYS, Y., N`GUYEN, T.M., WILLIAMS, J., ETGHES, R.J. (1986):** Blood levels of ionized Ca, Pi, 1,25-dihydroxycholecalciferol and gonadal hormones in hens laying hard shelled or shell-less eggs. J. Endocrin, 111, 151-157

- OSTMANN, O.W., RINGER, R.K., TETZLAFF, M. (1963):** The anatomy of the feather follicle and its immediate surroundings. Poultry Science, 42
- PATTERSON, R., YOUNGER, J.S., WEIGELE, W.O., DIXON, F.J. (1962):** The metabolism of serum proteins in the hen and chick and secretions of serum proteins by the ovary of the hen. J. gen. Physiol., 45, 501-513
- PAYNE, C.G. (1966):** Practical Aspects of Environmental Temperature for Laying Hens. World's poultry science journal, 22: 126-139
- 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. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 88-115
- RATH, N.C., HUFF, G.R., HUFF, W.E., BALOG, J.M. (2000):** Factors regulating bone maturity and strength in poultry. Poultry Science, 79, 1024-1032
- RAUCH, H.-W. (1991):** Neue Haltungsformen für Legehennen. Landtechnik, 46 (5), 232-234
- RODENHOFF, G., DÄMMRICH, K. (1973):** Untersuchungen zur Beeinflussung der Röhrenknochenstruktur durch verschiedene Haltungssysteme bei Masthähnchen. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 86, 230-234, 241-244.
- ROSE, M.E., ORLANS, E. (1981):** Immunoglobulins in the egg, embryo and young chick. Devel. And Comp. Immunol., 5, 15-20, 371-375
- SAMBRAUS, H.H. (1997):** Normalverhalten und Verhaltensstörungen. In: SAMBRAUS, H.H., A. STEIGER (Hrsg.): Das Buch vom Tierschutz. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 57-69
- SAVORY, C.J. (1995):** Feather pecking and cannibalism. World's Poultry Science Journal, 51, 215-219
- SAVORY, C.J., WOOD-GUSH, D.G.M., DUNCAN, I.J.H. (1978):** Freeding behaviour in a population of domestic fowls in the wild. Applied Animal Ethology, 4, 13-27
- SCHADE, R., PFISTER, C., HALATSCH, R., HENKLEIN, P. (1991):** Polyclonal IgY antibodies from chicken egg yolk-an alternative to the production of mammalian IgG type antibodies in rabbits. Alternative to Laboratory Animals, 19, 403-419
- SCHARTAU, O.(1938):** Die periphere Innervation der Vogelhaut. Zoologica, 95, 1-25
- SCHOLTYSSEK, S. (1987b):** Die Haltung von Hühnern. In: SCHOLTYSSEK, S. (Hrsg.): Geflügel. 312-388. Eugen-Ulmer. Stuttgart.

- SCHÜTZ, K.E., JENSEN, P. (2001):** Effects of Resource Allocation on Behavioural Strategies: A Comparison of Red Junglefowl (*Gallus gallus*) and Two Domesticated Breeds of Poultry. *Ethology*, 107, 753-765
- SCHWARTZKOPFF, J. (1973):** Mechanoreception. Chemoreception. In: *Avian Biologie*, Vol III, Academy Press, New York, San Francisco, London
- SIMONSEN, H.B., VESTERGAARD, K., WILLEBERG, P. (1980):** Effect of floor type and density on the integument of egg layers. *Poultry Science*, 59, 2202-2206
- STAMMER, A. (1961):** Die Nervenendorgane der Vogelhaut. *Acta Biologica Nova Series VII, Fascicoli*, 3-4, 115-131, Szeged (Hungaria)
- STETTENHEIM, P., LUCAS, A.M., DENINGTON, E.M., JAMROZ, C. (1963):** The arrangement and action of the feather muscles in chicken. *Proc. XIII, Intern. Ornithol. Congr.*, II, 918-924
- STRASSER, M. (1993):** Technisch-wirtschaftliche Beratung. Tätigkeitsbericht 1993
- SUNDRUM, A. (1994):** Definition des Begriffes "Tiergerechtheit". In: SUNDRUM, A., R. ANDERSSON, G. POSTLER (Hrsg.): *Tiergerechtigkeitsindex-200/1994*. Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn: 8-19
- VAN HORNE, P.L.M., BONDT, N. (2003):** Impact of EU Council Directive 99/74/EC "wellfare of laying hens" on the competitiveness of the EU egg industry (=Report 2.03.04). The Hague: LEI 2003.
- VESTERGAARD, K.S. (1994):** Dustbathing and its relation to feather pecking in the fowl: Motivational and developmental aspects. Dissertation, The Royal Veterinary and Agricultural University, Dept. Of Animal Science and Animal Health, Copenhagen (Denmark)
- VESTERGAARD, K.S., LISBORG, L. (1993): A model of feather pecking development which relates to dustbathing in the fowl. *Behaviour*, 126, 291-308
- VOGT-KAUTE, W. (1999):** Junghennen - Ökologische Aufzucht noch in den Startlöchern. *DGS-Magazin*, 9, 28-29
- WARR, G.W., MAGOR, K.E., HIGGINS, D.A. (1995):** IgY: clues to the origins of modern antibodies. *Immunology Today*, 16, 392-398
- WENNRICH, G. (1975):** Studien zum Verhalten verschiedener Hybrid-Herkünfte von Haushühnern (*Gallus domesticus*) in Bodenintensivhaltung mit besonderer Berücksichtigung aggressiven Verhaltens sowie des Federpickens und des Kannibalismus, 5. Mitteilung: Verhaltensweisen des Federpickens. *Archiv Geflügelkunde*, 39, 37-44

- WHITEHEAD, C.C. (1999):** Reducing osteoporosis in laying hens. *World Poultry*, 15, 78-82
- WILLIAMS, N.S.(1984):** Stress and the behaviour of domestic fowl. *World's Poultry Science Journal* 40. Jg., 3, 469-472
- WINDHORST, H.W. (2003):** Die deutsche Legehennenhaltung und Eierproduktion am Scheidweg. In: JACOBS, A.K., H.W. WINDHORST (Hrsg.)(2003): Dokumentation zu den Auswirkungen der ersten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung auf die deutsche Legehennenhaltung und Eiproduktion. Weiße Reihe, 22
- WINKELMANN, R.K., MYERS, T.T. (1961):** The histochemistry and morphology of the cutaneous sensory end-organs of the chicken. *J. comp. Neur.*, 117, 27-31
- WOERNLE, H. (1994):** Geflügelkrankheiten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- WOOD-GUSH, D.G.M. (1971):** The behaviour of the domestic fowl. Heinemann educational books Ltd. London
- WOOD-GUSH, D.G.M., DUNCAN, I.J.H. (1976):** Some behavioural observations on domestic fowl in the wild
- YNGVESSON, J. (2002):** Cannibalism in Laying Hens. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Skara 2002. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Veterinaria* 120. ISBN 91-576-6360-2
- Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle (Hrsg.):** Marktbilanz 2002: Eier und Geflügel. Bonn, verschiedene Ausgaben.

Danksagung:

Herrn Prof. Dr. M. Erhard gilt ganz besonders mein Dank für die Überlassung des interessanten Themas und die mir stets gewährte vielfältige Unterstützung vor und während der Anfertigung dieser Arbeit.

Ich danke dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, die mir im Rahmen des Verbundprojektes „Naturnahe Betriebs- und Haltungssysteme für Hühner – Tiergesundheit – Wirtschaftlichkeit – Umweltrelevanz“ die Durchführung dieser Studie ermöglichten.

Ebenso möchte ich mich herzlich bei meinem Betreuer Dr. S. Platz und meiner Betreuerin M. Le Bris bedanken, die mir mit ihrem ganzen Rat und Tat zur Seite standen.

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

Herrn Dr. F. Ahrens danke ich für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Ich danke Herrn Prof. Dr. R. Korbelt und seinen Mitarbeitern aus dem Institut für Geflügelkrankheiten der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Weiterhin möchte ich mich bei der Geflügelpraxis Dr. Schwarzer aus Freising bedanken.

Letztendlich gilt mein herzlichster Dank meiner Familie, die mich persönlich unterstützt und jederzeit aufgemuntert hat und allen Freunden, die mich verständnisvoll in der Zeit der Anfertigung dieser Arbeit begleitet und abgelenkt haben.

Lebenslauf:

Name: Bianca Saskia Baumgart

Geburtsdatum: 08.02.1978

Geburtsort: Ostfildern- Ruit

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: ledig

Wohnort: Grafenberg

1984 – 1988 Besuch der Grundschule am Klosterhof in Ostfildern-
Nellingen

1988 – 1997 Heinrich- Heine- Gymnasium in Ostfildern- Nellingen

18.06.1997 Erhalt der allgemeinen Hochschulreife

05.09.1997 -

30.09.2003 Als Studentin an der Ludwig- Maximilian- Universität
München immatrikuliert.

Studium der Tiermedizin nach der
Approbationsordnung für Tierärzte vom 22.04.1986.

23.07.2003 Abschluss des Studiums der Tiermedizin

19.09.2003 Approbation

seit 09/2003 Anfertigung der vorliegenden Dissertation am Institut für
Tierschutz, Tierverhalten und Tierhygiene der LMU
München bei Prof. Dr. Dr. M. Erhard.

09/2003-09/2004 Hospitanz bzw. Vertretung in der Tierarztpraxis Dr. Silja
Weber in München-Schwabing.

seit 10/2004 Assistenztierärztin in der Tierklinik am Hasenberg in
Stuttgart

