
Aus der
Klinik für Vögel
(Vorstand: Prof. Dr. R. T. Korbel)
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Lichtbedingte Einflüsse auf Verhalten und Leistung in der
Hähnchenmast**

**Eine Feldstudie unter Berücksichtigung
tierschutzrechtlicher und wirtschaftlicher Aspekte**

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

von

Heinrich Weise
aus
Freising

München 2007

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Korbelt

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr. Köstlin
Univ.-Prof. Dr. Handler
Univ.-Prof. Dr. Stolle
Univ.-Prof. Dr. Mansfeld

Tag der Promotion: 08. Februar 2008

gewidmet meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
1 Einleitung	1
2 Literatur	3
2.1 Grundlagen der visuellen Perzeption des Huhnes	3
2.1.1 Anatomie des Auges	3
2.1.2 Feinbau der Retina	7
2.1.3 Akkomodation und Sehschärfe	9
2.1.4 Spektrale Wahrnehmung	10
2.1.5 Zeitliches Auflösungsvermögen des Auges	13
2.2 Endogene Rhythmen und deren Beeinflussung durch Licht	16
2.2.1 Neuroendokrine Steuerung endogener Rhythmen	16
2.2.2 Corticosteron als Stressparameter	18
2.3 Licht und Verhalten	21
2.3.1 Lichtintensität	24
2.3.2 Lichtspektrum und -farbe	26
2.3.3 Lichtprogramm	29
2.3.4 Dämmerungsperiode	32
2.3.5 Flackerfrequenz	34
2.4 Krankheitsbild Tiefe Dermatitis beim Masthähnchen	36
2.5 Lichtmanagement in der Broilermast	38

2.5.1	Mastleistung.....	38
2.5.1.1	Lichtintensität:.....	38
2.5.1.2	Lichtspektrum und -farbe	40
2.5.1.3	Lichtprogramm	41
2.5.1.4	Dämmerungsperiode	43
2.5.1.5	Flackerfrequenz	44
2.5.2	Tierschutz und Gesundheit.....	44
2.5.2.1	Lichtintensität:.....	44
2.5.2.2	Lichtspektrum und -farbe	46
2.5.2.3	Lichtprogramm	48
2.5.2.4	Dämmerungsperiode	50
2.5.2.5	Flackerfrequenz	51
2.6	Rechtlicher Rahmen	51
3	Eigene Untersuchungen	60
3.1	Teil 1: Bestandsaufnahme Haltungsumgebungen	60
3.1.1	Material und Methoden	60
3.1.1.1	Fragebogen.....	60
3.1.1.2	Spektrophotometrische Erfassung der Beleuchtung.....	60
3.1.2	Auswertung der Daten	62
3.1.3	Ergebnisse.....	63
3.1.3.1	Fragebogen.....	63
3.1.3.2	Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Fragebogen.....	76
3.1.3.3	Spektrometrische Erfassung der Beleuchtung.....	77
3.1.3.4	Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Lichtqualität.....	85

3.2	Teil 2 - Verhalten, Augengesundheit, Mastleistung, Stress.....	86
3.2.1	Material und Methoden	86
3.2.1.1	Untersuchungsgut.....	86
3.2.1.2	Steuerungsgrößen	90
3.2.1.3	Zielgrößen.....	92
3.2.1.4	Kontrollparameter	96
3.2.2	Ergebnisse.....	97
3.2.2.1	Steuerungsgrößen	97
3.2.2.1.1	Lichtintensität.....	97
3.2.2.1.2	UVA-Anteil der Beleuchtung	98
3.2.2.2	Zielgrößen.....	99
3.2.2.2.1	Auswirkungen auf das Auge	99
3.2.2.2.2	Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Augengesundheit	102
3.2.2.2.3	Verhalten.....	103
3.2.2.2.4	Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Verhalten.....	111
3.2.2.2.5	Stressstatus	112
3.2.2.2.6	Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Stressstatus	117
3.2.2.2.7	Leistungsdaten.....	118
3.2.2.2.8	Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Leistungsdaten.....	123
3.2.2.3	Kontrollparameter	124
3.2.2.3.1	Stallklima.....	124
3.2.2.3.2	Gesundheitszustand der Herde und Behandlungen	126
4	Diskussion.....	127
4.1	Teil 1 – Bestandsaufnahme	127

4.1.1	Fragebogen.....	127
4.1.2	Spektrophotometrische Erfassung der Beleuchtung.....	141
4.2	Teil 2 – Überprüfung zweier Lichtprogramme	148
5	Zusammenfassung	160
6	Summary.....	162
7	Resumée.....	164
8	Resumen.....	166
9	Literaturverzeichnis.....	170
10	Anhang	191
10.1	Fragebogen Haltungsumgebung.....	191
10.2	Futtermittel für Versuchsherden.....	194
10.3	Tabellarische Aufstellung der verwendeten Lichtprogramme	195
10.4	Beprobungsplan Ermittlung der Augenmaße in Schlachtereie.....	197
10.5	Erläuterungen zur beiliegenden DVD.....	198
10.6	Check-Sheet zur Verhaltensauswertung.....	199
10.7	Untersuchungsablauf während eines Mastdurchganges	200
11	Danksagung.....	201

Abkürzungsverzeichnis

Ak	Antikörper
ANOVA	Varianzanalyse (Analysis of Variance)
Clux	Chicken-Lux: Einheit zur Messung der Lichtintensität, die an spektrales Helligkeitsempfinden des Huhnes angepasst ist
DG	Durchgang / Mastdurchgang
DM	Diameter / Durchmesser
dv	dorsoventral (Lagebezeichnung am Auge)
EIA	Enzymimmunoassay
EVG	Elektronisches Vorschaltgerät
Gallilux	cf. Clux
Hz	Hertz, SI-Einheit für Frequenz, gibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde an
INC	Incandescent, engl. Glühbirne
IOP	Intraocular pressure / Augeninnendruck
IOP _{man}	Intraocular pressure / Augeninnendruck, manuell gemessen (mit Schiötz-Tonometer)
IOP _{TP}	Intraocular pressure / Augeninnendruck, gemessen mit Tono-Pen [®] XL
K	Kelvin, SI Einheit der Farbtemperatur; diejenige Temperatur, die ein Schwarzer Körper haben müsste, damit dessen Licht denselben Farbeindruck erweckt wie die tatsächliche Lichtquelle
KVG	Konventionelles Vorschaltgerät
LL100	Leuchtstofflampe mit konventionellem Vorschaltgerät (Flackerfrequenz 100 Hz), deren Flackern somit vom Huhn möglicherweise wahrgenommen wird
LL120	Leuchtstofflampe mit konventionellem Vorschaltgerät (Flackerfrequenz 120 Hz, Verwendung in USA, Brasilien, Teilen Mittel- und Südamerikas sowie Japans, einigen Ländern des Pazifiks und arabischen Staaten), deren Flackern somit vom Huhn möglicherweise noch wahrgenommen wird

lm	Lumen, SI-Einheit
LP	Lichtprogramm
lx	Lux, SI-Einheit (lm/m^2)
Mittelw.	Mittelwert
ms	SI-Einheit Millisekunden
MT	Masttag
nm	SI-Einheit Nanometer
nt	nasotemporal (Lagebezeichnung am Auge)
OPG _x	Anzahl Kokzidienoozysten pro Gramm Kot am Tag X
RIA	Radioimmunoassay
Stabw.	Standardabweichung
TI	Tonische Immobilität (JONES 1986)
UV	Ultraviolette Strahlung
UVA	Ultraviolette Strahlung im Bereich von 320 bis 400 nm

Abbildungsverzeichnis

Im hinteren Einband der Arbeit ist zur Illustration der Verhaltensbeobachtung eine DVD beigefügt, auf der einige typische Verhaltensmuster am 14. Masttag zu sehen sind. Details hierzu unter 3.2.1 Material und Methoden sowie 10.5 Erläuterungen zur beiliegenden DVD.

Abbildung 1: Bulbus eines Masthuhnes (<i>Gallus gallus f. domestica</i>), laterale Ansicht	3
Abbildung 2: Anulus ossicularis sclerae eines Gelbhaubenkakadus	4
Abbildung 3: Vergleichende Darstellung relativer spektraler Empfindlichkeiten	12
Abbildung 5: Corticosteron-Molekül.....	18
Abbildung 6: Effekt von Lichtintensität auf Körpergewicht / Futtermittelverwertung	40
Abbildung 7: Setup für spektrale Messungen vor Ort (Messkopf).....	61
Abbildung 8: Setup für spektrale Messung vor Ort (gesamt)	61
Abbildung 9: Überblick über Alter der Bausubstanz im Untersuchungsgut.....	64
Abbildung 10: Überblick über die Nutzung verschiedener Leuchtmittel.....	65
Abbildung 11: Überblick über Einbau verschiedener Leuchtmittel über die Zeit.....	66
Abbildung 12: Angabe über Nutzung einer Dämmerphase	67
Abbildung 13: Nutzung einer Dämmerphase nach Stalltyp getrennt	67
Abbildung 14: Nutzung eines Luxmeters	68
Abbildung 15: Nutzung eines Luxmeters nach Stalltyp getrennt.....	68
Abbildung 16: Nutzung von Blaulicht als Fangbeleuchtung	69
Abbildung 17: Nutzung von Blaulicht als Fangbeleuchtung nach Stalltyp getrennt ..	69
Abbildung 18: Angaben über die Nutzung spezieller Lichtquellen	70
Abbildung 19: Angaben zur Implementierung eines Lichtprogrammes.....	70
Abbildung 20: Implementierung eines Lichtprogrammes nach Stalltyp	71
Abbildung 21: Einfall von Sonnenlicht in der Starterphase	72

Abbildung 22: Einfall von Sonnenlicht in der Aufzuchtphase.....	72
Abbildung 23: Einfall von Sonnenlicht in der Endmastphase.....	72
Abbildung 24: Helligkeit der Deckenmaterialien	74
Abbildung 25: Helligkeit der Wandmaterialien	74
Abbildung 26: Verlauf Lichtintensität	77
Abbildung 27: Verlauf Lichtintensität artspezifisch.....	78
Abbildung 28: Verlauf Strahlungsintensität Globalstrahlung.....	79
Abbildung 29: Verlauf Strahlungsintensität UVA-Strahlung	79
Abbildung 30: Verlauf Farbtemperatur.....	80
Abbildung 31: Verlauf Lichtintensität Winter und Sommer.....	81
Abbildung 32: Verlauf Lichtintensität artspezifisch Winter und Sommer	82
Abbildung 33: Verlauf Intensität der Globalstrahlung Winter und Sommer	82
Abbildung 34: Verlauf Strahlungsintensität UVA-Bereich Winter und Sommer.....	83
Abbildung 35: Verlauf Farbtemperatur Winter und Sommer.....	84
Abbildung 36: Außenansicht Versuchsstall	87
Abbildung 37: Innenansicht eines Abteils	87
Abbildung 38: Messstation Licht, UVA, Verhalten im Stall.....	91
Abbildung 39: Schematischer Aufbau Messstation Licht, UVA, Verhalten	91
Abbildung 40: Dauermessung Lichtintensität alle Durchgänge.....	97
Abbildung 41: Dauermessung UVA-Strahlung Durchgänge 2 & 3.....	98
Abbildung 43: Verlauf IOP	99
Abbildung 44: IOP über Zeit nach Gruppen.....	100
Abbildung 45: Ruheverhalten	105
Abbildung 46: Futteraufnahmeverhalten.....	105
Abbildung 47: Wasseraufnahme.....	106

Abbildung 48: Aktives Verhalten (Lokomotion, Stehen).....	106
Abbildung 49: Komfortverhalten	107
Abbildung 50: Aggressives Verhalten.....	107
Abbildung 51: Erkundungsverhalten.....	108
Abbildung 52: Anderes Verhalten	108
Abbildung 53: Verhalten über die Zeit	110
Abbildung 54: Verlauf Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe	112
Abbildung 55: Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe alle DG.....	114
Abbildung 56: Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe DG1	115
Abbildung 57: Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe DG2	115
Abbildung 58: Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe DG3	116
Abbildung 59: Gewichtsverteilung Rausfangmast nach Versuchsgruppen.....	119
Abbildung 60: Gewichtsverteilung Schwermast nach Versuchsgruppen.....	119
Abbildung 61: Verlauf Mittelwert Temperatur nach Abteilen.....	124
Abbildung 62: Verlauf Mittelwert rel. Luftfeuchte nach Abteilen.....	125
Abbildung 63: Verlauf Mittelwert Enthalpie nach Abteilen	125
Abbildung 64: Räumliche Verteilung der Ausleuchtung der Stallfläche	132
Abbildung 65: Vergleichende Darstellung spektraler Empfindlichkeiten	134
Abbildung 66: Gegenüberstellung Helligkeitsempfinden Mensch - Vogel.....	141
Abbildung 67: Entwicklung der Körpermasse in Versuchsherden	152

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation und Beschreibung intermittierender Lichtprogramme	31
Tabelle 2: Zusammenfassung gesetzlicher Anforderungen an die Beleuchtung	59
Tabelle 3: Überblick über Strukturdaten des Untersuchungsgutes.....	64
Tabelle 4: Zusammenfassung Verhältnis Stallmaße zu Leuchtmitteln	75
Tabelle 5: Überblick Besatzdichten	88
Tabelle 6: Besatzdichten zum Zeitpunkt der Schlachtung	89
Tabelle 7: Überblick "thinning out"	89
Tabelle 8: Ergebnisse Augenmaße T-Test	101
Tabelle 9: Ergebnisse Mann-Whitney U-Test Verhalten.....	103
Tabelle 10: Deskriptive Statistik Corticosteronmetaboliten im Kot.....	112
Tabelle 11: ANOVA Mittelwerte Gewicht nach Alter und Versuchsgruppe	118
Tabelle 12: Auswertung Schlachtdaten	121
Tabelle 13: Auswertung Pododermatitis	122
Tabelle 14: Behandlungen in Versuchsherden.....	126
Tabelle 15: Vergleich publizierter Corticosteronwerte aus Kot	157

1 Einleitung

Vögel orientieren sich primär über den Gesichtssinn. Ihre Sehfähigkeit unterscheidet sich grundlegend von der des Menschen. Vögel sind zur Perzeption im ultravioletten Bereich befähigt. Somit sieht das Huhn in einem Bereich, in dem der Mensch blind ist. Dies ergibt sich aus dem Bau und der physiologischen Ausstattung des Vogelauges.

Mastgeflügel lebt in einer zu 100 % vom Menschen und für den Menschen gestalteten visuellen Umgebung. Dabei wird den grundlegenden Unterschieden im Sehvermögen derzeit nur in begrenztem Umfang Rechnung getragen.

Zwischen der motorischen Aktivität von Hühnern und der auf sie einwirkenden Beleuchtungsstärke besteht eine enge Beziehung. Es ist von einem linearen Zusammenhang auszugehen, wobei insbesondere auch die Modulation der Lichtintensität, also das Lichtprogramm, Einfluss auf das Aktivitätsverhalten hat.

Übermäßige Aktivität der Tiere ist ein Faktor, der unter den Bedingungen der intensiven Tierhaltung das Auftreten von Hautschäden im Sinne von Unterhautvereiterungen, Verkratzungen und Schorfigkeit entscheidend beeinflussen kann. Durch diese Läsionen kommt es zu Schmerzen, Leiden und Schäden der Tiere. Zudem führen diese Hautverletzungen zu erhöhten Verwurfsraten im Schlachthof sowie verminderter Verwertbarkeit der Schlachttierkörper. Die hierdurch entstehenden wirtschaftlichen Einbußen können erhebliche Ausmaße erreichen. Beobachtungen aus der Praxis legen nahe, dass Spitzen der Beleuchtungsintensität zu einer erhöhten Inzidenz von Verkratzungen führen.

Die derzeit vorgeschriebenen gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Beleuchtung in Stallungen für Mastgeflügel sind vom wissenschaftlichen Standpunkt her nicht ausreichend begründet. Bei Messung der Lichtintensität in der auf das menschliche Helligkeitsempfinden abgestimmten Einheit Lux ist zudem davon auszugehen, dass diese je nach Lichtquelle (Glühbirne oder Leuchtstofflampe) vom Mastgeflügel in unterschiedlicher Helligkeit wahrgenommen wird. Im Spannungsfeld zwischen den Anforderungen an die Haltung von Masthühnern seitens des Gesetzgebers und der agrartechnisch gängigen Praxis herrscht Klärungsbedarf, insbesondere hinsichtlich der Beleuchtung.

Ziele der vorliegenden Arbeit waren:

- ▶ Durchführung einer Bestandsaufnahme der Haltungsbedingungen in den dominierenden Haltungsformen der Broilermast in Süddeutschland
- ▶ Darstellung, ob und in welchem Ausmaß die Aktivität von Jungmasthühnern unter Feldbedingungen von der Beleuchtung beeinflusst wird
- ▶ Erfassung der Inzidenz des wirtschaftlich bedeutsamen Krankheitsbildes der tiefen Dermatitis
- ▶ Untersuchung von Zusammenhängen zwischen der Inzidenz der tiefen Dermatitis und der Beleuchtung in den untersuchten Stallungen

2 Literatur

2.1 Grundlagen der visuellen Perzeption des Huhnes

2.1.1 Anatomie des Auges

Der Anteil des Gewichts beider Augäpfel am Kopfgewicht beträgt bei adulten Hühnern (*Gallus gallus* L. 1758, var. dom.) 7-8,5 % (KÖNIG und LIEBICH 2001), bei Eintagsküken 12 %, beim Menschen hingegen lediglich 1 % (ENGELMANN 1983). Dies verdeutlicht die hohe Priorität, die das Sehorgan beim Vogel im Vergleich zum Menschen oder auch zu anderen Säugetieren einnimmt.

Die anatomisch-morphologische Struktur des Sehorgans in der Klasse Aves beruht auf dem Grundbauplan des Wirbeltierauges und ist in seiner Grundstruktur dem Säugetierauge gleich. In zahlreichen anatomischen sowie physiologischen Eigenheiten unterscheidet es sich jedoch von diesem.

Der aviäre Augapfel kann seiner Form nach in drei Grundtypen unterteilt werden: tubulär, konisch sowie flach (KORBEL 1996). Beim Huhn ist letztgenannte Form vorzufinden (Nickel et al. 1991), der Bulbus ist zum vorderen Augenpol hin stark abgeflacht und auf der distalen Hälfte kugelig abgerundet (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Bulbus eines Huhnes (*Gallus gallus* f. domestica), laterale Ansicht (Bild: Prof. Dr. Korbelt, München)

Die Wand des Augapfels besteht, wie auch beim Säugetier, aus drei Hüllen, der äußeren (Tunica fibrosa bulbi), der mittleren (Tunica vasculosa bulbi seu Uvea) und der inneren Augenhaut (Tunica interna bulbi seu Retina).

Die äußere Augenhaut der Vögel kann unterteilt werden in Sklera und Cornea. Erstere weist zwei knöcherne Einlagerungen auf. Hierbei handelt es sich einerseits um den Os opticus, der hufeisenförmig um den Sehnerveneintritt liegt. Er entsteht infolge chondraler Ossifikation aus der Lamina cartilaginea sclerae und kommt beim Huhn nicht regelmäßig vor (TIEMEIER 2005). Die zweite knöcherne Struktur im Auge der Vögel ist der Anulus ossicularis sclerae, beim Huhn bestehend aus 13-14, bei anderen Vögeln bis zu 18 lamellenartig überlappenden Knochenschuppen (FRANZ-ODENDAAL und VICKARYOUS 2006). Der Skleralring liegt in der Ziliarregion zwischen Ora serrata und Anulus conjunctivalis, morphologisch sind verschiedene Ausprägungen möglich, von flach über konisch bis zu tubulär, zudem existieren Zwischenformen. Die Form dieses Skleralringes determiniert die Ausprägung der Bulbusform des Vogels (KORBEL 1994). Beim Huhn liegt ein flacher Anulus ossicularis sclerae vor (Typ ähnlich Abbildung 2), entsprechend flach ist auch das Auge ausgebildet (siehe Abbildung 1).



Abbildung 2: Anulus ossicularis sclerae eines Gelbhaubenkakadus (*Cacatua galerita*) mit isoliertem und in situ befindlichen Anulus ossicularis sclerae (Bild Prof. Dr. Korb, München)

Analog zum Säugetier ist die Cornea des Vogels in fünf Schichten angeordnet: Vorderes Hornhautepithel (Epithelium corneae ext.), Bowman-Membran (Membrana limitans supf.), die, wie neuere Untersuchungen ergaben, bei allen landlebenden Vertebraten von ähnlicher Dicke zu sein scheint (Samuelson et al. 2005),

Hornhautstroma (*Substantia propria corneae*), Descemet-Membran (*Lamina limitans profunda*) sowie hinteres Hornhautepithel (*Epithelium corneae int.*). Beim Huhn ist der Krümmungsgrad der Cornea wenig ausgeprägt, infolgedessen auch die Tiefe der vorderen Augenkammer vergleichsweise gering.

Die Uvea oder mittlere Augenhaut der Vögel unterteilt sich in die von außen sichtbare Regenbogenhaut (*Iris*), den Strahlenkörper (*Corpus ciliare*) und die Aderhaut (*Choroidea*).

Eine Besonderheit stellt hier die Tatsache dar, dass die *Mm. sphincter* und *dilatator pupillae* der Iris vorwiegend von quergestreifter Muskulatur gebildet werden und so der willkürlichen Kontrolle durch das Tier unterliegen. Die Akkomodation wird primär durch die im Strahlenkörper eingelagerte ebenfalls quergestreifte Muskulatur herbeigeführt (siehe unten). Sie setzt sich aus drei Muskelgruppen zusammen, dem vorderen, dem mittleren und dem hinteren Ziliarmuskel. Die *Choroidea* der meisten tagaktiven Vögel ist stark pigmentiert, die der dämmerungsaktiven Vögel schwach oder gar nicht. Eigene Beobachtungen an Masthybriden der Linie Ross 308 (n=32), die in den im Teil 2 vorgestellten Untersuchungen verwendet wurden, zeigten, dass die Aderhaut dieser Tiere bis auf geringgradige fleckenförmige schwärzlich-graue Verfärbungen ebenfalls keine Pigmentierung aufweist.

Eine weitere Besonderheit des aviären Auges ist der Augenfächer (*Pecten oculi*), eine Projektion in den Glaskörper, die gliales Stützgewebe enthält und stark pigmentiert ist (KORBEL 1996). Der Augenfächer ist von einem dichten Netz anastomosierender Kapillaren durchzogen (DIETERICH et al. 1973). Die ausgeprägte Gefäßversorgung dieser Struktur kommt über eine eigene Arterie, die *A. pectinis oculi* zustande (v. HORST 2007). Beim Huhn ist ein *Pecten oculi* vom Falten Typ, wie er bei einem Großteil aller Vogelspezies vorkommt, ausgebildet (KÖNIG und LIEBICH 2001). Die Zweckbestimmung dieser anatomischen Struktur ist noch nicht abschließend geklärt, vieles weist jedoch auf eine primär nutritive Funktion hin (KIAMA et al. 2001; KORBEL et al. 1999).

Direkt unter dem Augenfächer und durch diesen größtenteils verdeckt liegt die lanzettförmige Eintrittsstelle des *N. opticus*. Die Netzhaut (*Retina*) ist beim Vogel nicht vaskularisiert. Sie wird untergliedert in einen sensorischen und einen blinden Teil (*Pars optica retinae* und *Pars caeca retinae*). Letzterer liegt, durch die *Ora*

serrata abgegrenzt von der Pars optica, am Übergang von der Choroidea in das Corpus ciliare. Ihr Aufbau ist analog dem anderer Wirbeltiere (Details siehe unten).

Die Binnenräume des Auges untergliedern sich in die vordere Augenkammer (Camera anterior bulbi) und hintere Augenkammer (Camera posterior bulbi), die von Kammerwasser ausgefüllt werden sowie den Glaskörperraum (Camera vitrea bulbi) mit dem Glaskörper (Corpus vitreum). Von großer Bedeutung für Entwicklung (COULOMBRE und COULOMBRE 1957) und Erhalt der Funktion des Auges ist insbesondere der Augeninnendruck. Für die Konstanz dieses Druckes spielt das Gleichgewicht zwischen Produktion und Deduktion, also zwischen Zufluss und Abfluss des Kammerwassers, eine wesentliche Rolle. Es wird aktiv vom Epithel des Ziliarkörpers sezerniert (HYER J. 2004), sein Abfluss erfolgt über den Sinus venosus sclerae, der im Kammerwinkel (Angulus iridis) liegt (v. HORST 2007). Die Untersuchungen von Korbel et al. (1999) zeigen, dass eine aktive Sekretion von Flüssigkeit in das Corpus vitreum auch über den Pecten oculi stattfindet, der daher funktionell am Erhalt des IOP beteiligt sein dürfte.

Zwischen Irisrückseite und Glaskörper liegt die Linse (Lens). Sie ist aufgehängt am Strahlenbändchen, der Gesamtheit der Zonulafasern (Fibrae zonulares) sowie - auch dies eine Eigenart des Vogelauges - den Ziliarfortsätzen (Processus zonulares), deren Spitzen fest mit der Linsenkapsel verwachsen sind.

Der Glaskörper der Vögel ist von dünnflüssiger Konsistenz, er besteht zum größten Teil aus Wasser, das an hydrophile Glucosaminoglykane gebunden ist. Diese sind in ein feines Gerüst von Kollagenfibrillen eingebettet, welches an der Oberfläche die Glaskörpergrenzmembran (Membrana vitrea) bildet und im Bereich der Pectenbasis, der Pecten Spitze sowie des Ziliarkörpers fixiert ist (MARTIN 1985). Er ist maßgeblich am Formerhalt des Augapfels beteiligt und hält insbesondere auch die Retina in ihrer Position.

Besonders hervorzuheben ist die UV-Permeabilität der optischen Medien des Vogelauges, die in verschiedenen Spezies demonstriert werden konnte. Im Gegensatz zur UV-undurchlässigen Retina des Menschen konnte beispielsweise bei der Taube eine Transmission der UV-Strahlung von 50 % und höher nachgewiesen werden (EMMERTON et al. 1980). Ähnliche Werte sind von Maier (1994) für den Sonnenvogel (*Leiothrix lutea*) beschrieben, wobei auch hier im Bereich von 320-400 nm eine deutlich höhere Absorption nachgewiesen werden konnte als zwischen

400-700 nm, woraus sich eine verringerte Transmission im UV-Bereich ergibt. Grundsätzlich scheint die Faustregel zu gelten, dass die UVA-Transmission der optischen Medien des Vogelauges sich umgekehrt proportional zur Größe der jeweiligen Spezies verhält (HART 2001). Die Körpermasse von Vögeln ist positiv mit der axialen Länge ihrer Augen korreliert (BROOKE et al. 1999), jedoch ist noch unklar, ob die höhere Absorption kurzwelliger optischer Strahlung durch die optischen Medien des Auges größerer Spezies bedingt ist durch die Größe ihrer Augen oder durch die anderer Anteile des optischen Apparates, die kurzwellige Strahlung absorbieren, beispielsweise aromatische Aminosäuren in strukturellen Proteinen der Linse (HART 2001). Die Reduktion des Körpergewichtes ist eine Konstante in der Evolution der Vögel (GARNER et al. 1999). HART et al. (2001) stellen in diesem Zusammenhang die Theorie auf, dass sich UV-sensitive Pigmente in der Phylogenese des Vogels erst entwickelt haben könnten, nachdem die Körpergröße sich zur Verbesserung der Flugfähigkeit soweit verringert hatte, dass die Schichtdicke der optischen Medien des Auges dünn genug war, um die Transmission von UV-Strahlung zu ermöglichen.

2.1.2 Feinbau der Retina

Embryonal entwickelt sich die Retina aus einer Ausstülpung des Neurektoderms. Das äußere Blatt des Augenbechers bleibt hierbei einschichtig und differenziert sich zum Pigmentepithel der Retina (Stratum pigmentosum), das innere Blatt zum Stratum nervosum retinae, bestehend aus den Stäbchen und Zapfen, den eigentlichen Photorezeptoren der Retina sowie Ganglienzellen, die die neurale Verschaltung der von den Stäbchen und Zapfen ausgehenden Aktionspotentiale gewährleisten (RÜSSE und SINOWATZ 1991). Dieser Prozess der Differenzierung und des Wachstums ist wesentlich von einem kontinuierlichen intraokulären Druck abhängig (COULOMBRE et al. 1963).

Grundsätzlich ist die aviäre Retina nach dem gleichen Schema aufgebaut wie die der übrigen Wirbeltiere, bestehend aus vier Hauptschichten, die sich in sieben weitere Schichten untergliedern lassen (MARTIN 1985). Das Huhn verfügt über jeweils eine Art von Stäbchen und Doppelzapfen sowie vier unterschiedliche Einzelzapfen mit unterschiedlichen Sensitivitätsmaxima, die bedingt sind durch den jeweils eingelagerten Sehfärbstoff (BOWMAKER und KNOWLES 1997). Eine weitere Besonderheit stellt dar, dass speziesabhängig Asymmetrien in der Verteilung der

Stäbchen und Zapfen bestehen, wie dies beispielsweise beim Star (*Sturnus vulgaris*) beschrieben ist (HART et al. 2002). Daten dieser Art sind derzeit für das Huhn noch nicht bekannt.

Bis auf wenige Ausnahmen handelt es sich beim Chromophor der Sehfärbstoffe von terrestrischen Vertebraten um 11-cis-Retinal, den Aldehyd von Vitamin A₁. Dieses ist gekoppelt an ein Apoprotein, das Opsin. Die Lage des Maximums der spektralen Empfindlichkeit der unterschiedlichen Sehfärbstoffe bedingt sich durch nichtkonservative Änderungen der Primärstruktur des Opsins und die sich hieraus ergebenden elektrischen Effekte auf den kovalent gebundenen Chromophor (APPLEBURY und HARGRAVE 1986; NAKANISHI 1991). Dieser Effekt wird als Opsinverschiebung bezeichnet. Vergleichende Analysen der Aminosäuresequenzen verschiedener Spezies ergaben, dass alle visuellen Pigmente von Vertebraten sich in eine von fünf Klassen einordnen lassen, bezeichnet durch SWS1, SWS2, RH1, RH2, MWS/LWS (YOKOYAMA 2000). In Vögeln werden die Sehfärbstoffen der Lage Ihrer Absorptionsmaxima nach dementsprechend eingeteilt in UVS (UV-sensitiv), VS (violett-sensitiv), SWS (sensitiv im kurzwelligen Bereich), MWS (sensitiv im mittleren Wellenlängenbereich), LWS (sensitiv im längeren Bereich optischer Strahlung) VS und UVS-Zapfen kommen alternativ vor (HART 2001).

Den Doppelzapfen wird insbesondere eine Funktion bei der Detektion von Bewegungen zugeschrieben (HART 2001). Das Vorhandensein von UVS-, respektive VS-Pigmenten bedingt in Abhängigkeit von der beschriebenen Spezies eine gewisse optische Sensitivität im ultravioletten Bereich, was gegenüber dem menschlichen Sehen ein Alleinstellungsmerkmal des Vogelauges darstellt. Vögel sind somit Tetrachromaten, Menschen Trichromaten. Die Sensitivität der Sehfärbstoffe der Haushühner für kurzwellige Strahlung liegt primär im violetten Bereich mit einem Maximum im Bereich zwischen 415 und 425 nm (BOWMAKER und KNOWLES 1997; YOSHIZAWA 1992).

Eine weitere Besonderheit des Vogelauges sind farbige Öltröpfchen im distalen Ende des inneren Segmentes der aviären Zapfen. Diese Öltröpfchen finden sich in allen Wirbeltierklassen, die starke Färbung jedoch wird nur bei Schildkröten und insbesondere bei tagaktiven Vögeln angetroffen. Funktionell wird diesen Organellen primär eine Rolle bei der Einengung des spektralen Empfindlichkeitsbereichs der Zapfen und bei der Farbdiskriminierung zugesprochen. Sie fungieren als Cut-off-

Filter, indem sie ab einer bestimmten Wellenlänge (λ_{cut}) optische Strahlung absorbieren. Hieraus ergibt sich, dass das effektive Maximum der spektralen Empfindlichkeit der Zapfen bathochrom verschoben wird. Zudem wird die Spannweite der spektralen Empfindlichkeit des Zapfens gegenüber der des photoreaktiven Pigments verengt. Insgesamt ergibt sich aus der Filterung des einfallenden Lichtes durch die Öltröpfchen eine Verringerung der Überlappung der Sensibilitätsbereiche benachbarter Klassen von Zapfen. Mikrospektrophotometrisch lässt sich die Zugehörigkeit von Öltröpfchen mit einer jeweils charakteristischen Färbung zu bestimmten visuellen Pigmenten nachweisen (HART 2001). Die photoreaktiven Zellen der Retina bestehen somit stets aus einer charakteristischen Entität aus einem Zellkörper mit spezifischer Morphologie und den funktionell zusammengehörigen Öltröpfchen als Instrument der spektralen Feineinstellung und den hierauf abgestimmten visuellen Pigmenten.

Die topographische Verteilung von Ganglienzellen und Photorezeptoren in der Retina wird als Anpassung an Habitat und Lebensweise der jeweiligen Spezies verstanden. Das Bankivahuhn, *Gallus gallus*, die Urform des Haushuhns, ernährt sich in erster Linie von Grassamen und kleinen Insekten (HART 2002). Als Zentren der Domestikation des Haushuhnes werden Süd- und Südostasien angesehen (YI-PING et al. 2005). Ursprünglicher Biotop der Wildform sowie früher domestizierter Formen dürfte somit der dichte Unterwuchs tropisch feuchtwarmer Regenwälder, aber auch des Savannenbusches, gewesen sein. Entsprechend zeigt die Ausgestaltung des visuellen Apparates unserer Haushühner eine ausgeprägte Diskriminierungsfähigkeit in dieser natürlichen Umgebung (BOWMAKER und KNOWLES 1977).

2.1.3 Akkomodation und Sehschärfe

Die Akkomodationsbreite beim Huhn beträgt in etwa 15-17 Dioptrien. Ein wesentlicher Teil davon, ca. 8 bis 9 Dioptrien (SCHAEFFEL et al. 1987; GLASSER et al. 1994), sind der cornealen Akkomodation geschuldet, der restliche Anteil ist lentikulär bedingt (GLASSER et al. 1995). Das Vorhandensein einer cornealen Adaptation beim Vogel wurde lange Zeit kontrovers diskutiert (LEVY und SIVAK 1980) und ist von der jeweils betrachteten Spezies abhängig (Review bei GLASSER und HOWLAND 1996). Maßgeblich für die Akkomodation ist die Binnenmuskulatur des Corpus ciliare (KÖNIG und LIEBICH 2001, MURPHY et al. 1995, PARDUE und SIVAK 1997; TEDESCO et al. 2005).

Kristensen et al. (2004) ermittelten im verhaltensphysiologischen Test, dass die maximale Distanz, bei der für juvenile Hühner scharfes Sehen möglich ist, zwischen einem und zwei Metern liegt. Optische Stimuli in größeren Entfernungen werden nicht mehr scharf wahrgenommen. Jenseits von zwei Metern dürfte die maximale Akkomodationsbreite der Tiere ausgeschöpft sein. Dawkins und Woodington (1997) ermittelten sogar deutlich kürzere Distanzen von 5-25 cm, für die beim Huhn eine ausreichende Akkomodationsbreite vorhanden sei.

Das visuelle Diskriminationsvermögen wurde in den Versuchen von Kristensen et al. (2004) auch von der Helligkeit der Umgebung, in der die Stimuli angeboten werden, beeinflusst. Bei Helligkeitswerten von 100 clux wurden visuelle Stimuli signifikant besser erkannt als bei 5 clux. Dies bestätigt die Untersuchungen von Taylor et al. (2003), die zeigten, dass Legehennen unter höheren Lichtintensitäten besser in der Lage waren, sich zwischen im Stall angebrachten Sitzgelegenheiten zu bewegen, als bei dunkler Beleuchtung. Besonders stark fiel die Beeinträchtigung der Lokomotion bei Lichtintensitäten niedriger als 6 lx aus.

2.1.4 Spektrale Wahrnehmung

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Vögel eine gegenüber dem Menschen erweiterte spektrale Wahrnehmung besitzen (siehe oben). Bekanntestes Beispiel hierfür sind sicherlich die Untersuchungen von Viitala et al. (1995) am Beispiel des Jäger-Beute-Verhältnisses zwischen Turmfalken (*Falco tinnunculus*) und Erdmäusen (*Microtus agrestus*): Turmfalken, und vermutlich alle tagaktiven Greifvögel, sind aufgrund der Perzeption im UVA-Bereich in der Lage, Harn- und Kotmarkierungen zu sehen, die von den Nagetieren hinterlassen werden und können diese Hinweise nutzen, um nach Revieren mit hoher Beutedichte zu suchen. Doch auch für das Haushuhn, *Gallus gallus* konnten Tetrachromatizität sowie Sehen und Orientierung im Ultravioletten nachgewiesen werden (OSORIO et al. 1999, SZÖLGYÉNYI et al. 2000).

Wie Bennet et al. (1996) an Zebrafinken demonstrierten, spielt das angebotene Lichtspektrum im Sexualverhalten, insbesondere bei der Partnerwahl von Vögeln, eine bedeutende Rolle. Die Hennen zogen Zebrafinkenhähne, die mit sichtbarem und UVA-Licht bestrahlt wurden, Hähnen vor, die lediglich mit Licht im Bereich von 400-700 nm Wellenlänge, also derjenigen Anteile der optischen Strahlung, die für den

Menschen wahrnehmbar ist, beleuchtet wurden. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Meier (1993) bei Vögeln der Spezies *Leiothrix lutea* (Chinesische Nachtigall): Hierbei ist besonders hervorzuheben, dass die Bedeutung von UVA-Strahlung nicht nur darin liegt, Helligkeitsunterschiede zu betonen, sondern vermutlich auch für die Wahrnehmung unterschiedlicher Farben verantwortlich zu machen ist.

Bei Broilern zeigte sich, dass es in UVA-angereicherter Umgebung deutlich häufiger zur Paarung kam, als in Lichtumgebungen, bei denen das Vorkommen von UV-Strahlung ausgeschlossen werden konnte (JONES et al. 1999).

Zur Beschreibung der spektralen Perzeption als integrative Sinnesleistung sind verhaltensphysiologische Tests als Mittel der Wahl anzusehen. Diese Herangehensweise lässt Rückschlüsse auf die tatsächliche subjektive Wahrnehmung durch die Tiere zu, die mehr ist als die Summe der spektralen Empfindlichkeiten der Sehzellen. Vielmehr kommen hier die Effekte der okularen Medien, die das Licht durchquert, sowie die neurale Verschaltung und Prozessierung der von den Stäbchen und Zapfen ausgehenden elektrischen Potentiale zum Tragen. Die Abbildung 3 gibt speziesvergleichend (Huhn, Ente, Pute, Mensch) relative spektrale Empfindlichkeiten wieder. Die CIE-Kurve, die ja der gewichteten Einheit Lux zugrunde liegt, weicht deutlich von der verhaltensphysiologisch für den Menschen ermittelten Kurve ab. Maßgeblicher Unterschied zwischen menschlicher und aviärer relativer Empfindlichkeit ist insbesondere der je nach Art unterschiedlich ausgeprägte Peak im Bereich zwischen 360-420 nm. Dieser beschreibt die visuelle UVA-Perzeption, über die alle sowohl das Masthuhn als auch Pute und Ente in unterschiedlichem Ausmaße verfügen.

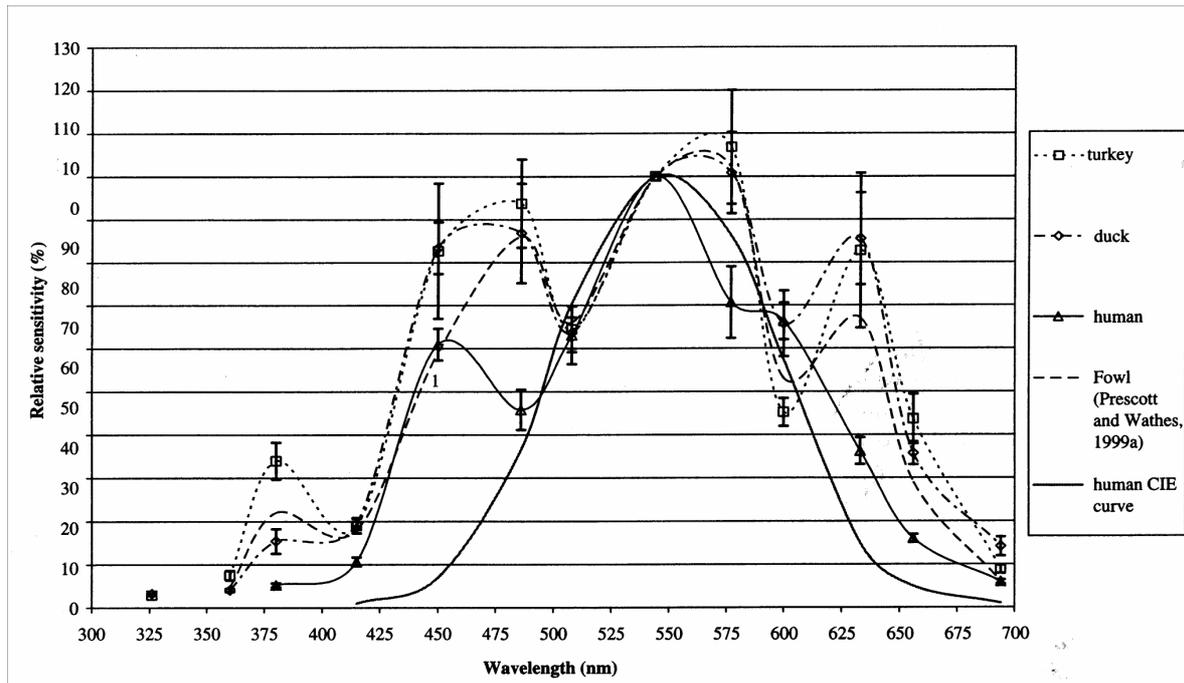


Abbildung 3: Vergleichende Darstellung relativer spektraler Empfindlichkeiten (aus Barber et al. 2006)

Die SI-Einheit zur Messung der radiometrischen Größe Bestrahlungsstärke ist W/m^2 . Durch Einbeziehung der oben dargestellten Empfindlichkeitskurve (human CIE curve) erfolgt die Umwandlung in die photometrische Einheit lm/m^2 respektive lx (PRESCOTT et al. 2003). Hieraus lässt sich ableiten, dass Licht von definierter, gleich bleibender Intensität und Farbe für die in Abbildung 3 aufgeführten Spezies einen unterschiedlichen subjektiven Helligkeits- und Farbeindruck auslösen wird (BENNETT et al. 1994). Um diesen subjektiven Eindruck zu quantifizieren, ist die Einheit Lux somit nur begrenzt geeignet, da sie der gegenüber dem Menschen erweiterten spektralen Perzeptionsfähigkeit des Haushuhnes sowie anderen Geflügels nicht gerecht wird. Basierend auf dieser Erkenntnis wurden verschiedene Ansätze entwickelt, eine tierartangepasste Helligkeitsmessung im Geflügelbereich einzuführen (KRISTENSEN 2004b; NUBOER et al. 1992a; PRAYITNO und PHILLIPS 1997).

An die Erkenntnis, dass viele Vogelspezies, unter ihnen auch das Huhn, einen gegenüber dem Menschen erweiterten Wahrnehmungsbereich besitzen, schließt sich die Frage an, wozu dieser diene. Frei nach Sullivans bekanntem Postulat „form ever follows function, and this is the law“ (1896) wird oftmals gemutmaßt, dass

physiologische Eigenheiten wie beispielsweise das UV-Sehen des Vogels morphologisches Korrelat einer bestimmten Funktion seien.

Bei vergleichender Betrachtung ist festzustellen, dass visuelle Orientierung im Ultravioletten kein Alleinstellungsmerkmal der Aves ist, UV-Sichtigkeit konnte in der Klasse Mammalia auch bei Beuteltieren (ARRESE et al. 2002) und Nagern (JACOBS et al. 1991; JACOBS und DEEGAN 1994) sowie Fledermäusen (WINTER et al. 2003) nachgewiesen werden. Zudem darf nicht vergessen werden, dass die Wahrnehmung von UV-Strahlung 1882 erstmals bei Bienen entdeckt wurde (GOLDSMITH 1994). Bennett und Cuthill (1994) schlagen daher vor, davon auszugehen, dass UV-Sehen nicht die Ausnahme sondern der Regelfall im Tierreich sein dürfte. Dementsprechend sollte die Orientierung im Ultravioletten nicht als *privilegierte*, sondern als eigenständig *andere* Sinnesleistung verstanden werden. In diesem Kontext lassen sich Beteiligungen des UV-Sehens bei Orientierung, Futtersuche, Partnerwahl und Balzverhalten, Sozialverhalten, Feindvermeidung, Tarnung und Mimikry sowie Synchronisation der inneren Uhr (BENNETT und CUTHILL 1994; FINGER und BURKHARDT 1994, MAIER 1994) schlüssig einordnen.

Die Dynamik der Farbperzeption während der Phylogenese unterschiedlicher Stämme ist noch unklar (JACOBS 1993), jedoch weist vieles darauf hin, dass sich der Selektionsvorteil UV-Sehen entsprechend der Anforderungen des Lebensraumes bestimmter Spezies differenzierte oder sich entsprechend zurückbilden kann (SHI und YOKOYAMA 2003). Reviews zur Verbreitung der UV-Perzeption bei Wirbeltieren, respektive im gesamten Tierreich findet sich bei Jacobs (1992) und Tovée (1995).

2.1.5 Zeitliches Auflösungsvermögen des Auges

Im Vergleich zum Menschen besitzt das Huhn eine hohe Flackerfusionsfrequenz, also eine ausgeprägte Fähigkeit zur Auflösung von Bewegungsabläufen in Einzelbilder. Diese ist abhängig von Lichtintensität und Kontrast. Die Flackerfusionsfrequenz des menschlichen Auges liegt zwischen 10 und 80 Hz, die des Huhnes wird im Bereich von ca. 40 Hz bei 1 lx bis maximal ca. 90 Hz bei einer Lichtintensität von 100 lx angesiedelt (TAYLOR et al. 2002).

Auf Rezeptorebene ermittelten Szölgényi et al. (2000) mittels Elektoretinogramm eine wesentlich höhere Flackerfusionsfrequenz von 150 Hz und mehr selbst bei geringen Lichtintensitäten unter 20 lx. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass im Elektoretinogramm definitionsgemäß die Funktion der Netzhaut überprüft wird, jedoch keine Aussagen über die Sehleistung als solche getroffen werden können, da diese auch periphere und zentralnervöse Vorgänge beinhaltet. Jarvis et al. (2002) postulieren eine gegenüber dem Menschen schnellere periphere Prozessierung optischer Daten durch das visuelle System des Huhnes.

Nuboer et al. (1992) ermittelten ebenfalls unter Verwendung operant konditionierter Tiere eine maximale Flackerfusionsfrequenz von 105 Hz.

Die Netzfrequenz in Europa beträgt 50 Hz (USA 60 Hz) bei sinusförmigem Verlauf der Wechselspannung. Pro Durchgang kommt es bei konventionellen Neonröhren zu zwei Entladungen der Leuchtmittel, somit sendet eine solche Röhre 100 (USA 120) Blitze pro Sekunde aus. Die Untersuchungen von Szölgényi et al. (2000) sowie Nuboer et al. (1992) weisen darauf hin, dass diese Art der Beleuchtung als diskontinuierlich wahrgenommen werden könnte. Die Wahrnehmung des Flackerns ist insbesondere auch von der Leuchtdichtemodulation der Lichtquelle abhängig. Diese variiert je nach Fabrikat erheblich. Die Ergebnisse der Verhaltenserfassung von Boshouwers und Nicaise (1992) – Beleuchtung mittels konventionell betriebener Neonröhren inhibierte in signifikantem Umfang aktives Verhalten bei gleich bleibendem Energieumsatz – können dahingehend interpretiert werden, dass Broiler das 100 Hz-Flackern wahrnehmen und mit Schreckreaktionen darauf reagieren. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Jarvis et al. (2002) und Taylor et al. (2002) widersprechen dem jedoch dahingehend, dass die ermittelte kritische Flackerfusionsfrequenz unter 100 Hz lag. In einem weiteren Versuch, bei dem Legehennen die freie Wahl zwischen Abteilen mit hochfrequenter und niedrigfrequenter Beleuchtung gegeben wurde, war keine Präferenz der Tiere für eine der beiden Beleuchtungsumgebungen zu erkennen (WIDOWSKI und DUNCAN 1995). Prescott et al. (2004) gehen sogar so weit zu behaupten, dass es abschließend geklärt sei, dass Legehennen das Flackern von Leuchtstofflampen nicht wahrnehmen könnten.

Eine abschließende Bewertung dieser widersprüchlich erscheinenden Faktenlage ist nicht ohne weiteres möglich. Physiologische Untersuchungsansätze machen klar,

dass sensorisch die Möglichkeit einer Auflösung von mehr als 150 Einzelbildern pro Sekunde besteht (SZÖLGYENYI et al. 2000; KORBEL und SZÖLGYENYI 2001), Verhaltensuntersuchungen lassen jedoch keine Präferenz für hochfrequente Beleuchtung erkennen. Die Untersuchungen von Nuboer et al. (1992) wurde an einer Stichprobe von n=2 durchgeführt. Ein maßgeblicher Punkt dürfte die Intensität der verwendeten Beleuchtung sein, so wurde beispielsweise im Versuchsaufbau von Widowski und Duncan eine niedrige Lichtintensität von 14 lx gewählt, wohingegen andere Untersucher deutlich höhere Lichtintensitäten vorgaben. Mit großer Wahrscheinlichkeit sind daher Hühner, die unter geringen Lichtintensitäten gehalten werden, nicht in der Lage das Flackern konventionell betriebener Neonröhren wahrzunehmen, bei hohen Lichtintensitäten – wie sie in der konventionellen Haltung allerdings nicht vorkommen – ist eine Perzeption dieses Flackerns mit entsprechenden negativen Folgen jedoch durchaus denkbar.

2.2 Endogene Rhythmen und deren Beeinflussung durch Licht

2.2.1 Neuroendokrine Steuerung endogener Rhythmen

Sowohl die Intensität als auch die Wellenlänge des Lichtes beeinflussen das Verhalten und die Physiologie von Geflügel in tief greifender Weise (MANSER 1996).

Cain und Wilson (1973) beschrieben, dass ein Lichtprogramm mit einer Dunkelphase von 6 Stunden einen hocheffektiven Zeitgeber für Körpertemperatur, lokomotische Aktivität und den Zeitpunkt der Eiablage darstellt. Andere potentielle Zeitgeber wie Umgebungstemperatur oder die Anwesenheit der betreuenden Person waren von geringer oder keiner Wirksamkeit. Einzig die Lautäußerungen anderer Hühner konnten ähnliche Modulationen der erfassten Parameter auslösen. Eine einstündige Dunkelphase bewirkte einen weniger ausgeprägten zirkadianen Rhythmus der Aktivität sowie des Verlaufes der Körpertemperatur über den Tag und blieb ohne Wirkung auf die Zeit der Eiablage.

Der Einfluss der Beleuchtung auf die Physiologie der Hühner wird über ein System zirkadianer Rhythmizität vermittelt. Dieses ist hochkomplex und besteht aus interagierenden spezialisierten Photorezeptoren und Oszillatoren. Von zentraler Bedeutung sind in diesem Zusammenhang der Nucleus suprachiasmaticus des Hypothalamus, die Zirbeldrüse (Glandula pinealis) sowie die Retina, die zusammen die zentrale innere Uhr des Vogels bilden (KUMAR et al. 2004). Dabei kommt der Retina zentrale Bedeutung bei der Generation endogener Rhythmen zu, da sie mitverantwortlich für die Photorezeption der Hell-Dunkel-Zyklen ist, die die innere Uhr steuern. Dies geschieht über retinale Projektionen (Tractus retinohypothalamicus) zum Nucleus suprachiasmaticus und anderen Hirnstrukturen. Neuere Untersuchungen weisen darauf hin, dass die zirkadiane Photorezeption über spezialisierte Photopigmente vermittelt wird (GUIDO et al. 2002). Die Ausschüttung des Hormons Melatonin, eines Tryptophan-Derivates, erfolgt hauptsächlich aus der Glandula pinealis, jedoch können speziesabhängig weitere Organe wie die Retina für einen Teil des zirkulierenden Melatonins verantwortlich sein (FOÀ und MENAKER 1988). Licht, genauer gesagt der Anteil des

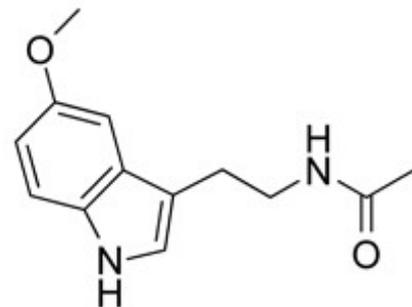


Abbildung 4: Strukturformel Melatonin

Tageslichtes im nahen Ultraviolett, ist beim Huhn für einen negativen Feedbackmechanismus zur Unterdrückung der Melatonin-Sekretion durch die Zirbeldrüse verantwortlich. Dies ist der entscheidende Faktor bei der Regulation der zirkadianen Sekretion von Melatonin (ROSIK und ZAWILSKA 2005). Anders als beim Säugetier, weist die Glandula pinealis der Vögel einige Besonderheiten auf: Sie ist vergleichsweise autonom, da sie eigene Photorezeptoren sowie als Zeitgeber fungierende Zellen enthält (FEJEER et al. 2001; NATESAN et al. 2002). Aviäre Pinealocyten sind zudem direkt photosensitiv – daher die Bezeichnung „drittes Auge“ (MENAHER 2003)– und besitzen somit die drei Kernkompetenzen, die eine innere Uhr charakterisieren: Ein Sensorelement in Form der photosensitiven Zellen, einen autonomen rhythmischen Zeitgeber sowie das Hormon Melatonin als Output.

Beim 20 Tage alten Embryo ist ein deutlicher Anstieg des Plasmamelatoninspiegels messbar, eine Beteiligung bei der Schlupfsynchronisation scheint möglich (ZEMAN und GWINNER 1992). Dies unterstreicht die Bedeutung des Lichtmanagements, welches bereits vor dem Schlupf beginnen sollte (siehe hierzu auch 2.4 Krankheitsbild Tiefe Dermatitis).

Neben regulativen Funktionen im Tagesverlauf scheint Melatonin bei manchen Spezies auch Funktionen bei der Anpassung an zirkannuale Verläufe (Vogelzug) innezuhaben (GWINNER et al. 1993), zudem bei Thermoregulation und Schlafsteuerung (GWINNER und HAU 2000).

Zusammenfassend ist Melatonin also an der Steuerung zentraler Stoffwechselforgänge und Verhaltensäußerungen beteiligt und von exogenem Input, nämlich natürlichem Licht mit UVA-Anteil, abhängig. Im Zusammenhang mit der Hähnchenmast und somit auch der Stallbeleuchtung stellt sich somit die Frage, ob die allgemein verbreiteten Haltungsbedingungen mit Verwendung von Kunstlicht bei oftmals niedrigen Lichtintensitäten überhaupt die Etablierung eines Tag-Nacht Profils zulassen, oder ob die herrschenden Lichtintensitäten hierfür schlichterding zu gering sind, wie dies am Beispiel einer anderen intensiv gehaltenen Nutztierart, des Schweines, von Engmann (2004) demonstriert werden konnte. Bezüglich dieser Fragestellung besteht derzeit Forschungsbedarf.

2.2.2 Corticosteron als Stressparameter

Corticosteron ist ein Steroidhormon. Seine Synthese aus Cholesterol erfolgt in den Interrenalzellen der Nebenniere (NICKEL et al. 1992, KÖNIG et al. 2001). Die Regulation steht unter Kontrolle der hypothalamo-hypophysären Achse (HPA) und wird primär über hypophysär ausgeschüttetes adrenocorticotrophes Hormon (ACTH) vermittelt, als positive Modulatoren sind weiterhin Prolactin (PRL) und Wachstumshormon (GH) zu nennen, inhibitorisch wird die Sekretion des Hormons unter anderem durch Trijodthyronin (T_3) und Androgene beeinflusst. Negatives Feedback kommt auf allen Ebenen der HPA direkt durch Corticosteron selbst zustande. Die Zusammenhänge zwischen Corticosteron und anderen hormonell wirksamen Stoffen verschiedener Vogelspezies, wie beispielsweise Angiotensin, Serotonin (5HT), Parathyrin (PTH), Katecholaminen, Somatostatin (SIH) sowie mit dem Immunsystem, sind derzeit noch nicht abschließend erforscht.

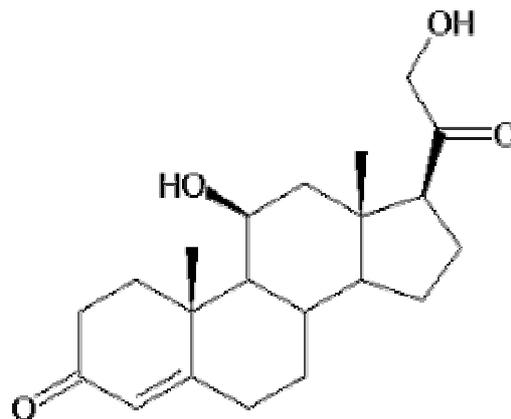


Abbildung 5: Corticosteron-Molekül

Der Transport im Blut geschieht in der Hauptsache gebunden an Plasmaproteine. Die biologische Wirkung von Corticosteron in den jeweiligen Zielzellen wird, wie bei anderen Steroidhormonen sowie den Hormonen der Schilddrüse, über intranukleäre Rezeptoren vermittelt (SCANES 2000). Corticosteron ist nach dem Schlupf das quantitativ wichtigste in den Nebennieren gebildete Glucocorticoid des Vogels. Die Metabolisierung erfolgt hauptsächlich in der Leber (CARSIA und HARVEY 2000, PALME et al. 2005 a), die Ausscheidung der als Sulfate oder Glucuronide konjugierten Metaboliten über Harn und Galle, beim Vogel ebenso wie dies beim Säugetier der Fall ist (PALME et al. 1996, RETTENBACHER et al. 2004, SCHATZ und PALME 2001).

Als Stressor ist jeder Faktor einzustufen, der potentiell die physiologische und psychologische Homöostase eines Tieres aus dem Gleichgewicht bringen kann. Die Reaktion des Organismus auf diesen Stressor in Form verschiedener Anpassungsreaktionen wird allgemein als Stress bezeichnet. Seine physiologische Funktion liegt darin, den Stressor zu beseitigen oder eine Anpassung an die veränderten Umweltbedingungen herbeizuführen. Diese Reaktion dient somit primär der Adaptation des Organismus an seine Umwelt und ist von essentieller Bedeutung für das Überleben des Individuums. Je nach Dauer und Intensität des Stressors fällt die unspezifische Antwort des Organismus hierauf unterschiedlich aus: Akute potentiell schädliche Noxen führen zu Reaktionen wie erhöhtem Blutdruck, erhöhter Atemfrequenz und einem Anstieg des Blutzuckerspiegels. Diese physiologischen Anpassungsmechanismen werden akut über kurzfristig wirksame neurogene Amine, insbesondere Epinephrin und Norepinephrin, vermittelt.

Bei persistierendem Stress kommt es innerhalb weniger Minuten infolge der Aktivierung der hypothalamo-hypophysär-adrenalen Achse, hauptsächlich vermittelt über die Ausschüttung von Corticotropin-Releasing-Faktor (CRH) und einen Anstieg von Adrenocorticotropem Hormon (ACTH), zu einem erhöhten Serumspiegel von Corticosteron sowie in geringerem Umfang auch anderer Steroide, wobei Katecholamine, Serotonin, GABA und β -adrenerge Agonisten modulierend wirken (HARVEY und HALL 1990). Neben physiologischen Effekten wie einer Erhöhung der Gluconeogenese bewirkt Corticosteron Änderungen des Tierverhaltens, auch im Sinne einer erhöhten Futteraufnahme.

Der Corticosteron-Blutspiegel unterliegt beim Huhn Schwankungen infolge Änderungen des physiologischen Status des Individuums: Nach dem Schlupf besteht eine ca. 48-stündige Zeitspanne, in der sich das Tier gegenüber Stress hyporesponsiv zeigt. In der folgenden Zeitspanne von ca. ein bis drei Wochen ist die Funktion der Nebennieren gleich bleibend oder steigt an, danach sinkt sie bis zur Geschlechtsreife und darüber hinaus auf ein gleich bleibendes Niveau ab (CARSIA und HARVEY 2000).

Die Corticosteronkonzentration in Serum oder Exkreten kann, analog zur Cortisolkonzentration beim Säugetier, gemessen und als Parameter zur Einschätzung des Stressniveaus, dem die Probanden ausgesetzt waren, genutzt werden.

Zur Erfassung des vom Vogel, in unserem speziellen Fall vom Huhn, gebildeten Corticosterons stehen grundsätzlich zwei Ansätze zur Verfügung, einerseits die Messung des Serumspiegels, andererseits die Erfassung von Corticosteron, bzw. seiner Metaboliten in den Exkreten des Tieres. Hierbei ist grundsätzlich zu bedenken, dass nicht konditionierte Vögel bei Handling extremem Stress ausgesetzt sein können, was zu starken Schwankungen der Plasmawerte führt (FRAISSE und COCKREM 2006, von HOLST 1998). Diese Schwankungen kommen innerhalb kürzester Zeit zustande, so dass allein die Durchführung der Blutentnahme zu einer deutlichen Steigerung des Plasmacorticosterons führen kann (HEYN 2006 unveröffentlicht). Im Extremfall kann es beim Handling von Masthybriden trotz fachgerechter Fixierung des Patienten (KORBEL 1992 a und b) zu akutem Kreislaufversagen mit Exitus kommen (EIGENE BEOBACHTUNG 2006, unveröffentlicht). Hinzu kommt, dass Corticosteron im Plasma sowohl in freier als auch in proteingebundener Form vorliegt, wobei die biologische Wirksamkeit in erster Linie durch die frei zirkulierende Fraktion bedingt ist. Die Bestimmung nur der frei zirkulierenden Fraktion ist aufwendiger und kostenintensiver als die des gesamten Corticosterons. Zudem wird Corticosteron pulsatil sezerniert, was die Bestimmung von Basiswerten zusätzlich erschwert (PALME et al. 2005 a).

Daher ist für Untersuchungen an nicht konditionierten Masthühnern eindeutig eine nichtinvasive Technik vorzuziehen. Hierbei bietet sich die Bestimmung der Corticosteron-Metaboliten in den Ausscheidungen der Tiere an. Vorteile dieser Methodik liegen insbesondere in der problemlosen Probensammlung und der Tatsache, dass kaum Interaktionen mit den Untersuchungsobjekten erfolgen (MÖSTL und PALME 2002).

Einschränkungen der Methodik begründen sich darin, dass die im Bestand genommene Einzelprobe nicht einem Einzeltier zugeordnet werden kann. Weiterhin ist zu bedenken, dass die endogene Produktion an Glucocorticoiden durch viele Faktoren, wie beispielsweise individuelle Unterschiede, zirkadiane Rhythmen, jahreszeitliche oder wetterbedingte Einflüsse, Geschlecht, Alter und reproduktiver Status, beeinflusst werden kann, wodurch potentiell eine hohe Varianz der Ergebnisse zustande kommen kann.

Ausgeschieden wird nicht Corticosteron, sondern in erster Linie eine Mischung verschiedener Metaboliten unterschiedlicher Polarität. Gemessen werden können

somit in der Hauptsache diese Metaboliten, nicht jedoch die Konzentration des Corticosterons selbst. Infolge der gemeinsamen Ausscheidung von Kot und Harn beim Vogel kann die Konzentration an Corticosteronmetaboliten in den Ausscheidungen ungleichmäßig verteilt sein (PALME 2005 b), was eine standardisierte Probennahme erforderlich macht. Der quantitativ bedeutsamste Peak der Ausscheidung erfolgt beim Huhn im Harnsäureanteil nach 0,6 Stunden, im Kotanteil nach 3,8 Stunden (RETTENBACHER et al. 2004). Bei der Konzeption eines Probennahmeplanes ist weiterhin zu bedenken, dass die Produktion von Glucocorticoiden einer tageszeitabhängigen Rhythmizität unterliegt (MÖSTL und PALME 2002).

Weiterhin sollte nicht übersehen werden, dass in den publizierten Untersuchungen zu diesem Thema beim Huhn unterschiedliche Assays zur Bestimmung der Konzentration von Glucocorticoiden im Kot zur Verwendung kamen (DAWKINS et al. 2004, DEHNHART et al. 2003, FRAISSE und COCKREM 2006, RETTENBACHER et al. 2004, Zusammenfassung siehe Tabelle 15), so dass derzeit eine Vergleichbarkeit nur innerhalb der mittels einer definierten Methodik erhobenen Werte gegeben ist.

Bei all diesen Einschränkungen erscheint jedoch in der vorgestellten Langzeitstudie die Möglichkeit der Erhebung von Stressindikatoren im Kot die am besten handhabbare und aussagekräftigste Methodik, um Aussagen über die Auswirkungen der Haltungsumwelt auf die Masthühner zu treffen.

2.3 Licht und Verhalten

Licht greift fundamental in Verhalten und Entwicklung von Vögeln ein. Dies beginnt bereits im Ei, wo der Hühnerembryo mannigfaltigen Umweltreizen ausgesetzt ist. Der größte Teil der Embryonen positioniert sich nun im Ei so, dass nur das rechte Auge Licht wahrnehmen kann, nicht jedoch das linke (OPPENHEIM 1973; ROGERS 1995). Wird ein Hühnerembryo während der sensiblen Phase, i. e. der letzten Woche in der Brut Licht ausgesetzt, so kommt es aufgrund der im Gegensatz zu Säugetieren vollständigen Kreuzung der Fasern des Nervus opticus im Chiasma opticum (KÖNIG und LIEBICH 2001) zu verstärkter Entwicklung der Nervenbahnen vom rechten Auge zur linken Hirnhälfte. Diese Nervenbahnen werden nicht entwickelt, wenn die Hühnerembryonen in vollständiger Dunkelheit inkubiert werden. Soziale Erkennung

wird von der rechten Hemisphäre kontrolliert (DENG und ROGERS 2002). Verschiedene Autoren vertreten die Hypothese, dass eine Bebrütung von Hühnereiern unter Licht hinsichtlich des Sozialverhaltens und der Individualerkennung zu einer Dominanz der linken über die rechte Hirnhälfte führe. Nichtaggressives Federpicken sei wichtiger Bestandteil der Individualerkennung junger Hühner. Durch die Veränderungen in der Sehbahn, die eine Störung der Individualerkennung bewirke, werde das Auftreten von Federpicken von den ersten Lebenswochen an begünstigt (RIEDSTRA und GROOTHUIS 2004; RIEDSTRA 2003).

Jensen et al. (2006) zogen Legehennenküken aus Abteilen, die für fünf Wochen vollständig dunkle Zonen mit dort befindlichen Wärmelampen aufwiesen und aus herkömmlich beleuchteten Abteilen auf und beobachteten einen ähnlichen Effekt: Die Tiere aus den dunklen Abteilen zeigten, anders als diejenigen aus den hellen Abteilen, bis zur Legereife keine Tendenz Federn zu picken. Dabei war zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied in der Ausscheidung von Stresshormonen (Corticosteronmetaboliten im Kot) zu erkennen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Johnsen und Kristensen (2001). Ein Ansatzpunkt zur Verringerung des Federpickens, das sich in Beständen zu einem wirtschaftlich bedeutenden Problem entwickeln kann, ist somit in der Lichtumgebung im Embryonal- und Kükenstadium gegeben.

Moderne Masthybriden verfügen über das gesamte Verhaltensspektrum der Urform des Haushuhns, des Bankiva-Huhns. In der Organisation und Ausprägung dieser Verhaltensmuster kam es jedoch infolge intensivster züchterischer Bemühungen, die insbesondere dem Ziel galten, hohe Gewichtszunahmen und hohen Brustfleischanteil zu erreichen, zu deutlichen Verschiebungen auch genetisch fixierter Verhaltensmuster (BURKHART et al. 1983). Dies wird mit verschiedenen unerwünschten Effekten, wie Beinschäden, Alterationen der Haut im Bereich von Brust und Ständern sowie mit Herz- Kreislauf-Problemen in Zusammenhang gebracht. Hierdurch können erhebliche wirtschaftliche Schäden entstehen, zudem werden diese Entwicklungen seitens des Tierschutzes kritisch beurteilt (ANONYM. 2000, ANONYM. 2005a). Problematisch bei den vorgenannten Berichten ist jedoch, dass sie sich, gerade was die Mindestlichtintensität angeht, auf ältere Untersuchungen und somit die zum damaligen Zeitpunkt vergleichsweise dürftige

Kenntnis der oben diskutierten sinnesphysiologischen Zusammenhänge stützen. Neuere Studien (KRISTENSEN et al. 2006) konnten negative Einflüsse einer dunklen Beleuchtung auf Beingsundheit und Leistung von Broilern nicht bestätigen.

Zuchtlinien, die auf die Erfordernisse der intensiven Produktion hin konzipiert wurden, legen im Vergleich mit extensiv genutzten Rassen verringerte lokomotorische Aktivität an den Tag (BIZERAY et al. 2000). Insgesamt ist das Verhalten intensiv genutzter Masttiere durch lange Sitz- und Liegezeiten gekennzeichnet. Am Ende eines Durchganges können Sitzen und Liegen zwischen 80 und 90 % des gesamten Zeitbudgets der Tiere ausmachen (BESSEI 1991). Die Ruhephasen sind dabei oftmals sehr kurz (MURPHY und PRESTON 1988). Ansätze zur Optimierung der Haltung und Verringerung von Schädigungen des Tieres aufgrund des extremen Wachstums werden insbesondere auch im Bereich des Beleuchtungsmanagements gesehen (REITER und BESSEI 1998).

Zur Erfassung des Verhaltens stehen verschiedene Ansätze zur Verfügung: Zum einen kann das Verhalten direkt oder über Kameras von einem Beobachter erfasst und dokumentiert werden (MARTIN und BATESON 1993). Weiterhin wurden für Vögel verschiedenste automatisierte oder teilautomatisierte Ansätze entwickelt, direkt oder indirekt Verhalten oder Teilaspekte davon zu erfassen, beispielsweise über elektromagnetische Induktion (BESSEI und BESSEI 1974), über elektrische Kontaktschalter (BENNET et al. 1996), über Erfassung des Bewegungsimpulses mittels Wägung (BOSHOUWERS und NICAISE 1985, BOSHOUWERS und NICAISE 1992), mittels Kalorimetrie (ebendort, AERTS et al. 2000), über Ausmessen der zurückgelegten Wegstrecke (LEWIS und HURNICK 1990) oder über EDV-gestützte Bildanalyse (BLOEMEN et al. 1997; DE WET et al. 2003; KRISTENSEN et al. 2004). Dabei gilt das Interesse der Anwender mehr und mehr Verfahren, die es möglich machen, Daten im Bestand zu erheben, ohne die Tiere dem Stress invasiver Messungen und Manipulationen auszusetzen. Dies bringt verschiedene Vorteile in der praktischen Durchführung und ist auch vom Standpunkt des Tierschutzes prinzipiell als erstrebenswert anzusehen (BARBERA 2003). Diese Vielfalt der möglichen Erfassungsmethoden sollte bei der vergleichenden Betrachtung verschiedener Studien im Hinterkopf behalten werden.

2.3.1 Lichtintensität

Beim Huhn besteht, wie bei anderen Spezies auch, eine lineare Beziehung zwischen dem Logarithmus der Lichtintensität und der Wahrnehmung von Helligkeit (BOSHOUWERS und NICAISE 1987; 1993). Auch zwischen Lichtintensität und der allgemeinen Aktivität der Tiere besteht ein enger Zusammenhang, der bereits 1974 von Hughes und Black beschrieben wurde. Boshouwers und Nicaise (1987) gehen dabei ebenfalls von einer linearen Beziehung aus, Kristensen (2004a; b) konnte jedoch nachweisen, dass die Aktivität von Broilern nicht von der auf sie einwirkenden absoluten Lichtintensität sondern vielmehr von deren Modulation, also dem Lichtprogramm, abhängig ist. Dies erklärt die empirische Beobachtung, dass das Verhalten einer Herde, insbesondere hinsichtlich der Aktivität, die oft als „Schreckhaftigkeit“ oder „Hyperaktivität“ empfunden wird, je nach betriebsspezifischem Lichtprogramm zu variieren scheint.

Eine bei Huhn und Pute auftretende Verhaltensstörung, die einerseits von tierschützerischem Belang ist, andererseits auch zu ökonomisch spürbaren Leistungseinbußen und Ausbrüchen von Kannibalismus führen kann, ist das Federpicken (SEDLACKOVA et al. 2004). Es handelt sich um ein multifaktorielles Geschehen, wobei ein positiver Zusammenhang mit der Helligkeit der Umgebung als erwiesen angesehen wird (HUGHES und DUNCAN 1972). Routinemäßig werden niedrige Lichtintensitäten genutzt, um diesem Verhalten vorzubeugen. Die Untersuchungen von Kjaer und Vestergaard (1999) zeigen, dass dieser Ansatz gerechtfertigt ist, da unter halbkommerziellen Bedingungen die Inzidenz von schwerem Federpicken durch eine Verringerung der Lichtintensität von 30 lx auf 3 lx signifikant gesenkt werden konnte.

Der direkte Zusammenhang zwischen Lichtintensität und Aktivität der Tiere wird durch die Ergebnisse von Aschoff und von Saint Paul (1976) unterstützt. Hierbei konnte demonstriert werden dass die Hirntemperatur, die als verlässlicher Parameter für das Maß der allgemeinen Erregung beim Huhn herangezogen werden kann (VON SAINT PAUL und ASCHOFF 1974), in direkter Abhängigkeit zur Lichtintensität steht.

Die Auswirkung der Lichtintensität auf das Verhalten von Mastgeflügel ist spezies- und altersabhängig (BARBER et al. 2004). Broiler zeigen im Alter von einigen Tagen bis Wochen eine deutliche Präferenz für möglichst helle Umgebungen, mit

steigendem Alter jedoch ziehen sie dunkle Bereiche vor, um Ruheverhalten auszuüben (DAVIS et al. 1998).

Sobald eine deutliche biphasische Tag-Nacht-Rhythmik vorhanden ist, stellt sich eine ausgeprägte lichtabhängige Tagesrhythmik der Futteraufnahme ein (BESSEI 1992). Dies bestätigt sich in den Untersuchungen von Weaver und Siegel (1968) sowie von May und Lott (1994).

Das Futteraufnahmeverhalten wird durch die jeweils herrschende Lichtintensität signifikant beeinflusst. Die Menge aufgenommenen Futters ist unter heller Beleuchtung größer als in einer vergleichsweise dunklen Lichtumgebung (BERK 1995). Auch die Zeit, die für die Futteraufnahme verwendet wird, ist positiv mit der herrschenden Lichtintensität korreliert (DAVIS et al. 1999). Die aufgenommene Futtermasse pro Minute variiert abhängig von der herrschenden Helligkeit, ebenso wie die Anzahl der Pickbewegungen. Ein Einfluss der Helligkeit auf die pro Pickvorgang aufgenommene Futtermenge besteht nicht (PRESCOTT und WATHES 2002). Die Autoren schließen hieraus, dass es unter dämmeriger Beleuchtung (< 1 Lux beschreibt den Zustand annähernder Dunkelheit) für Legehennen zunehmend schwieriger wird, Futterpellets korrekt von der Umgebung abzugrenzen. Für diesen Vorgang wird vermutlich mehr Zeit benötigt, als unter hellerer Beleuchtung. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Broiler unter heller Beleuchtung mehr Futter aufnehmen und aktiver sind, jedoch steigt auch der Energieumsatz der Tiere aufgrund höherer motorischer Aktivität (BOSHOUWERS und NICAISE 1993).

Davis et al. untersuchten das Zeit-Raum-Verhalten von Broilern und Legehennen dahingehend, welche Lichtintensität im Alter von 2 und von 6 Wochen bei freier Auswahl aufgesucht wurde. Interessanterweise stellte sich dabei heraus, dass zum ersten Untersuchungszeitpunkt sämtliche Verhaltensweisen vorzugsweise unter 200 lx ausgeführt wurden, im Alter von 6 Wochen jedoch zogen die Vögel es vor, den größten Teil ihrer Zeit unter 6 lx zu verbringen. Die Analyse des Verhaltens zeigte, dass die Tiere während dieser Zeit aufbaumten und ruhten, also Ruheverhalten zeigten, andere Verhaltensmuster – die am gesamten Zeitbudget einen geringen Anteil beanspruchten – wurden nach wie vor in den hellen Umgebungen durchgeführt. Diese Ergebnisse sind konträr zu den Forderungen der EU-Hähnchenhaltungsrichtlinie nach gleichmäßiger Ausleuchtung des Stalles bei einer

Mindestlichtintensität von 20 lx. Eine Zonierung der Haltungsumgebung in helle und dunkle Bereiche, könnte diesem Verhaltensmuster eher gerecht werden.

2.3.2 Lichtspektrum und -farbe

Bezüglich der Einflüsse des Lichtspektrums auf Verhalten und Leistung des Huhnes wird in der Literatur für gewöhnlich zwischen dem für Menschen sichtbaren Spektralbereich und dem UVA-Bereich, für den das menschliche Auge blind ist, unterschieden. Da jedoch viele Vögel, unter anderem das Huhn, Sehfähigkeit im Bereich zwischen 360 und 700 nm aufweisen (PRESCOTT und WATHES 1999), wobei das violett-sensitive (VS) Pigment ein Rezeptionsmaximum bei 419 nm besitzt (HART 2001), ist mit großer Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass der UV-Kanal gegenüber den anderen Farbkanälen keine privilegierte Bedeutung besitzt.

Individualerkennung erfolgt beim Geflügel hauptsächlich auf visuellem Wege. Möglicherweise ergeben sich aus den breiteren Perzeptionsmöglichkeiten der Vögel gegenüber der menschlichen Wahrnehmung deutliche Unterschiede in der Wahrnehmung der Umgebung und der Artgenossen. Sherwin und Devereux (1999) untersuchten die spezifische Reflektion im UV-Bereich der Körperoberfläche von Mastputen im Alter von einem Tag bis zu drei Wochen. Hierbei zeigte sich, dass deren Gefieder unter Beleuchtung mit handelsüblichen Leuchtstofflampen je nach Alter und Entwicklung des Gefieders uniform gelb oder weiß erschien. Wurden die Tiere jedoch unter UV-Beleuchtung und mit den entsprechenden Filtern betrachtet, zeigten sich fluoreszierende oder bräunlich erscheinende Markierungen, die sich deutlich vom Rest des Gefieders abhoben. Diese Markierungen veränderten sich mit dem Gefiederwechsel und waren vom Alter und Gefiederzustand abhängig. Da die in der Putenmast kommerziell genutzten Lichtquellen jedoch in aller Regel nicht im ultravioletten Bereich emittieren, wird vermutet, dass dies zu einer verzerrten Wahrnehmung sowohl der Umgebung als auch der umgebenden Artgenossen führen könnte. Die sich hieraus potentiell ergebenden negativen Folgen sind mannigfaltig (gestörte Individualerkennung, Einflüsse auf die Bildung von Hierarchien und Gruppen, Federpicken). Daher sind diese Ergebnisse aus dem Putenbereich als Hinweis zu werten, dass ein gewisser Anteil an UV-Strahlung in der visuellen Umgebung von Wirtschaftsgeflügel zur Vermeidung von Leiden und Schäden sinnvoll ist.

Bei einem ähnlichen Versuchsaufbau konnte jedoch bei adulten Hühnern (sowohl Masthybriden als auch Bankivahühner, die Urform des Haushuhns) keine vergleichbar deutlichen und exklusiv im UV-Bereich sichtbaren Gefiedermarkierungen nachgewiesen werden. Jedoch zeigten sich auch hier subtile Veränderungen der äußeren Erscheinung der Tiere, die nur durch UVA-Bestrahlung sichtbar zu machen waren. Generell reflektieren jedoch die Federn domestizierter Hühnerrassen UVA-Strahlung mit der gleichen Intensität wie sichtbares Licht (PRESCOTT und WATHES 1999).

Ein Fehlen des ultravioletten Anteils in der Beleuchtung der Haltungsumgebung von Masthühnern führt de facto zum Ausfallen einer Grundfarbe im tetrachromatischen Farbraum des Huhnes und somit zum Falschfarbensehen. Ob dies für die Tiere mit Stress verbunden ist, ist derzeit unklar. Maddocks et al. (2001) verglichen eine Gruppe mit UV-supplementierter Beleuchtung und eine Gruppe ohne UV-Anteil der Beleuchtung hinsichtlich Corticosteronwerten im Blut und Verhalten und fanden, dass die Tiere, denen kein UV-Anteil angeboten worden war, höhere Basalkonzentrationen an Corticosteron zeigten. In dieser Studie erfolgte leider keine Einstellung der Lichtintensität auf tierartangepasst gleiche Werte, so dass deren Ergebnisse nicht eindeutig zu interpretieren sind. Dies unterstreicht den Forschungsbedarf auf diesem Felde.

Ein Hinweis auf das Vermögen des Geflügels, Unterschiede zwischen Lichtquellen mit unterschiedlicher spektraler Emission, somit unterschiedlicher Lichtfarbe, als unterschiedlich hell wahrzunehmen, ist darin zu sehen, dass Legehennen, die bei gleicher Luxzahl unter Glühbirnen sowie unter Leuchtstofflampen gehalten wurden, unter letzterer Lichtquelle ein durchgehend höheres Aktivitätsniveau an den Tag legten als unter Leuchtstofflampen. Angesichts eines linearen Zusammenhangs zwischen Lichtintensität und körperlicher Aktivität ist von einer für die Tiere subjektiv deutlich erhöhten Helligkeit auszugehen (BOSHOUWERS und NICAISE 1993).

Kristensen (2004b) wies nach, dass sich bei der Nutzung von Biolux-Leuchtstofflampen (Farbtemperatur 6500 K), verglichen mit warm-weißen Leuchtstofflampen (Farbtemperatur 3000 K), die Frequenz sowohl des auf das Gefieder gerichteten Verhaltens (Gefiederpflege, Federpicken) als auch des explorativen Scharrens und Pickens bei sechs Wochen alten Broilern erhöht. Eine mögliche Erklärung wird im Anteil der UVA-Strahlung, den die Biolux-

Leuchtstofflampen emittieren, gesehen. Hierdurch wird möglicherweise die subjektive Wahrnehmung der Partnertiere sowie der Umgebung verändert. Einflüsse der Lichtintensität auf das Federpicken konnten nicht nachgewiesen werden.

Prayitno et al. (1997a) zeigten, dass die Lichtfarbe das Verhalten von Hühnern unter ansonsten identischen Haltungsbedingungen dahingehend beeinflusst, dass unter für die Tiere isoluminantem roten und weißen Licht vergleichsweise höhere Aktivität festzustellen war, wohingegen die Tiere unter blauem und grünem Licht ruhiger waren. Unter Beleuchtung mit Licht von kurzer Wellenlänge (blau, grün) zeigten die Tiere eine weniger stark ausgeprägte zirkadiane Rhythmizität der Ruhephasen als unter Licht längerer Wellenlänge (rot) oder unter weißem Licht. Rote Beleuchtung vom achten bis zum 28. Lebenstag führte in diesem Experiment zu signifikant erhöhter Inzidenz agonistischer Verhaltensweisen. Das lässt erkennen, dass insbesondere der Bereich des roten Lichts zur Steigerung der Aktivität von Hühnern geeignet zu sein scheint, umgekehrt Blau- und Grünlicht beruhigende Wirkung auf die Tiere entfalten. Diese Ergebnisse wurden von Prayitno et al. (1997b) in weiteren Untersuchungen bestätigt. Hierbei zeigten sich Interaktionen zwischen Lichtfarbe und -intensität. Unter für Hühner isoluminantem roten und blauen Licht nahm die Frequenz aller Verhaltensweisen mit Ausnahme von Fressen, Sitzen und Trinken der Tiere bei Erhöhung der Intensität des roten Lichtes signifikant stärker zu, als bei Erhöhung der Intensität des blauen Lichtes. Rotlicht wirkte sich hierbei negativ auf die Dauer des Ruheverhaltens aus. Es wird spekuliert, dass diese Effekte ursächlich auf die stärkere Penetration langwelliges Lichtes in die Glandula pinealis und somit schlussendlich auf die Folgen verringerter Melatoninproduktion zurückzuführen sei.

Hinsichtlich der Lichtqualität bestehen, ebenso wie für die Lichtintensität, altersabhängige Präferenzen. Im freien Auswahlversuch zwischen vier Lichtqualitäten zeigten Broiler im Alter von zwei Wochen keinerlei Präferenzen, im Alter von sechs Wochen jedoch war eine deutliche Bevorzugung einer tageslichtähnlichen Umgebung, bedingt durch den Einsatz von Biolux-Leuchtstofflampen zu erkennen (KRISTENSEN 2002).

In einem ähnlichen Versuch wurde Broilern die Auswahl aus folgenden Lichtquellen gewährt: Einer kommerziell erhältlichen Leuchtstofflampe deren Farbtemperatur der des Tageslichtes (ca. 6500 K) nahe kommt (sog. Biolux), einer Kombination aus Filtern, Leuchtstofflampen und UV-emittierenden Lampen, von der vermutet wurde,

dass sie den gesamten Bereich der spektralen Perzeption des Huhnes abdecke, konventionellen Glühbirnen und warm-weißen Leuchtstofflampen mit einer Farbtemperatur von 3000 K. Dabei konnte nochmals nachgewiesen werden, dass Broiler im Alter von sechs, nicht jedoch von einer Woche, eine deutliche Präferenz sowohl für Biolux® als auch für warm-weiße Leuchtstofflampen zeigen. Diese Präferenz war im Alter von einer Woche nicht zu erkennen. Die Verfasser sehen mögliche Ursachen für diese Präferenz darin, dass die genannten Lichtquellen dem Tageslicht in der spektralen Zusammensetzung näher kommen, als die anderen im Versuch verwendeten Leuchtmittel. Weiterhin wird eine genetische Anpassung der Broilerlinien an Kunstlicht vermutet, wobei hierfür keine Hinweise erbracht werden können. Warum diese Präferenzen im Alter von sieben Tagen noch nicht ausgeprägt sind, bleibt unklar (KRISTENSEN 2004).

2.3.3 Lichtprogramm

Neben der Intensität kommt der Dauer und Aufteilung des Lichtes im Tagesverlauf große Bedeutung zu. Bis vor wenigen Jahren war Dauerbeleuchtung, evtl. unterbrochen von einer kurzen Dunkelphase, in der Hühnermast der Regelfall, da man sich hiervon ruhigere Tiere und eine schnellere Körpermassenzunahme bei verbesserter Futtermittelverwertung erhoffte. Diese Praxis wurde aus verschiedenen Gründen weitgehend aufgegeben: Dauerbeleuchtung steht in Konflikt zu zirkadianen Rhythmen des Huhns und ist vom Standpunkt des vorbeugenden Tierschutzes her kritisch zu beurteilen (siehe hierzu 2.5.2 Tierschutz und Gesundheit).

Grundsätzlich bestehen mannigfaltige Möglichkeiten, das Lichtprogramm zu gestalten: Konventionelle Lichtprogramme haben einen Rhythmus von 24 Stunden und bestehen aus einer Tag- und einer Nachtphase, aus Photoperiode und Skotoperiode. Lichtprogramme, die aus einer Photo- und einer Skotoperiode bestehen, die jedoch zusammengenommen mehr als 24 Stunden umfassen, werden als ahemeral bezeichnet (LEWIS und PERRY 1990), ihre Verwendung ist in der Broilermast unüblich. Intermittierende Programme sind solche, bei denen mehr als eine Skoto- und eine Photoperiode vorkommen. Diese sind in der Broilermast unter kontrollierten Bedingungen derzeit Standard. Sie können symmetrisch (Wiederholung einer identischen Abfolge von Licht- und Dunkelperioden, z.B. 4(1,5L:4,5D)) oder asymmetrisch (eine der Skotoperioden innerhalb von 24 Stunden ist deutlich länger als die anderen) ausgestaltet sein. Über die Zeit kann das Lichtprogramm gleich

bleiben oder die Länge des Lichttages variieren, was z.B. in der Junghennenaufzucht genutzt wird.

In der Broilermast gängige Lichtprogramme sind z.B. 2(8L:4D), 8(1L:2D), 6(1L:3D) und 12(0,25L:1,75D), wobei in aller Regel nach Einstellung über bis zu sieben Tage Dauerlicht gegeben wird. Die mit diesen Programmen erzielten Mastendgewichte sind gleich oder höher nach 6 Wochen als die unter 23L:1D, die Futterverwertung übertrifft die der Tiere unter 23L:1D (LEWIS und MORRIS 2006).

Während der Dunkelphasen erfolgt in der Regel keine Futteraufnahme, solange die Hellphasen den größten Teil des Tages ausmachen. Sinkt der Anteil der Photoperiode jedoch unter acht Stunden, kann ein beträchtlicher Anteil der Futteraufnahme auch während der Skotoperiode erfolgen. Sogar eine Futteraufnahme in totaler Dunkelheit ist möglich (SAVORY 1980).

Ein zentraler Gesichtspunkt bei der Implementierung von Lichtprogrammen ist, ob sie zur Synchronisierung des endogenen Rhythmus' der Tiere führen (siehe auch 2.2.1 Neuroendokrine Steuerung endogener Rhythmen). Dies ist je nach Ausgestaltung der Hellphasen nicht immer der Fall, was zu freilaufenden endogenen Zyklen und einer im Verhaltensverlauf über den Tag desynchronisierten azyklischen Herde führt. In untenstehender Tabelle 1 sind Beispiele für symmetrische und asymmetrische intermittierende Lichtprogramme mit prolongierten Dunkelphasen, die primär in der Legehennenhaltung verwendet werden, zusammengefasst:

	Bezeichnung	Beispiel	Subjektive Empfindung	Synchronisierender Effekt
Asymmetrisch	Cornell	1L:4D:8L:10D	14L:10D	Ja
	Biomittent®	15(0,25L:0,75D): (0,25L:0,5D:0,25L):8D	16L:8D	Ja
	Flash / Nachtunterbrechung	15,5L:5D:0,5L:3D	19L:5D	Ja
Symmetrisch	Short-cycle	4(3L:3D) oder 3(2,5L:5,5D)	Dauerlicht	Nein
	Long-cycle	2(2L:10D)	14L:10D	Ja
	Reading	24(0,25L:0,75D)	Dauerlicht	Nein

Tabelle 1: Klassifikation und Beschreibung intermittierender Lichtprogramme (aus Lewis und Morris 2006)

Verschiedene Versuche wurden durchgeführt, um andere Stimuli (Temperatur, akustische Stimuli) zu finden, die ähnlich wie die Beleuchtung als Zeitgeber, insbesondere für die Futteraufnahme wirken können (CAIN und WILSON 1973; MAY und LOTT 1994), die Effektivität dieser Methoden war jedoch vergleichsweise gering oder nicht vorhanden.

Die Nutzung von Lichtprogrammen mit einer definierten Skotoperiode bis einige Tage vor der Ausstallung bewirkt eine allgemeine Erhöhung der Aktivität von Broilern während der Hellphasen (SANOTRA et al. 2002). Dies kann sich während des Wachstums der Tiere über eine bessere Entwicklung des Skelettes positiv auswirken, allerdings ist während des Fangens am Ende der Mast ein höheres Risiko für Schäden der Schlachttierkörper gegeben.

2.3.4 Dämmerungsperiode

Meteorologisch werden drei Phasen der Dämmerung unterschieden, die sich nach der Tiefe der Sonne unter dem Horizont unterteilen: Bei einem Stand von 6° unter dem Horizont spricht man von bürgerlicher Dämmerung, zwischen 6 und 12° von nautischer und zwischen 12 und 18° von astronomischer Dämmerung. Nach Ende der astronomischen Dämmerung beginnt definitionsgemäß die Nacht (BEZOLD 1864). Dieser Übergang vom Tag zur Nacht wird von Hühnern als synchronisierendes Element genutzt. Dies wurde von Yeates (1963) bei Legehennen beobachtet. Dabei begann die aktive Periode der Tiere noch vor der bürgerlichen Morgendämmerung, also bei annähernder Dunkelheit ($0,03$ lx) und endete ca. eine halbe Stunde vor der bürgerlichen Abenddämmerung bei $13,5$ lx, wobei der Autor angibt: „The light at this intensity could be described as very good, easily permitting readings and all normal outdoor pursuits.“ (sic!). Blokhuis (1984) berichtete ebenfalls, dass auf Tiefstreu gehaltene Hühner unter Tageslichtbedingungen bereits eine Stunde vor Sonnenuntergang begannen, ihre Ruheplätze einzunehmen, eine Stunde vor Sonnenaufgang begannen sie bereits wieder, diese zu verlassen. Bei modernen Mastbroilern unter halbkommerziellen Haltungsbedingungen war signifikant vermehrtes Aufbaumen während der Dämmerphase nur in sehr geringem absoluten Umfang und gegen Ende der Mast in der sechsten Mastwoche nachweisbar (MARTRENCHAR et al. 2000).

Hühner, so auch Mastbroiler, zeigen unter natürlichen Bedingungen, i.e. sobald der Tag in eine Dunkel- und eine Hellphase unterteilt wird, einen zweigipfligen Aktivitätsrhythmus, dessen Spitzen am frühen Morgen und am Abend liegen (SAVORY 1975). Dieser Rhythmus ist für Futteraufnahmeverhalten in stark abgeschwächter Form sogar noch unter Dauerlicht nachzuweisen (WEAVER und SIEGEL 1967). Die Aufzeichnung des von Legehennen hervorgerufenen Geräuschpegels zeigt ebenfalls ein Maximum zu Beginn und Ende der Photoperiode (LEWIS et al. 1987). Tanaka und Hurnik (1990) untersuchten detailliert Unterschiede im Verhalten von Legehennen in Batteriehaltung sowie Bodenhaltung, die unter identischen Lichtprogrammen gehalten wurden ($14L:8D$), wobei sich die Versuchsgruppen ausschließlich darin unterschieden, ob eine fünfminütige Dämmerphase eingesetzt wurde oder nicht. Dabei war die maximale Futteraufnahme in den Käfigen während der ersten Minute der simulierten Morgendämmerung zu

verzeichnen, die simulierte Abenddämmerung führte ebenfalls zu einem signifikanten Anstieg der Futteraufnahme verglichen mit den Tieren ohne Dämmerphase. Zudem setzten sich die Tiere mit Dämmerphase bereits während dieser nach und nach ab, wohingegen in den Käfigen, deren Beleuchtung abrupt abgestellt wurde, die Tiere bei Beginn der Dunkelphase noch standen. In der Auslaufhaltung führte der abrupte Beginn der Dunkelphase zu hektischer Aktivität, gemessen als Anzahl der Tiere, die den Ort wechselten, während bei gradueller Verringerung der Lichtintensität ein geringerer Anstieg dieser Aktivität zu verzeichnen war, wie auch die Anzahl der Positionswechsel während des Übergangs Hell-Dunkel in der Gruppe mit Dämmerphase signifikant geringer war.

Savory (1976) verglich Broiler, die unter zwei Lichtprogrammen, beide mit 12L:12D, jedoch eines ohne Dämmerphasen und eines mit je einer zweistündigen Morgen- und Abenddämmerung, gehalten wurden sowie einer Kontrollgruppe, die unter Dauerlicht gehalten wurde, hinsichtlich Wachstum, Futteraufnahme und Futtermittelverwertung und stellte fest, dass die Tiere mit Dämmerphase eine deutlich stärker ausgeprägte zirkadiane Verteilung der Futteraufnahme aufwiesen, als die der Vergleichs- oder der Kontrollgruppe. Zudem waren sie schwerer und nahmen mehr Futter auf. Die höchste Futtermittelverwertung – signifikant höher als unter Dauerlicht – wies jedoch die Gruppe der Tiere ohne Dämmerphase auf. Im Mastabschnitt von der ersten bis zur dritten Woche jedoch war die Gewichtszunahme am höchsten, wenn die Tiere mit Dämmerphase aufgezogen wurden. Auffällig war, dass ohne Dämmerphase die höchste Futteraufnahme zu Beginn der Photoperiode erfolgte, mit Dämmerphase jedoch am Ende der Photoperiode während der Dämmerung. Möglicherweise führt also die Dämmerung dazu, dass die konditionierten Tiere vor Beginn der „Nacht“ noch einmal Futter aufnehmen, welches im Kropf gespeichert wird, so dass der Verdauungstrakt durchgängig mit Futter gefüllt sein kann. Diese maximale Stimulation des Futteraufnahmeverhaltens führte somit in den beschriebenen Untersuchungen zu höherem Mastendgewicht.

Bryant (1987) argumentiert, Morgen- und Abenddämmerung seien für Wildtiere der allermeisten Spezies die Zeiten der höchsten Aktivität, somit liege der Verdacht nahe, ein Fehlen dieser Tagesabschnitte könnte sogar als Stressor zu bewerten sein. Vor dem Hintergrund der oben aufgeführten Untersuchungen kann dies nicht eindeutig bestätigt werden, jedoch ist insgesamt wenig Schrifttum zu diesem Thema

vorhanden. Vorrangig wurden in den meisten Untersuchungen der Einfluss der Dämmerphase auf das Futteraufnahmeverhalten betrachtet. Hierzu sind die Ergebnisse relativ eindeutig, die Futteraufnahme vor einer durch eine Dämmerphase angekündigten Skotoperiode ist erhöht – vorausgesetzt es handelt sich um ein Lichtprogramm mit Hellphasen von einer gewissen Mindestlänge.

2.3.5 Flackerfrequenz

In der Broilermast, wie auch in anderen Nutzungsrichtungen, werden mittlerweile vorzugsweise Leuchtstofflampen für die Stallbeleuchtung genutzt. Dies ist auf deren gegenüber Glühbirnen höhere Energieeffizienz (bis zu viermal mehr Lumen pro Watt) und längere Nutzungsdauer (Leuchtstofflampen bis zu 15.000 Stunden, Glühbirnen durchschnittlich 1000 Stunden) zurückzuführen (LEWIS und MORRIS 1998). Die Frequenz des Wechselstroms beträgt in Europa 50, in den USA 60 Hertz (Hz). Dies resultiert bei Leuchtstofflampen mit konventionellem Vorschaltgerät, die immer noch in vielen Stallungen vorhanden sind, in einer Flackerfrequenz von 100, respektive 120 Hz. Glühbirnen hingegen emittieren kontinuierliches Licht. Durch den Einsatz elektronischer Vorschaltgeräte kann die Flackerfrequenz von Leuchtstofflampen auf mehrere zehntausend Hz angehoben werden, so dass die Lichtquelle in jedem Fall nicht mehr als flackernd wahrgenommen werden kann. In letzterem Fall kann von keiner nachteiligen Beeinflussung des Verhaltens ausgegangen werden.

Hühner sind, wie bereits oben ausgeführt, prinzipiell in der Lage das Flackern von Leuchtstofflampen wahrzunehmen, die ohne elektrisches Vorschaltgerät (EVG) mit einer Frequenz von 100 Hz betrieben werden (NUBOER et al. 1992b; KORBEL und SZÖLGYÉNYI 2001). Höchstwahrscheinlich sind sie jedoch nur bei hohen Lichtintensitäten hierzu fähig. Nichtsdestotrotz ist davon auszugehen, dass dies die Wahrnehmung der Umgebung im Vergleich zum Menschen erheblich verändern kann. Diese Beleuchtung könnte als ständiges, stroboskopartiges Flackern wahrgenommen werden.

Broiler unter niedrigfrequent flackernder Beleuchtung bei ansonsten identischen Haltungsbedingungen zeigten im Vergleich zu Broilern unter hochfrequent flackernder Beleuchtung eine signifikant verringerte motorische Spontanaktivität. Die Verringerung der motorischen Aktivität kam möglicherweise durch Inhibition gewohnter Verhaltensweisen zustande. Da gleichzeitig der Energieverbrauch gleich

bleibt, wird eine isometrische Anspannung der Skelettmuskulatur im Sinne von Schreckstarre vermutet (BOSHOUWERS und NICAISE 1992).

Bei freier Wahl zwischen zwei Räumen, die mit hoch- oder niedrigfrequent flackernden Neonröhren ausgestattet waren (Lichtintensität 14 lx), zeigten Legehennen keine Präferenz für die hochfrequent flackernde Lichtquelle (WIDOWSKI und DUNCAN 1996). Untersuchungen bei einer anderen Spezies, dem Star (*Sturnus vulgaris*), lieferten Hinweise auf erhöhte basale Corticosteronkonzentrationen im Blut, die durch Neonröhren mit einer Flackerfrequenz von 100 Hz bedingt waren. Als Vergleich diente in diesem Versuch eine Behandlung mit 30-40 kHz, Lichtquelle waren Neonröhren mit einer Leistung von 100 W (MADDOCKS et al. 2001).

Zusammenfassend kann als gesichert gelten, dass Hühner in der Lage sind, bei hohen Lichtintensitäten das Flackern konventioneller Lichtquellen als diskontinuierlich wahrzunehmen. Bei niedrigen Lichtintensitäten hingegen scheint die Flackerfrequenz der Lichtquelle eine untergeordnete Rolle zu spielen. Mögliche Konsequenz aus einem flackernden Bild auf der Retina könnte sein, dass Bewegungen als ruckartig wahrgenommen werden (D'EATH 1998). Zudem ist beim Menschen eine erhöhte zentralnervöse Erregung bedingt durch Verwendung von Neonröhren mit konventionellem Vorschaltgerät beschrieben (KULLER und LAIKE 1998). Ähnliche Effekte wären möglicherweise beim Vogel zu erwarten.

2.4 Krankheitsbild Tiefe Dermatitis beim Masthähnchen

Qualitätsmindernde Hautschäden stellen in der kommerziellen Hähnchenmast ein nicht zu unterschätzendes Problem dar, das mit beträchtlichen finanziellen Einbußen für den betroffenen Landwirt verbunden ist. Seit Ende der siebziger Jahre wurden Hautkrankheiten gehäuft registriert und stellen anerkanntermaßen eine der Hauptursachen für den Verwurf oder die Herabstufung von Schlachttierkörpern dar (ELFADIL et al. 1996). Dabei handelt es sich meist um subakut-chronische Hautveränderungen, die während der Haltingsperiode klinisch nicht relevant werden und erst nach Entfernung des Gefieders durch Rupfen sichtbar werden. Von herausragender Bedeutung ist in diesem Zusammenhang insbesondere die phlegmonöse Dermatitis (Synonym „Tiefe Dermatitis, Unterhautvereiterung“, englisch „Coliforme Zellulitis“), andere Hautkrankheiten, wie Hautkarzinomatose, Verletzungen, Schorfigkeit, Hautblutungen, Brustblasen oder die Hautform der Marekschen Krankheit werden deutlich seltener angetroffen. Generell kann festgestellt werden, dass Hautkrankheiten andere Krankheiten wie z.B. Serosen- und Luftsackentzündung oder Kümmern als Verwurfsursache abgelöst haben (BERGMANN 1995).

Die Coliforme Zellulitis wird primär durch *E. coli* verursacht. Pathologisch-anatomisch ist sie durch plattenartiges serosanguinöses bis käsiges, von Heterophilen durchsetztes Exsudat im Unterhautgewebe charakterisiert. Diese Läsionen, als Plaques bezeichnet, sind meist in der Haut über dem Abdomen oder zwischen Oberschenkel und Brustbein gelegen (VAILLANCOURT und BARNES 2003). Bei Auftreten solcher Läsionen in der Schlachtereier werden bei der Fleischuntersuchung die entsprechenden Tierkörper fleischrechtlich gemäßregelt. Sie sind nach der derzeit angewandten GFIHV Anl. 1 Kap. VI Nr. 3.12 (ANONYM. 2001) als untauglich zu beurteilen. Durch hohe Inzidenz dieser Erkrankung können den betroffenen Betrieben erhebliche wirtschaftliche Verluste entstehen.

Als signifikante Einflussfaktoren auf die Entstehung die CZ/IP konnten Rasse, Befiederung, Geschlecht, Besatzdichte, Qualität und Art der Einstreu, Serviceintervall sowie Fütterung ausgemacht werden (VAILLANCOURT und BARNES 2003; ELFADIL et al. 1996 a, b und c).

Unter kontrollierten Bedingungen konnte ein Modell für die Entstehung der CZ/IP erstellt werden (NORTON et al. 1997; NORTON et al. 1999; NORTON et al. 2000). Dabei wurde nachgewiesen, dass Hautkratzer ein ganz wesentliches Element in der Pathogenese der CZ/IP sind. In der Reduktion von Hautkratzern liege der Schlüssel zur Reduktion der CZ/IP. Weiterhin wird vermutet, dass die Ursache für das Auftreten der angesprochenen Erkrankung in der Endmastperiode zu suchen sei.

Beobachtungen aus der Praxis legen nahe, dass zwischen dem Lichtprogramm, das Betriebe verwenden, und dem Auftreten der oben erwähnten Läsionen enge Zusammenhänge bestehen könnten. Dies wird darauf zurückgeführt, dass in Betrieben mit hoher auf die Tiere einwirkender Lichtintensität eine hohe motorische Aktivität der Tiere bestehe. Bei Beobachtung der Tiere zeigt sich, dass diese, vor allem bei den hohen Besatzdichten in der Endmast, häufig übereinander treten. Hierbei werden durch die scharfen Krallen der Tiere Läsionen gesetzt. Dieses Verhalten wird als kausal für das Auftreten der CZ/IP angesehen, hierzu liegen jedoch noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen vor, der Themenkomplex Licht / Beleuchtung fand bis dato bei Untersuchungen des Komplexes CZ/IP wenig Beachtung.

2.5 Lichtmanagement in der Broilermast

Die heute verwendeten Masthybriden sind das Ergebnis jahrzehntelanger konsequenter genetischer Selektion. Im Vergleich zu früheren Broilern erreichen sie ihr Schlachtgewicht früher und weisen höhere Tageszunahmen und schnellere Futtermittelverwertung auf (OLANREWAJU et al. 2006). Neben Fortschritten beim Tiermaterial fand auf dem Gebiet der Haltung und Stalltechnik eine enorme Weiterentwicklung statt. Diese Vorteile sind jedoch mit Nachteilen verknüpft, insbesondere was die Tiergesundheit angeht. Im Vordergrund des Interesses stehen hier Erkrankungen des Bewegungsapparates sowie des Herz- Kreislaufsystems. Die Stallbeleuchtung kann ein nicht zu unterschätzendes Stellglied beim Management sowohl der Herde im Laufe eines Mastdurchganges als auch jener Erkrankungen sein, die durch schnelles Wachstum zustande kommen.

2.5.1 Mastleistung

2.5.1.1 Lichtintensität:

Charles et al. (1992) verglichen die Mastergebnisse, die bei einer Besatzdichte von 35 eingestellten Küken / m² (sic!) und kommerziellen Futtermitteln ad libitum unter 5 und unter 150 lx zu erzielen waren (Mastdauer 8 Wochen). Hierbei erreichten die Tiere unter 5 lx ein signifikant höheres Mastendgewicht. Die Lebendgewichte dieser Tiere waren ab der 3. Mastwoche signifikant höher. Die Tiere, die unter 150 lx gehalten worden waren, wiesen jedoch einen geringeren Anteil an Körperfett und einen höheren Anteil an Protein auf. Zudem waren die abdominalen Fettpolster geringer ausgeprägt. Insgesamt führte die Haltung unter 5 lx somit zu einem geringeren Mastendgewicht bei einem höheren Anteil wertbestimmender Bestandteile.

Das Schrifttum ergibt jedoch in dieser Hinsicht kein einheitliches Bild. Newberry et al. (1988) untersuchten die Mastleistung von Broilern, die bei zwei unterschiedlichen Lichtintensitäten gehalten wurden (6 lx und 180 lx bei Besatzdichten von 7,24 eingestellten Küken / m²). In diesen Untersuchungen war kein Einfluss der Lichtintensität auf das Mastendgewicht nachzuweisen. Bemerkenswerterweise jedoch war der Anteil der zerkratzten Schlachttierkörper unter 6 lx signifikant erhöht. Dies bestätigte die Ergebnisse einer früheren Untersuchung von 1986 (NEWBERRY

et al.), die die Auswirkungen gestaffelter Lichtintensitäten von 0,5 10 20 30 (Experiment 1) sowie 0,1 1 10 und 100 lx (Experiment 2) hinsichtlich Mastleistung, Aktivität und gesundheitlicher Parameter untersuchten, ebenfalls ohne Einflüsse der Lichtintensität auf Mastengewicht oder Mortalität feststellen zu können. Einzig Futtermittelverwertung und Futtermittelaufnahme standen in Experiment 2 in linearer Beziehung zur Lichtintensität.

Siopes et al. (1989) untersuchten die Auswirkungen zweier Lichtprogramme mit 10,8 und 108 lx auf Putenhähne und konnten ebenfalls keine signifikanten Effekte der Lichtintensität darstellen. In einer früheren Studie, die unter Dauerlicht durchgeführt worden war, zeigte sich dass sehr niedrige Lichtintensitäten von 1 lx die Wachstumsleistung von Putenhähnen negativ beeinflussen (SIOPEs et al. 1986).

In einer Metaanalyse aller bekannten Studien zwischen 1988 und 2006, die Lichtintensitäten von 0,1 bis 200 lx hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Mastleistung untersuchten, kommen Lewis und Morris (2006) zu folgenden Schlüssen:

- ▶ Eine Anhebung der Lichtintensität führt zu geringen, jedoch signifikant ausgeprägten linearen Verringerung des Wachstums.
- ▶ Eine Anhebung der Lichtintensität von 1 auf 100 lx führt zu einer Reduktion der Körpermassezunahme von 20 g bei modernen Genotypen (frühe Genotypen 65 g).
- ▶ Die Futtermittelaufnahme steht zur Lichtintensität in einem umgekehrt proportionalen Verhältnis, der biologische Impact ist auch hier sehr gering und beträgt zwischen 1 und 100 lx lediglich 30 g.
- ▶ Die Futtermittelverwertung zeigt eine Tendenz, sich mit steigender Lichtintensität zu verschlechtern. Hier besteht keine lineare Abhängigkeit, die Verschlechterung ist umgekehrt proportional zum Logarithmus der Lichtintensität, so dass bei einer Steigerung der Lichtintensität um das 100-fache (von 1 lx auf 100 lx) etwa 20 g Futter mehr verbraucht werden, um einen Broiler mit einer Körpermasse von 2 kg zu produzieren.

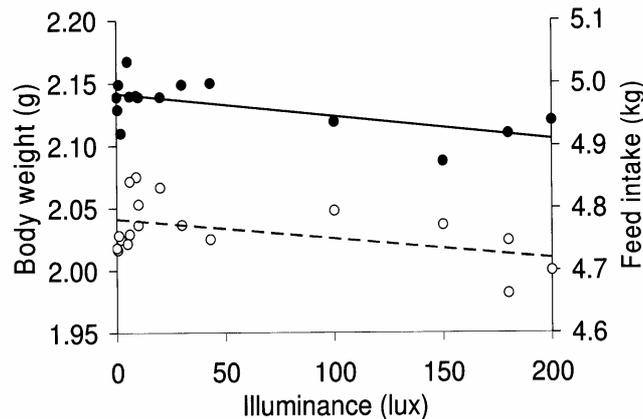


Abbildung 6: Effekt von Lichtintensität auf Körpergewicht / Futterverwertung (●, durchgehende Linie und ○, gestrichelte Linie) aus LEWIS und MORRIS 2006

2.5.1.2 Lichtspektrum und -farbe

Im Vergleich zwischen einer kommerziell in großem Umfang genutzten Lichtquelle mit einer Farbtemperatur von 3000 K und Leuchtstofflampen, die Licht mit einer dem Tageslicht ähnlichen spektralen Verteilung emittieren (Osram Biolux) konnten hinsichtlich der Mastleistung keine Unterschiede festgestellt werden, weder zwischen den Lichtquellen noch bei jeweils unterschiedlichen Lichtintensitäten von 5 und 100 Clux (KRISTENSEN 2004).

Prayitno et al. (1997a) verglichen die Leistung von Broilern unter verschiedenfarbigen Glühlampen, die mit Blau-, Grün- und Rotfiltern ausgestattet waren, sowie unter ungefiltertem Licht jeweils gleicher Intensität, wobei die spektrale Empfindlichkeit des Huhnes Berücksichtigung fand. Dabei konnten keine Unterschiede in der Gewichtsentwicklung und chemischen Zusammensetzung der Schlachttierkörper festgestellt werden.

Ein Meilenstein in der Erforschung der Zusammenhänge zwischen Wellenlänge der Beleuchtung und physiologischer Entwicklung der Masthühner war die Entdeckung, dass grünes Licht einer eng definierten Wellenlänge das Wachstum von Hühnern in signifikantem Ausmaß stimuliert (FOSS et al. 1972). Stoianov et al. (1978) konnten dies unter praxisähnlichen Bedingungen bestätigen. Diese Erkenntnisse wurden in den letzten Jahren von verschiedenen Wissenschaftlern wieder aufgegriffen und angesichts der Verfügbarkeit neuartiger monochromatischer Lichtquellen (LEDs) detailliert erforscht. Hierbei resultierte die Beleuchtung mittels monochromatischen

Lichtes mit einer Wellenlänge von 535-585 nm von Hühnerembryonen in ovo in höherer Uniformität der Myofibrillen sowie in einer erhöhten absoluten Anzahl an und einer früheren Differenzierung der Myoblasten des M. pectoralis (HALEVY et al. 2005). Grünes sowie blaues monochromatisches Licht während der Aufzucht führte bei männlichen Broilern im Alter von 5 Tagen zu einer Zunahme der Anzahl an Satellitenzellen und einer höheren Expression von GH-Rezeptoren. Das absolute Gewicht des Brustmuskels war nach Ablauf der Mastperiode von 5 Wochen ebenfalls in signifikantem Umfang erhöht. Zudem konnte in diesem Muskel bei den Tieren unter Grün- und Blaulicht ein höherer Anteil an DNA nachgewiesen werden (HALEVY et al. 1998). Die Untersuchungen von Rozenboim et al. (1999) bestätigten diese Ergebnisse: Bei der vergleichenden Untersuchung von weißem (Glühbirne) mit blauem, grünem und roten monochromatischem Licht (LED) zeigten die Tiere unter grüner und blauer Beleuchtung eine signifikant erhöhte Körpermassenzunahme und signifikant erhöhtes Mastendgewicht verglichen mit den anderen Tieren. In der grünen Gruppe trat dieser Umstand bereits früher zutage als in der blauen. Zudem war das Gewicht des Brustmuskels, also eines wertbestimmenden Bestandteiles der Schlachttierkörper, in der Versuchsgruppe unter Grünlicht höher. Eine weitere Optimierung der Zunahmen konnte durch ein gestaffeltes Lichtprogramm mit monochromatischer Grünbeleuchtung bis zum 9. und monochromatischer Blaulichtbestrahlung ab dem 10. Tag erreicht werden.

Zusammenfassend gibt es sehr konkrete Hinweise, die für die baldige Umsetzung der oben wiedergegebenen Forschungsergebnisse in die Praxis sprechen. In Abhängigkeit von der Verfügbarkeit geeigneter LEDs wäre ein Einsatz insbesondere bei Stallneubauten und Stallsanierungen denkbar.

2.5.1.3 Lichtprogramm

Lichtprogramme können als dynamischer Faktor über den Verlauf eines Mastdurchganges genutzt werden. Hierbei kann es von Vorteil sein, in den verschiedenen Phasen der Mast unterschiedliche Lichtperioden vorzusehen.

Im Experiment konnte gezeigt werden, dass Lichtprogramme, die ausgehend von einer kurzen (6L:18D) graduell oder abrupt auf eine deutlich längere Photoperiode (23L:1D) umstellten, bei annähernd gleichem Mastendgewicht zu einer gleichen bis signifikant besseren Futtermittelverwertung führten (CLASSEN und RIDDELL 1989). In einem ähnlichen Versuchsaufbau kamen Renden et al. (1993) ebenfalls zu dem

Ergebnis, dass ein Lichtprogramm mit 23 Stunden Photoperiode, verglichen mit kürzeren Photoperioden oder ansteigender Tageslichtlänge, zu einer höheren Körpermasse im Alter von 6 Wochen sowie einer höheren Ausbeute an Brustfilet und Schenkeln führte. Allerdings wurde dieser Vorteil mit einer deutlich erhöhten Ausfallsrate von 9 % erkauft. Im Alter von 7 Wochen war dieser Gewichtsvorsprung jedoch nicht mehr vorhanden. Inwieweit diese Ergebnisse in die Praxis übertragbar sind, ist fraglich, insbesondere angesichts der in der Mast in aller Regel in dieser Größenordnung nicht vorkommenden Verlustraten.

Lichtprogramme mit 23-stündiger Hellphase über die gesamte Mastdauer können sich negativ auf die Tiergesundheit auswirken. Insbesondere kann es infolge der langen Lichtdauer zu einer höheren Inzidenz von Plötzlichem Herztod (sudden death syndrome, SDS) und Beinschwächen sowie zu steigenden Verlusten kommen (LEWIS und MORRIS 2006).

Insbesondere Beinschäden rückten in den letzten Jahren in den Fokus des Interesses. Der durch die Umwelt bedingte Anteil der Gesamtvarianz dieser Erkrankungen liegt bei geschätzten 70-90 %. Ein wichtiger Faktor im Management dieser ertragsmindernden Erkrankung kann unter anderem die Beleuchtung sein. Durch Lichtprogramme mit einzelnen oder mehreren Dunkelperioden je Tag können bei Broilern die Beinschäden reduziert werden. Ein weiterer wesentlicher Haltungsfaktor in diesem Zusammenhang ist die Beleuchtungsintensität. Durch deren Erhöhung können die Beinprobleme verringert werden (REITER und BESSEI 1998b).

Ein viel versprechender Ansatzpunkt ist hier, im ersten Teil einer Mastperiode kurze Tageslichtlängen vorzugeben um die Verluste in dieser Zeit zu minimieren und im Anschluss hieran auf 23L:1D umzustellen (CLASSEN und RIDDELL 1989; CLASSEN et al. 1991). Lewis und Morris (2006) argumentieren, die Skelettentwicklung beim Hähnchen sei weniger von der Körpermasse als vielmehr vom Alter abhängig. Daher resultiere eine gewollte Wachstumsverzögerung durch kurze Photoperioden während der ersten drei Mastwochen in einer geringeren Belastung von Sehnen und Gelenken. Danach sei der Bewegungsapparat besser in der Lage die Belastungen während des sich anschließenden kompensatorischen Wachstums unter 23L:1D zu tragen.

Intermittierende Lichtprogramme können als Alternative zu konventionellen Lichtprogrammen herangezogen werden, sind jedoch in Deutschland weitgehend

unüblich, zudem gesetzlich derzeit nicht vorgesehen (siehe unten). Ein Review über die Möglichkeiten intermittierender Lichtprogramme findet sich bei Buyse et al. (1996b). Insgesamt lässt sich die Literatur dahingehend zusammenfassen, dass intermittierende Lichtprogramme verglichen mit Dauerlicht signifikant höhere Mastendgewichte bei verbesserter Futtermittelverwertung ermöglichen. Ein Programm mit 6(1L:3D) führt zu erhöhter Körpermassenzunahme bei geringer ausgeprägten abdominalen Fettdepots. Die Auswirkungen eines intermittierenden Lichtprogrammes unterscheiden sich nach Geschlechtern und sind bei männlichen Tieren stärker ausgeprägt (BUYSE et al. 1996a).

2.5.1.4 Dämmerungsperiode

Viele Landwirte verwenden Dauerlicht, die Einführung eines Lichtprogrammes wird oftmals abgelehnt (siehe Ergebnisse), auch mit der Begründung während der Dunkelphase nähmen die Tiere kein Futter auf, somit kämen geringere Zunahmen zustande, die sich negativ auf das Betriebsergebnis auswirken würden. Angesichts der gesetzlichen Regelungen steht zu erwarten, dass dieses Vorgehen nicht dauerhaft Bestand haben kann. Besondere Bedeutung könnte in diesem Zusammenhang der regelmäßigen Implementierung einer Dämmerphase zukommen. Wie bereits oben besprochen, findet der größte Anteil der Futteraufnahme von Hühnern unter Tageslichtbedingungen während der Morgen- respektive Abenddämmerung statt. Durch die Füllung des Kropfes vor der Dunkelphase ist eine konstante Füllung des Verdauungstraktes auch in der Skotoperiode zu erwarten, somit können Hungerzeiten vermieden werden. Buyse et al. (1993) untersuchten die Futteraufnahme und -passage in einem Lichtprogramm mit 14L:10D. Tagsüber fanden sich in Kropf und den Mägen nur geringe Mengen an Futterbrei, es zeigte sich jedoch dass nach verstärkter Futteraufnahme am späten Nachmittag eine Speicherung von Futter im Kropf erfolgte. Während der Dunkelphase verlangsamte sich die Passagezeit, der Füllungszustand des Kropfes verringerte sich erst zum Ende der Skotoperiode. Savory (1976) verglich Dauerlicht sowie 12L:12D mit und 12L:12D ohne Dämmerphase. Dabei zeigten die Tiere mit Dämmerphase während der ersten drei Wochen der Mast die höchste Futteraufnahme aller drei Gruppen. Über die gesamte Mastperiode gesehen war dieser Effekt nicht signifikant. Zudem wurde für die Tiere unter 12L:12D ohne Dämmerphase eine signifikant bessere Futtermittelverwertung errechnet als für diejenigen

mit Dämmerphase. Die Interpretation dieser Ergebnisse bedarf einer gewissen Vorsicht, da, bedingt durch die intensive züchterische Bearbeitung der Masthybriden, heute Tiermaterial mit anderem Leistungspotential zur Verfügung steht als vor 30 Jahren.

Neuere Untersuchungen zu Zusammenhängen zwischen Dämmerperiode und Futteraufnahme und -verwertung sind dem Verfasser jedoch nicht bekannt.

2.5.1.5 Flackerfrequenz

Detaillierte Untersuchungen zu Auswirkungen der Flackerfrequenz von Lichtquellen auf die Mastleistung von Hühnern wurden nach Kenntnis des Verfassers bis dato ebenfalls nicht durchgeführt.

2.5.2 Tierschutz und Gesundheit

Der Kontrolle der Haltungsumwelt kommt unter heutigen Bedingungen höchste Bedeutung zu, auch im Hinblick auf den Schutz der Broiler (DAWKINS et al. 2004). Eine wichtige Komponente hierbei kann die Beleuchtung sein. Im Folgenden sollen primär die Risiken und möglichen Konsequenzen fehlerhafter oder extremer Beleuchtungspraktiken zusammengefasst werden. Umfassende Reviews zu diesem Thema finden sich bei Manser (1996) und bei Prescott et al. (2003).

2.5.2.1 Lichtintensität:

Es ist möglich, Broiler erfolgreich in völliger Dunkelheit zu mästen. Diese extremen Verhältnisse führen jedoch, ähnlich wie Dauerlicht (siehe unten), zu starker Hyperopie sowie verringerter Vorderkammertiefe und Buphtalmos (WHITLEY et al. 1985; LEWIS und MORRIS 2006). Ein weiterer Krankheitskomplex ist der „dim light buphtalmos“ (DLB). Tiere, die unter sehr geringen Lichtintensitäten von 1 lx und weniger gemästet werden, entwickeln ebenfalls ähnliche Augenveränderungen wie unter Dauerlicht. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um erhöhtes Augengewicht mit Erhöhung der Augenmaße. Eine Abflachung der Kornea war jedoch nicht zu erkennen (LAUBER und OISHI 1987).

Hohe Lichtintensitäten befördern aggressives Verhalten wie Kämpfe der Tiere untereinander, Federpicken sowie Kannibalismus. In praxi wird empfohlen, zu Beginn einer Mastperiode Lichtintensitäten von ca. 25 lx vorzugeben, die dann progressiv reduziert werden können (BUYSE et al. 1996). Diese Praxis wird von

Tierschutzverbänden jedoch abgelehnt. Diese fordern zu Beginn der Mast eine Lichtintensität von mindestens 100 lx, später solle diese nicht unter 50 lx abgesenkt werden (BÜNDNIS TIERSCHUTZ 2005). Zur Untermauerung dieser Thesen wird die Untersuchung von Hughes und Black (1974) herangezogen, in der junge Legehennen in Käfighaltung bei einer Lichtintensität von 17-22 lx mehr „ängstliches“ Vermeidungsverhalten zeigten, als bei 55-80 lx. Eine direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser mehr als 30 Jahre zurückliegenden Untersuchungen muss jedoch angezweifelt werden.

Ein objektiver Indikator für die Eignung und Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen sind Versuche, bei denen Tieren die freie Wahl zwischen Haltungsumgebungen gewährt wird, die sich nur in definierten Charakteristika unterscheiden. Maxime des Verhaltens von Tieren ist die Erhöhung der individuellen Fitness, daher werden aus verschiedenen zur Auswahl stehenden Umweltbedingungen diejenigen gewählt, die Bedarfsdeckung und Schadensvermeidung am besten ermöglichen (DAWKINS 1990; SHERWIN 1999).

Hühner von Mast- und Legerassen, die die Auswahl aus vier verschiedenen hellen Lichtumgebungen, 6, 20, 60 und 200 Lux hatten, verbrachten im Alter von zwei Wochen den größten Teil ihrer Zeit in der hellsten angebotenen Umgebung, zur Schlachtreife im Alter von sechs Wochen hatten sich diese Präferenzen deutlich gewandelt, die Tiere verbrachten den Hauptteil ihres Zeitbudgets in der Umgebung mit der niedrigsten angebotenen Lichtintensität. Während dieser Zeit ruhten sie jedoch hauptsächlich, aktive Verhaltensweisen wie Fortbewegung und Scharren wurden nach wie vor vorzugsweise in den helleren Lichtumgebungen durchgeführt (DAVIS et al. 1998).

Das Futteraufnahmeverhalten von Hühnern wird durch die Helligkeit der Umgebung signifikant beeinflusst. Legehennen zeigten eine deutliche Präferenz, in einer möglichst hellen Umgebung (200 Lux, Glühbirnen) zu fressen und vermieden es, Futter in dunkler Umgebung (>1 Lux, Glühbirnen) aufzunehmen. Um an Futter unter heller Beleuchtung zu gelangen, waren sie bereit, in etwa 2,3-mal so hart zu arbeiten (operante Konditionierung, gemessen als Anzahl der Pickbewegungen), wie es nötig gewesen wäre, um an Futter in einer dunklen Umgebung zu gelangen (PRESCOTT und WATHES 2002).

Enten- und Putenküken legen artspezifisch unterschiedliche Präferenzen hinsichtlich der bevorzugten Lichtintensität an den Tag: Enten entschieden sich im Auswahlversuch altersunabhängig für Lichtintensitäten über 6 lx, Putenküken hingegen zeigten im Alter von zwei Wochen eine eindeutige Präferenz für 200 lx während im Alter von sechs Wochen deutlich niedrigere Lichtintensitäten für Aktivitäten mit geringem motorischen Niveau (Ruhen, Aufbaumen) bevorzugt wurden, andere Aktivitäten bevorzugt bei Lichtintensitäten über 20 lx durchgeführt wurden (BARBER et al. 2004). Dies zeigt, dass die Bedürfnisse des Nutzgeflügels hinsichtlich Lichtintensität nicht pauschal festgelegt werden können, für jede Spezies ist im Einzelnen die geeignete Lichtumgebung unter Berücksichtigung physiologischer und verhaltensbezogener Parameter zu eruiieren.

Insgesamt zeichnet sich ab, dass Jungtiere hohe Lichtintensitäten vorzuziehen scheinen, mit zunehmendem Lebensalter werden auch mit einer Lichtintensität von unter zehn Lux durchaus schwach beleuchtete Räume als attraktive Aufenthaltsorte wahrgenommen, dies insbesondere für Ruheverhalten. Dessen Dauer nimmt bei Masthybriden mit zunehmendem Alter zu und kann am Ende der Mast 80 bis 90 % des gesamten Zeitbudgets in Anspruch nehmen (BESSEI 1992). Aktive Verhaltensweisen werden jedoch über die gesamte Zeit eines Mastdurchganges vorzugsweise in hellerer Umgebung durchgeführt.

Ein grundsätzlicher Aspekt in der Diskussion um Lichtintensitäten in der Haltung von Mastgeflügel ist die Einheit, die zur Messung herangezogen wird. Wie unter 2.1.4 „Spektrale Wahrnehmung“ ausgeführt wurde, ist die Einheit Lux, die nahezu allen vorliegenden Untersuchungen zugrunde liegt, für diesen Zweck nur eingeschränkt geeignet. Mittelfristig dürfte ein Ziel der tierschutzbezogenen Forschung sein, Lichtintensitäten in einer standardisierten tierartbezogenen Einheit auszudrücken.

2.5.2.2 Lichtspektrum und -farbe

Die Rolle des ultravioletten Anteils des Lichtes sollte bei der Betrachtung des verwendeten Lichtspektrums im Vordergrund stehen. Korbelt und Szölgényi (2001) belegten die Wahrnehmung ultravioletten Lichtes beim Huhn. Wie unter 2.1.4 Spektrale Wahrnehmung besprochen, zählen Hühner zu den Tetrachromaten. Diese Eigenschaft findet in der Regel in den Stallungen für Mastgeflügel und der dort installierten Beleuchtung keine Berücksichtigung. Es ist davon auszugehen, dass der Ausfall eines Farbkanals, in diesem Fall des ultravioletten, tierschutzrelevante Folgen

haben kann. Möglicherweise werden für den Vogel subjektiv weiße Objekte, die im Bereich des sichtbaren Lichtes inklusive des UVA reflektieren, in Komplementärfarben wahrgenommen und können nicht mehr in ihrer eigentlichen Qualität erfasst werden. Auch eine Einschränkung der Erkennung von Artgenossen und somit die Provokation aggressiven Verhaltens sind denkbar. Menschen, die sich einen Großteil ihrer Zeit unter nicht tageslichtähnlichen Lichtumgebungen aufhalten, werden anfällig für Migräne und leiden unter Konzentrationsschwächen und schnellerer Ermüdung des visuellen Apparates. Dies erklärt sich darin, dass der Erhalt der farblichen Wahrnehmungskonstanz – also eine Erkennung von Farben unter nicht-weißem Licht – nur durch erhöhte neuronale Aktivität möglich ist. Die Auswirkungen solcher dauerhaft unausgewogenen Lichtumgebungen auf Pheis und Psyche der Hühner, trotz zufrieden stellender Leistungsparameter, bleiben beim derzeitigen Stand des Wissens Gegenstand von Spekulationen (STEIGERWALD 2006).

Zur Frage, ob farbiges Licht Auswirkungen auf Physiologie, Gesundheit oder Verhalten von Hühnern hat, liegen etliche Studien vor. Harrison et al. (1968) berichten, dass blaues Licht niedriger Intensität verglichen mit weißem Licht höherer Intensität (269 lx) zu einer Vergrößerung der Augen von Junghennen in der Aufzuchtphase geführt habe. Zudem konnte histologisch eine Verringerung der Dicke der Hüllen des Auges, ähnlich wie beim LIAG gemessen werden, ebenso wie eine Veränderung der Brechkraft der optischen Strukturen des Auges im Sinne einer Myopie. Problematisch an diesen Untersuchungen ist, dass hier Lichtintensität und Lichtfarbe nicht als getrennte Faktoren betrachtet wurden.

Kristensen (2004) konnte keine nennenswerten Einflüsse von Lichtquelle oder Lichtintensität auf die Beingesundheit von Broilern unter halbkommerziellen Bedingungen belegen. Die Inzidenz von Sohlenballengeschwüren wurde in Abhängigkeit vom Körpergewicht der Broiler von der Lichtquelle beeinflusst: Tiere unter 2400 g zeigten eine geringere Morbidität unter Biolux, wohingegen Tiere über 2400 g unter dieser Lichtquelle einer erhöhten Wahrscheinlichkeit unterlagen, Läsionen der Klasse 1 (Klassifikation nach EKSTRAND et al. 1998) zu entwickeln. Als vorrangiger Faktor für die Genese von Beinproblemen wie Pododermatitis und Hock burn wurde allerdings das Gewicht der Tiere identifiziert.

Im Gegensatz dazu konnte bei Hühnern, die unter blauem und rotem Licht von für die Tiere gleicher subjektiver Intensität gehalten wurden, bei der Gruppe mit blauer Beleuchtung eine erheblich höhere Inzidenz von Lahmheiten mit 50 % der Tiere mit sichtbaren Ganganomalien und 25 % der Tiere ohne Stehfähigkeit nachgewiesen werden. (PRAYITNO et al. 1997b). Möglicherweise sind dieser extremen Effekte auf die beschriebene signifikant verringerte lokomotorische Aktivität unter Blaulicht in Kombination mit der Haltung in Käfigen zurückzuführen. Bedingt durch Lahmheit zeigen Broiler verringertes Komfortverhalten (Staubbaden) und eine längere Dauer der tonischen Immobilität (VESTERGAARD und SANOTRA 1999), die als Parameter für Ängstlichkeit beim Huhn herangezogen werden kann (siehe 2.3.3 Lichtprogramm). Umgekehrt können sowohl die Inzidenz von Lahmheit als auch Ängstlichkeit und tonische Immobilität durch Einführung eines Lichtprogramms mit achtstündiger Dunkelperiode verringert werden (SANOTRA et al. 2002).

Im Gegensatz zu den hochsignifikanten Effekten auf Gesundheit und Verhalten, die in den oben beschriebenen experimentellen Untersuchungen festgestellt wurden, zeigt die Studie von Kristensen et al. (2003), dass subtile Veränderungen in der Lichtfarbe (untersucht wurden zwei Lichtquellen, Osram Biolux® und Osram warm-white) keinerlei Auswirkungen auf die Leistung moderner Mastbroiler haben. Interessanterweise konnte in dieser Untersuchung auch kein signifikanter Unterschied zwischen einer Beleuchtung mit 5 clux und 100 clux gefunden werden.

2.5.2.3 Lichtprogramm

Lange Zeit wurde Hähnchenmast in aller Regel unter Dauerlicht durchgeführt. Jedoch berichteten Jensen et al. 1957 erstmals von einer Vergrößerung der Augen von Hühnern, die unter Dauerlicht gehalten worden waren. In den folgenden Jahren wurde in zahlreichen Studien der kausale Zusammenhang zwischen Dauerlicht und Buphtalmos bestätigt (LAUBER et al. 1961; 1965; 1969; 1970; 1972; HARRISON und MCGINNIS 1967; FRANKELSON et al. 1969; SMITH et al. 1969; BERCOWITZ et al. 1972; KINNEAR et al. 1974; CHIU et al. 1975; KINNEAR und LAUBER 1978; LAUBER und KIVETT 1981). Die vergleichsweise einfache Möglichkeit, über die Beleuchtung glaukomatöse Zustände zu induzieren (daher die Bezeichnung light-induced avian glaucoma – LIAG), ließen das Huhn zu einem häufig verwendeten Tiermodell in der humanen Glaukomforschung werden (KORBEL 1996; LAUBER 1987). Morphologisches Substrat der Dauerlichteffekte sind weiterhin Abflachung der

Kornea sowie der vorderen Augenkammer und eine ausgeprägte Weitsichtigkeit (LI et al. 1995). Hinzu kommt eine vorübergehende Erhöhung des Augeninnendrucks (WHITLEY et al. 1984). In extremis kann eine Haltung unter Dauerlicht zu Verlängerung der Lidspalte, extremer Vergrößerung des Augapfels, Verkleinerung der Pupille, Katarakt, Netzhautdegeneration, Ablatio retinae, vollständiger Blindheit sowie fibrinös-knorpeliger Metaplasie der Gewebe im Inneren des Auges führen (LAUBER und MCGINNIS 1966).

Vom Standpunkt des Tierschutzes erscheint es also geboten, in jedem Lichtprogramm eine definierte Skotoperiode vorzusehen. Nach den Untersuchungen von Li et al. (2000) ist eine Mindestdauer der Dunkelphase von 4 Stunden pro Tag nötig, um dauerlichtbedingten Erkrankungen des Auges vorzubeugen.

Buckland et al. beschrieben bereits 1976, dass Dauerlicht mit einer Intensität von 5-10 lx verglichen mit verschiedenen anderen Lichtprogrammen zwar in höheren Mastendgewichten resultieren kann, jedoch diese Tiere auch signifikant erhöhte Plasmacorticosteronspiegel aufweisen und die Inzidenz von Beinproblemen (Verformungen im Zehenbereich, Perosis, Slipped tendon) stieg. Lichtprogramme, in denen ausgehend von 6L:18D graduell oder unmittelbar auf 23L:1D umgestellt wurde, führten, verglichen mit Lichtprogrammen ohne oder nur mit einer einstündigen Skotoperiode, zu einer deutlich verringerten Inzidenz der durch Beinschwäche bedingten Ausfälle. Dies wird unter anderem darauf zurückgeführt, dass durch diese Lichtprogramme in der Starter- und frühen Aufzuchtphase ein vergleichsweise verhaltenes Wachstum erreicht wird, welches erst in der Endmast durch höhere Zunahmen kompensiert wird (CLASSEN und RIDDELL 1989).

Tonische Immobilität (TI) gilt als Parameter der Ängstlichkeit beim Huhn (JONES 1986). Durch Nutzung eines Lichtprogramms kann die Dauer der TI gegenüber einer Vergleichsgruppe unter Dauerbeleuchtung signifikant verringert werden. Sanotra et al. (2002) deuten dies als Verringerung der Ängstlichkeit infolge einer bedarfsgerechten Lichtumgebung. In verschiedenen Verhaltenstests beeinflusst Ängstlichkeit exploratorisches und insbesondere lokomotorisches Verhalten negativ (BIZERAY et al. 2002).

Die positiven Effekte eines Lichtprogrammes mit einer definierten Dunkelphase gegenüber Dauerlicht liegen auch in einer Reduktion der Tiere, die Beinschwächen zeigten sowie in einer Verringerung der Inzidenz von Tibialer Dyschondroplasie

(SANOTRA et al. 2002). Lewis und Morris (2006) postulieren, dass die Ursachen für diese Verringerung an lahmheitsbedingten Ausfällen in einer verlängerten nächtlichen Melatonin-Sekretion zu suchen seien. Infolge dieser komme es zu einer verstärkten Ausschüttung von Calcitonin und PTH und somit über eine Verbesserung der Calciummobilisation zu einer Modulation des Zusammenspiels von Osteoklasten und Osteoblasten. Dies führe zum Aufbau eines widerstandsfähigeren Knochengerüsts.

Bei der Bewertung dieser These muss jedoch in jedem Fall berücksichtigt werden, dass die höhere lokomotorische Aktivität während der Hellphase eines Lichtprogrammes bei Hühnern zu signifikanter Zunahme der Knochenmasse führt (BIEWENER und BERTRAM 1994). Reiter (2006) sieht daher wesentliche Ansatzpunkte zur Verringerung von Problemen des Beinschwäche-Komplexes in der Verhaltenssteuerung mittels Lichtprogramm.

Eine Alternative zu den konventionellen Lichtprogrammen sind die bereits oben beschriebenen intermittierenden Programme. Ein interessanter Nebeneffekt dieser Lichtprogramme ist ihre Eigenschaft, die Bürde an Lästlingen (SLAUGH et al. 1990) und Ektoparasiten, insbesondere der roten Vogelmilbe (*Dermanyssus gallinae*), zu verringern. Die Gründe hierfür sind noch unklar. Stafford et al. (2006) vermuten, die regelmäßig unterbrochenen Skotoperioden könnten für die Milben zu kurz sein, um Futter aufzunehmen. Möglicherweise begründe sich die geringere Parasitenbürde auch darin, dass die Milben, die ja mit Beginn der Hellphase den Körper des Wirtes verlassen, beim häufigen Wechsel vom Wirt in die Haltungsumgebung und zurück zum Wirt von den Hühnern erkannt und gefressen würden.

2.5.2.4 Dämmerungsperiode

Wie unter 2.3.4 sowie 2.5.1.4 „Dämmerungsperiode“ bereits besprochen, profitieren Masthühner von der Vorgabe einer Dämmerphase dahingehend, dass sie vor Beginn der Photoperiode gezielt mehr Futter aufnehmen. Der im Kropf gespeicherte Chymus wird im Verlauf der Nacht verdaut. Dies wirkt sich leistungssteigernd aus. Zudem führt eine Dämmerphase zur Synchronisation aller Tiere einer Herde.

Negative Folgen des Fehlens einer Dämmerphase im Sinne von Schmerzen, Leiden oder Schäden der Tiere sind nicht bekannt.

2.5.2.5 Flackerfrequenz

In Abhängigkeit von der Lichtintensität liegt die maximale Sensitivität für das Flackern des Lichtes beim Huhn im Bereich von ca. 15 Hz. Allerdings kann das Flackern von Leuchtmitteln – je nach Autor – bis in den Bereich zwischen 87 Hz (TAYLOR et al. 2002), 100 Hz (JARVIS et al. 2002) und 120 Hz (NUBOER et al. 1992) wahrgenommen werden. Die Wahrnehmung hoher Flackerfrequenzen ist jedoch nur bei hohen und sehr hohen Lichtintensitäten möglich. Die oben aufgeführten unterschiedlichen Werte aus unterschiedlichen Arbeiten weisen darauf hin, dass Hühner möglicherweise, was jedoch nicht als gesichert gelten kann, bei hohen Lichtintensitäten das Flackern konventionell betriebener Leuchtstoffröhren mit einer Frequenz von 100 Hz wahrnehmen könnten.

Bei den in der konventionellen Landwirtschaft üblichen niedrigen Lichtintensitäten von ca. 20 lx im Tierbereich und bei gemäßigter Lichtlänge von maximal 16 Stunden ununterbrochenen Lichtes erscheint es derzeit vertretbar, Hühner unter konventionellen Leuchtstofflampen zu halten. Eindeutig negative Effekte dieser Beleuchtungspraxis sind nicht bekannt aber vorstellbar (STEIGERWALD 2006).

2.6 Rechtlicher Rahmen

Auf Landesebene existiert in Bayern, wie in anderen Bundesländern auch, eine freiwillige Vereinbarung (im Weiteren „Bundeseinheitliche Eckwerte“ genannt) zwischen dem Geflügelwirtschaftsverband und der Landesregierung zur Haltung von Masthähnchen und Mastputen auf der Basis bundeseinheitlicher Eckdaten (ANONYM. 1999). Diese galt vorab bis 2004, ihre Geltung wurde bis zum Inkrafttreten einheitlicher europäischer Regelungen verlängert. Die Verbindlichkeit dieser Eckwerte erlischt, wenn Rechtsvorschriften zur Haltung dieser Tierarten erlassen werden. Es handelt sich nicht um eine Regelung mit gesetzlichem Charakter, sondern um Mindestanforderungen, die bei der Beurteilung der Haltung von Jungmasthühnern nach dem Tierschutzrecht zugrunde gelegt werden sollen, wobei im Einzelfall nach tierärztlicher Indikation von den Vorgaben abgewichen werden darf.

Hinsichtlich des in der intensiven Mast zu nutzenden Lichtprogramms bestehen seitens der Geflügelwirtschaft und der Tierschutzverbände sehr unterschiedliche Vorstellungen. Das Bündnis Tierschutz fordert in der Hellphase eine

Mindestbeleuchtung von 50 lx auf Augenhöhe der Tiere. Seitens der Geflügelwirtschaft wird postuliert, ein wissenschaftlicher Nachweis für die positiven Einflüsse des Tageslichteinfalls auf das Wohlbefinden der Tiere fehle bisher, allerdings fördere der Einfall von Sonnenlicht und die damit verbundenen Helligkeitsunterschiede das Auftreten von Federpicken und Kannibalismus. Eine Lichtstärke von bis zu 10 lx sei ausreichend, um ein gegenseitiges Erkennen der Tiere und das Aufsuchen der Futter- und Wasserlinien zu gewährleisten. Lichtprogramme mit bis zu einstündigen wiederholten Dunkelphasen seien bisher mit Erfolg praktiziert worden (ANONYM. 1999).

Diese Eckwerte für freiwillige Vereinbarungen wurden auf Bundesebene zwischen Vertretern der Landwirtschaftsministerien der Länder, der Geflügelwirtschaft und des organisierten Tierschutzes vereinbart. Sie sollen der Sicherstellung einer nach § 2 TierSchG (ANONYM. 2006a) tolerierbaren Haltung unter Beachtung der Empfehlungen des Europarates im Bezug auf Haushühner (ANONYM. 1995) dienen. Es werden auch Empfehlungen hinsichtlich der Stallbeleuchtung und der Lichtumgebung für die Tiere ausgesprochen, insbesondere soll darauf geachtet werden, dass:

- ▶ Geflügelställe und Ausläufe sowie Ausrüstungsgegenstände die Erfüllung der wesentlichen biologischen Erfordernisse der Tiere und die Erhaltung der Gesundheit ermöglichen.
- ▶ in Gebäuden eine Mindestbeleuchtung eingehalten wird, damit die Tiere sich und ihre Umgebung sehen können und ein normales Aktivitätsniveau zeigen können und, soweit möglich, eine natürliche Lichtquelle für gleichmäßigen Lichteinfall in den Stall vorhanden ist (empfohlen werden 20 lx auf Augenhöhe der Hühner, gemessen in drei Ebenen, die jeweils im rechten Winkel zueinander stehen.
- ▶ eine ausreichende, ununterbrochene Dunkelphase, die möglichst ein Drittel des Tages umfassen sollte, eingehalten wird.

Unter Berücksichtigung des derzeitigen Standes der Technik ergeben sich gemäß der Bundeseinheitlichen Eckwerte hieraus folgende Mindestanforderungen hinsichtlich der Beleuchtung für die Junghühnermast:

- ▶ Bei Neubauten ist Tageslichteinfall vorzusehen, wobei das Licht gleichmäßig in den Tierbereich einfallen muss; die Lichteinfallfläche muss mindestens 3% der Stallgrundfläche betragen. Eine zeitlich begrenzte Verdunklung beim Auftreten von Federpicken und/oder Kannibalismus wird toleriert.
- ▶ Bei geschlossenen Altställen und Ställen mit Lichteinfall, die zusätzlich künstliche Beleuchtung nutzen, ist ein Beleuchtungsprogramm zu implementieren.
- ▶ Im Tierbereich ist für eine Lichtintensität von mindestens 20 lx zu sorgen, eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung im Aktivitätsbereich der Tiere während der Hellphase ist sicherzustellen; eine Notbeleuchtung von maximal 2 lx in der Dunkelphase kann toleriert werden.
- ▶ Die Dunkelperiode soll sich am natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus orientieren und sollte ein Drittel des Tages umfassen, mindestens sind jedoch zwei ununterbrochene Dunkelphasen von jeweils vier Stunden einzurichten.
- ▶ Abweichungen vom Beleuchtungsprogramm sind während der Eingewöhnungszeit, in der Ausstallphase oder bei tierärztlicher Indikation zulässig.

Es wird gefordert, diese Mindestanforderungen unter Beachtung der in den Europaratsempfehlungen (ANONYM. 1995) aufgeführten biologischen Merkmale der Haushühner weiter zu entwickeln. Besonderes Augenmerk ist laut Freiwilliger Selbstvereinbarung der Überprüfung und ggf. Verbesserung von Lichtprogrammen und der Ausleuchtung des Stalles zu widmen. Es wird ausdrücklich empfohlen, für Neubauten eine größere Einfallfläche von Tageslicht (mindestens 5 % der Stallgrundfläche), besser einen stets zugänglichen Kaltscharrraum oder Auslauf zu erproben.

Auf europäischer Ebene sprach der Ständige Ausschuss des Europäischen Übereinkommens zum Schutz von Tieren in landwirtschaftlichen Tierhaltungen zur Beleuchtung in Ställen für Mastgeflügel folgende Empfehlungen aus (ANONYM. 1995):

- ▶ Art. 4, 2. Junge Tiere sollen in geeigneter Weise bereits Erfahrungen mit späteren Haltungsmethoden (z.B. natürliches Licht, Sitzstangen, Einstreu) machen können, damit sie sich an die Haltungssysteme anpassen können.

-
- ▶ Art. 6, 1. Die Herde oder Gruppe muss mindestens einmal täglich kontrolliert werden. Zu diesem Zweck muss eine Lichtquelle zur Verfügung stehen, die so stark ist, dass jedes Tier deutlich zu sehen ist.
 - ▶ Art. 10, 1. Planung, Konstruktion und Wartung von Ausläufen, Gebäuden und Ausrüstungen für Geflügel müssen dergestalt sein, dass sie:
 - die Erfüllung der wesentlichen biologischen Erfordernisse und die Erhaltung der Gesundheit ermöglichen.
 - die Gefahr von Krankheiten, Störungen, die sich durch Verhaltensänderungen äußern, traumatischen sowie gegenseitig beigebrachten Verletzungen begrenzen.
 - ▶ Art. 11, 2. Maßnahmen sind zu ergreifen, um Aggression und Stress auf ein Mindestmaß herabzusetzen.
 - ▶ Art. 14. In allen Gebäuden muss ausreichend Licht vorhanden sein, damit sich die Tiere gegenseitig sehen und deutlich gesehen werden können, ihre Umgebung sehen und ein normales Aktivitätsniveau zeigen können. Daher ist eine Mindestbeleuchtung von 20 lx, auf Augenhöhe der Hühner, gemessen in drei Ebenen, die jeweils im rechten Winkel zueinander stehen, empfehlenswert. Soweit möglich muss eine natürliche Lichtquelle vorhanden sein. In diesem Fall sollen Fenster so angeordnet werden, dass das Licht gleichmäßig in den Stall fällt. Nach den ersten Tagen der Anpassung muss die Beleuchtung so beschaffen sein, dass Gesundheits- und Verhaltensprobleme vermieden werden. Sie hat daher einem 24-Stunden-Rhythmus zu folgen, der eine ausreichende ununterbrochene Dunkelperiode einschließt, als Richtwert etwa ein Drittel des Tages, damit die Tiere ruhen können und Probleme wie Immunsuppression und Augenanomalitäten vermieden werden. Beim Ausschalten der Beleuchtung sollte eine angemessene Dämmerlichtphase gewährt werden, damit sich die Tiere ruhig und ohne sich zu verletzen hinlegen können.
 - ▶ Art. 17. Besondere Vorsicht ist beim Fangen der Tiere geboten, um Panik und als Folge davon Verletzungen oder Ersticken der Tiere zu vermeiden. Dies erfolgt z.B. durch Minderung der Lichtintensität oder Benutzung von Blaulicht.

In den Zusatzbestimmungen für Jungmastgeflügel wird weiterhin gefordert, im Hinblick auf die Bedeutung eines normalen Gleichgewichts zwischen der Entwicklung von Skelett und Muskulatur für das Wohl der Tiere, sollen Betreuungsmaßnahmen dem Auftreten von Beinproblemen vorbeugen; dies solle geschehen, indem die Tiere zur Aktivität angeregt werden (z.B. durch Lichtregulierung, Anbieten von Tageslicht von den ersten Lebensstunden an).

Die Europäische Union, ebenso wie Deutschland, sind Vertragsparteien des Europäischen Übereinkommens zum Schutz von Tieren in landwirtschaftlichen Tierhaltungen im Rahmen des Europarates. Empfehlungen dieses Gremiums sind nicht direkt rechtsverbindlich, fließen jedoch in die Rechtsetzung der Mitgliedstaaten ein und dienen der Umsetzung abstrakter Rechtsvorschriften (DR. HINRICH SNELL, BMVEL, 2006, persönliche Mitteilung).

Der Umsetzung der Grundsätze dieses Übereinkommens dient die RL 98/58/EG des Rates vom 20. Juli 1998 über den Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere (ANONYM. 1998). In deren Anhang finden sich folgende Vorschriften:

- ▶ Es muss eine geeignete (fest installierte oder bewegliche) Beleuchtung zur Verfügung stehen, die ausreicht, um die Tiere jederzeit gründlich inspizieren zu können.
- ▶ Tiere, die in Gebäuden untergebracht sind, dürfen weder in ständiger Dunkelheit noch ohne angemessene Unterbrechung in künstlicher Beleuchtung gehalten werden. Reicht der natürliche Lichteinfall nicht aus, um die physiologischen und ethologischen Bedürfnisse der Tiere zu decken, muss eine geeignete künstliche Beleuchtung vorgesehen werden.

Diese Forderungen wurden im deutschen Tierschutzgesetz und der aufgrund der Verordnungsermächtigungen dieses Gesetzes erlassenen Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung umgesetzt: „Wer Nutztiere hält, hat sicherzustellen, dass die tägliche Beleuchtungsintensität und Beleuchtungsdauer bei Tieren, die in Ställen untergebracht sind, für die Deckung der ihrer Art entsprechenden Bedürfnisse ausreichen und bei hierfür unzureichendem natürlichen Lichteinfall der Stall entsprechend künstlich beleuchtet wird.“ Weitergehende Vorschriften für die Haltung von Mastgeflügel sind nicht vorgesehen.

Für Legehennen wird in der TierSchNutzV eine Beleuchtung verlangt, die Haltungsumgebung müsse so beleuchtet sein, dass sich die Tiere untereinander erkennen und durch die mit der Fütterung und Pflege betrauten Personen in Augenschein genommen werden können. Gebäude, die nach dem 13. März 2002 in Benutzung genommen werden, müssen mit Lichtöffnungen versehen sein, deren Fläche mindestens 3 Prozent der Stallgrundfläche entspricht und die so angeordnet sind, dass eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Lichts gewährleistet wird. Dies gilt nicht für bestehende Gebäude, wenn eine Ausleuchtung des Einstreu- und Versorgungsbereiches in der Haltungseinrichtung durch natürliches Licht auf Grund fehlender technischer oder sonstiger Möglichkeiten nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand erreicht werden kann und eine dem natürlichen Licht so weit wie möglich entsprechende künstliche Beleuchtung sichergestellt ist. Zudem ist sicherzustellen, dass bei Verwendung künstlicher Beleuchtung die künstliche Beleuchtung für mindestens acht Stunden während der Nacht zurückgeschaltet wird, wobei während der Dunkelphase die Beleuchtungsstärke weniger als 0,5 Lux betragen soll, sofern dies die natürliche Beleuchtung zulässt. Eine ausreichende Dämmerphase ist vorzusehen, die den Legehennen die Einnahme ihrer Ruhestellung ohne Verletzungsgefahr ermöglicht. Was die Lichtintensität angeht, werden auch für Legehennen keine detaillierten Vorschriften erlassen (ANONYM. 2006b).

Weitergehende Rechtsvorschriften auf europäischer oder nationaler Ebene, die sich mit der Haltung von Geflügel zum Zweck der Fleischproduktion befassen, existieren derzeit noch nicht, sind jedoch in Vorbereitung und Gegenstand intensiver Diskussion. Zur Zeit der Drucklegung dieser Arbeit stand eine Richtlinie des Rates mit Mindestanforderungen zum Schutz von Masthähnchen kurz vor der Beschließung (ANONYM. 2005c).

Bezüglich der Stallbeleuchtung gibt Anhang I dieses Vorschlages (Auflagen für Haltungsbetriebe) folgende detaillierte Vorgaben:

- ▶ Alle Stallungen müssen während der Lichtstunden eine Lichtintensität von mindestens 20 lx, auf Augenhöhe der Tiere gemessen, aufweisen, mindestens 80% der Nutzfläche müssen ausgeleuchtet sein. Eine zeitweise Einschränkung der Lichtintensität kann genehmigt werden, soweit dies vom Tierarzt empfohlen wird.

- ▶ Innerhalb von sieben Tagen ab dem Tag der Einstallung der Hühner und bis zu drei Tagen vor dem voraussichtlichen Schlachttermin muss ein 24-stündiges Lichtprogramm laufen, das insgesamt sechs Dunkelstunden mit mindestens einer ununterbrochenen 4-stündigen Dunkelperiode gewährleistet

Zu diesen Forderungen vertritt die Vertretung der europäischen Geflügelindustrie die Position, dass ein Beleuchtungsprogramm sicherzustellen habe, dass sich die Hähnchen an eine Situation anpassen können, die vom normalen Tag/Nacht-Rhythmus abweicht. Eine mindestens vierstündige ununterbrochene Dunkelperiode müsse während jeder 24-Stunden-Periode vorgesehen werden, außer während der ersten 7 und der letzten 10 Tage eines Durchgangs. Während der Gewöhnungsphase, die nicht länger als 14 Tage dauern solle, sei eine Lichtstärke von 15 lx vorzusehen, danach seien 5 lx als ausreichend anzusehen. Ausnahmen von dieser Regelung sollten während der Räumung des Bestandes, bei extremen Wetterbedingungen oder auf tierärztliche Anordnung aus Gründen des Tierschutzes gestattet werden (ANONYM. 2005b).

Die für Deutschland relevanten gesetzlichen und vertraglich geregelten Anforderungen an die Haltungssysteme von Masthühnern sind, soweit sie die Beleuchtung betreffen, in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Fundstelle	Richtlinie 98/58/EG des Rates vom 20. Juli 1998 über den Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere	Empfehlungen in Bezug auf Haushühner der Art Gallus gallus des Europarates – Europäisches Übereinkommen zum Schutz von Tieren in landwirtschaftlichen Tierhaltungen
Anforderungen	<p>Art. 4: Die Mitgliedstaaten tragen dafür Sorge, dass die Bedingungen, unter denen die Tiere (...) gehalten werden, den Bestimmungen des Anhangs genügen, wobei die Tierart (...) sowie ihre physiologischen und ethologischen Bedürfnisse entsprechend praktischen Erfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen zu berücksichtigen sind.</p> <p>Anhang: Tiere, die in Gebäuden untergebracht sind, dürfen weder in ständiger Dunkelheit noch ohne angemessene Unterbrechung in künstlicher Beleuchtung gehalten werden. Reicht der natürliche Lichteinfall nicht aus, um die physiologischen und ethologischen Bedürfnisse der Tiere zu decken, muss eine geeignete künstliche Beleuchtung vorgesehen werden.</p>	<p>Art. 11: Maßnahmen sind zu ergreifen, um Aggression und Stress auf ein Mindestmaß herabzusetzen (...).</p> <p>Art. 14: In allen Gebäuden muss ausreichend Licht vorhanden sein, damit sich die Tiere gegenseitig sehen und deutlich gesehen werden können, ihre Umwelt sehen und ein normales Aktivitätsniveau zeigen können. Daher ist eine Mindestbeleuchtung von 20 Lx, auf Augenhöhe der Hühner, gemessen in drei Ebenen, die jeweils im rechten Winkel zueinander stehen, empfehlenswert. Soweit möglich muss eine natürliche Lichtquelle vorhanden sein. In diesem Fall sollen Fenster so angeordnet werden, dass das Licht gleichmäßig in den Stall fällt. Nach den ersten Tagen der Anpassung muss die Beleuchtung so beschaffen sein, dass Gesundheits- und Verhaltensprobleme vermieden werden. Sie hat daher einem 24-Stunden-Rhythmus zu folgen, der eine ausreichende, ununterbrochenen Dunkelperiode einschließt, als Richtwert etwa ein Drittel des Tages, damit die Tiere ruhen können (...).</p> <p>Beim Ausschalten der Beleuchtung sollte eine geeignete Dämmerlichtphase gewährt werden, damit sich die Tiere ruhig und ohne sich zu verletzen, hinlegen können.</p> <p>Art. 17: Besondere Vorsicht ist beim Einfangen der Tiere geboten, um Panik und als Folge davon Verletzungen oder Erstickten der Tiere zu vermeiden. Dies erfolgt z.B. durch Minderung der Lichtintensität oder Benutzung von Blaulicht.</p>

Fundstelle	Bundeseinheitliche Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Masthähnchen und Mastputen	Vorschlag der Kommission für eine Richtlinie des Rates mit Mindestanforderungen zum Schutz von Masthähnchen (KOM(05)221 ENDG)
Anforderungen	<p>Bei Neubauten ist Tageslichteinfall vorzusehen, wobei das Licht gleichmäßig in den Tierbereich einfallen muss; die Lichteinfallfläche muss mindestens 3 % der Stallgrundfläche betragen. Eine zeitlich begrenzte Verdunkelung beim Auftreten von Federpicken und/oder Kannibalismus wird toleriert.</p> <p>Beleuchtungsprogramm bei geschlossenen Altställen und Ställen mit Lichteinfall, die zusätzlich künstliche Beleuchtung nutzen:</p> <p>Mindestens 20 Lx im Tierbereich und eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung im Aktivitätsbereich der Tiere während der Hellphase sind sicherzustellen; eine Notbeleuchtung von maximal 2 Lx in der Dunkelphase kann toleriert werden.</p> <p>Die Dunkelperiode sollte sich am natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus orientieren und sollte ein Drittel des Tages umfassen, mindestens sind jedoch zwei ununterbrochene Dunkelphasen von jeweils 4 Stunden einzurichten.</p> <p>Abweichungen vom Beleuchtungsprogramm sind während der Eingewöhnungszeit, in der Ausstallphase oder bei tierärztlicher Indikation zulässig.</p>	<p>Anhang I – Auflagen für Haltungsbetriebe (gemäß Art. 3); Licht</p> <p>Alle Stallungen müssen während der Lichtstunden eine Lichtintensität von mindestens 20 lx, auf Augenhöhe der Tiere gemessen, aufweisen und mindestens 80% der Nutzfläche müssen ausgeleuchtet sein. Eine zeitweise Einschränkung der Lichtintensität kann genehmigt werden, wenn dies vom Tierarzt empfohlen wird.</p> <p>Innerhalb von sieben Tagen ab dem Tag der Einstellung der Hühner und bis zu drei Tagen vor dem voraussichtlichen Schlachtermin muss ein 24-stündiges Lichtprogramm laufen, das insgesamt mindestens sechs Dunkelstunden mit mindestens einer ununterbrochenen 4-stündigen Dunkelperiode gewährleistet.</p>

Tabelle 2: Zusammenfassung gesetzlicher Anforderungen an die Beleuchtung in Stallungen für Broiler

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Teil 1: Bestandsaufnahme Haltungsumgebungen

3.1.1 Material und Methoden

3.1.1.1 Fragebogen

Um detailliert das Management der Beleuchtung im Zusammenhang mit allgemeinen Daten zur Haltung zu erfassen, wurde ein auf die Broilerhaltung abgestimmter Fragebogen entwickelt (siehe 10.1 Fragebogen Haltungsumgebung). Anhand dessen wurde das Lichtmanagement im Hinblick auf Betriebsstruktur, Bausubstanz und Beleuchtungsstrategien in 146 Betrieben dreier Erzeugergemeinschaften, die einer flächendeckenden süddeutschen Integration angeschlossen sind, erfasst.

3.1.1.2 Spektrophotometrische Erfassung der Beleuchtung

Ziel dieser Untersuchung war es, die Beleuchtungsverhältnisse repräsentativ für verschiedene Haltungsformen in der Hähnchenmast zu erfassen. Hierzu wurden Messungen in Massivstallungen ohne und mit Einfall von Tageslicht sowie in Natur- und Klappenställen durchgeführt. In Stallformen, in denen der Einfall von Sonnenlicht gegeben war, wurde tagsüber bei klarem oder leicht bewölktem Himmel gemessen.

Zur Erfassung wurde ein kalibriertes Spektrophotometer verwendet (USB2000EPP Fa. StellarNet, Tampa, Florida, USA). Das Licht wurde über eine Glasfaser, der ein Kosinuskosinusdiffusor vorgeschaltet war, in das Gerät eingeleitet, die Auswertung erfolgte mittels der Software SpectraWiz® an einem handelsüblichen PC. Die Einstellungen waren wie folgt:

- Wellenlängenbereich 320-780 nm
- Integrationszeit 76 ms
- Durchschnitt von 10 Messungen / Wert
- Temperaturkompensation an
- Savitzky-Golay Filter an

Die Messungen erfolgten auf einer Transversale unter den Leuchtmitteln durch die gesamte Breite des Stalles. Auf dieser Linie wurde der Kosinuskosinusdiffusor auf Augenhöhe eines ausgewachsenen Masthuhnes (ca. 25 cm) direkt nach oben

gerichtet aufgestellt. Alle 50 cm, beginnend von der Stallwand aus, befand sich ein Messpunkt (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8).

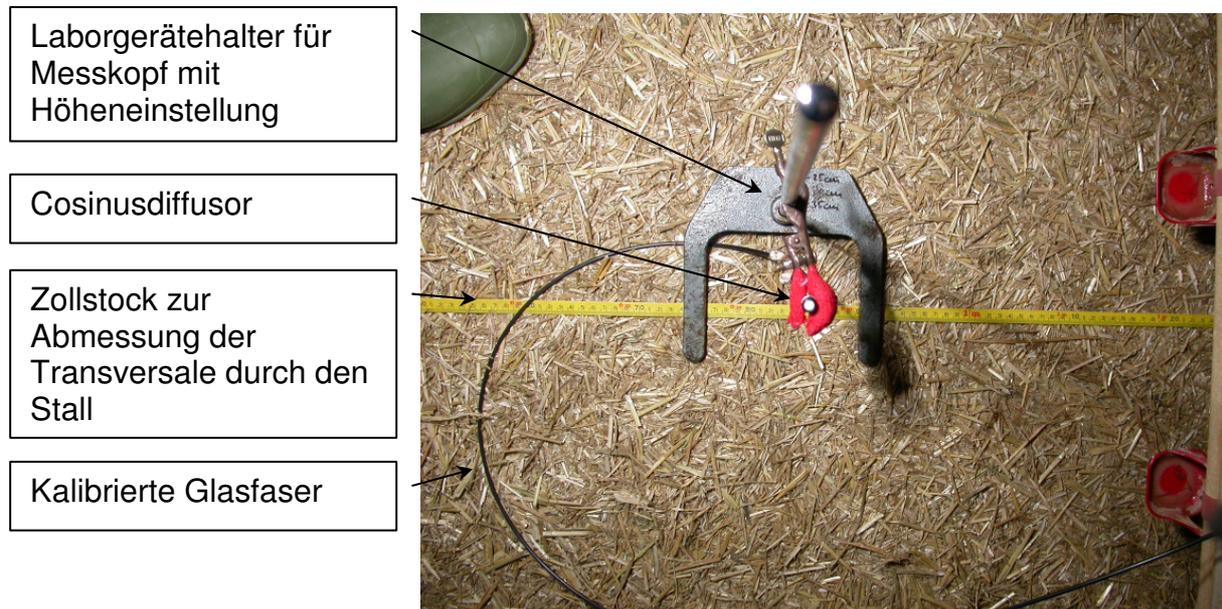


Abbildung 7: Setup für spektrale Messungen vor Ort (Messkopf)

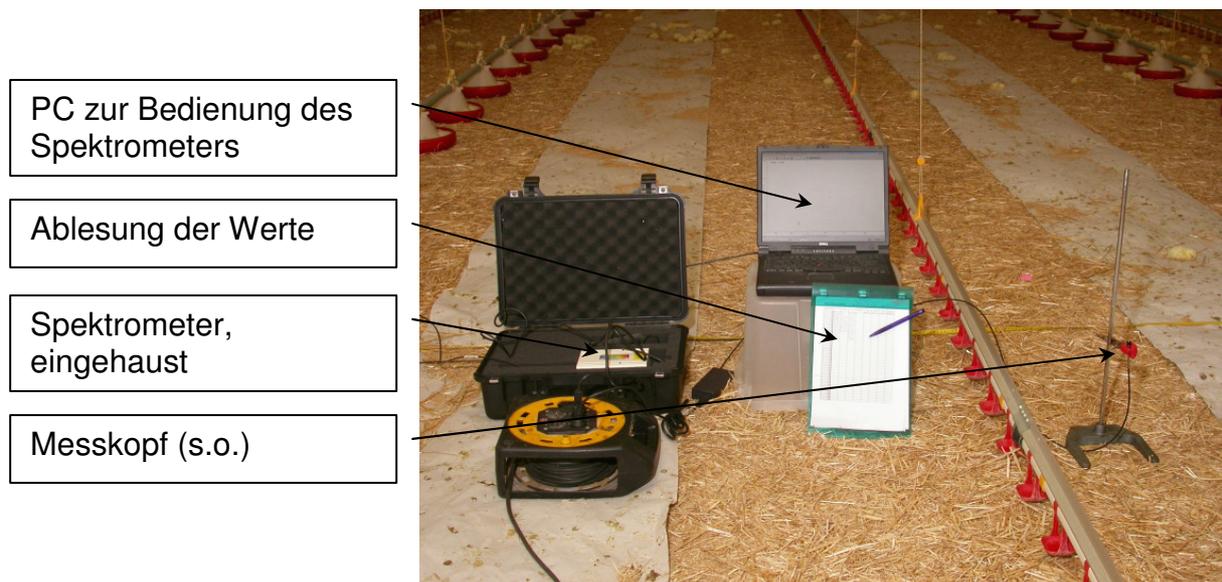


Abbildung 8: Setup für spektrale Messung vor Ort (gesamt)

Die Messungen wurden jeweils ein bis fünf Tage nach der Einnistung der Mastkücken oder im leeren Stall durchgeführt. Bei leerem Stall wurde nach Rücksprache mit dem Farmleiter diejenige Beleuchtungsumgebung hergestellt, die gewöhnlich zur Kükenaufzucht genutzt wurde. Es wurde eine Winter- und eine Sommermessung durchgeführt, jeweils im Zeitraum um die Wintersonnenwende (Sonnentiefststand) und die Sommersonnenwende (Sonnenhöchststand). In Stalltyp „Massivstall älterer

Bauart“ ohne Einfall von Tageslicht wurde nur eine Messung durchgeführt, da hier keine saisonalen Unterschiede zu erwarten waren.

Erfasst wurden an jedem Messpunkt folgende Parameter:

- Helligkeit in Lux
- Helligkeit in Chicken Lux (Clux, Gallilux), basierend auf einer tierartspezifischen spektralen Empfindlichkeitskurve nach Lewis und Morris (2006).
- Globalstrahlung in W/m^2
- Bestrahlungsstärke im UVA-Bereich
- Farbtemperatur

3.1.2 Auswertung der Daten

Die Erfassung und Auswertung der Daten erfolgte mittels der Software Microsoft® Excel 2002 für Windows.

3.1.3 Ergebnisse

3.1.3.1 Fragebogen

Insgesamt flossen die Daten von 187 Stallungen mit einer für die Mast zur Verfügung stehenden Gesamtfläche von 276.337 m² in die Befragung ein. Als kleinste Fläche einer Betriebseinheit wurden 194 m² angegeben, die flächenmäßig größten Betriebseinheiten wiesen eine Fläche von 5.200 m² auf, im Mittel betrug die Fläche einer Stallung 1.486 m².

Prozentangaben im folgenden Text beziehen sich auf die Anzahl der Stallungen, soweit nicht anders angegeben.

Der Anteil der Massivställe neuerer Bauart, die entsprechend den Vorgaben der Bundeseinheitlichen Eckwerte mit einer Mindestfensterfläche von 3 % der Grundfläche gebaut wurden, betrug in etwa ein Fünftel der Gesamtanzahl der Stallungen (19,8 %). Flächenmäßig kam diese Stallform für 20,0 % der zur Verfügung stehenden Mastfläche auf. Naturställe machten knappe 15 % der erfassten Fläche und 19,3 % der untersuchten Stallungen aus. Massivställe älterer Bauart ohne Fenster hatten einen Anteil von 58,3 % aller Stallungen mit 63,9 % der gesamten Fläche.

Es wurden lediglich 5 Stallungen mit Auslaufhaltung erfasst, die zum Untersuchungszeitpunkt 1,3 % der gesamten Mastfläche ausmachten (siehe hierzu auch Tabelle 3).

Betriebsart	Anzahl in Umfrage	Summe Fläche [m ²]	Kleinste Fläche [m ²]	Größte Fläche [m ²]	Anteil an Gesamtfläche
Auslaufhaltung	5	3.684	380	1.216	1,3 %
Massivstall älterer Bauart (kein Einfall von Tageslicht)	109 *	176.674	194	5.200	63,9 %
Massivstall neuerer Bauart (mindestens 3 % der Grundfläche als Fensterfläche)	37	55.355	849	2.526	20,0 %
Naturstall	36	40.623	480	2.035	14,7 %
Σ	187	276.336			100,0 %

* In einem Betrieb konnten keine Angaben zur Fläche erhoben werden.

Tabelle 3: Überblick über Strukturdaten des Untersuchungsgutes

Die für die Mast zur Verfügung stehende Bausubstanz konnte im Wesentlichen in drei Altersgruppen unterteilt werden: Ein großer Teil der Stallungen war zwischen 1960 und 1975 gebaut worden, in den folgenden 20 Jahren bis 1995 waren lediglich 30 Stallungen, also 16,0 % der Gesamtzahl, neu gebaut worden. In den sich daran anschließenden elf Jahren bis 2006 war eine sehr starke Neubauaktivität zu verzeichnen gewesen (siehe Abbildung 9).

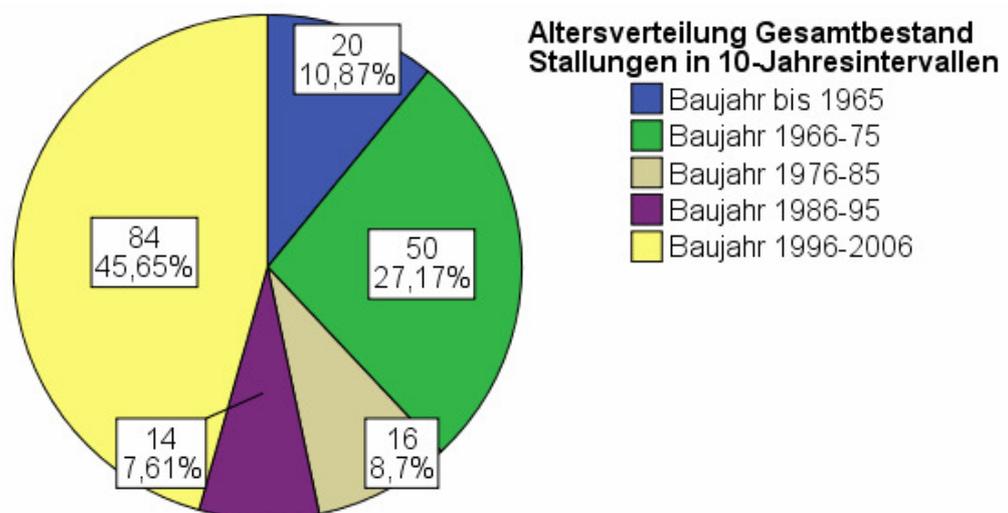


Abbildung 9: Überblick über Alter der Bausubstanz im Untersuchungsgut

Bei Unterteilung des Pools an landwirtschaftlichen Betrieben nach dem Typus der genutzten Beleuchtung, zeigt sich, dass in den bestehenden Stallungen drei Beleuchtungsstrategien vorherrschend waren. Am weitesten verbreitet (37,4 % der untersuchten Betriebe) war die Nutzung von dimmbaren Neonröhren, deren Intensität mittels EVG reguliert wird. Den zweitgrößten Anteil (26,2 %) machten Stallungen aus, deren Beleuchtung ausschließlich mittels Glühbirnen erfolgt. An dritter Stelle stand die Kombination von Energiesparlampen und Glühbirnen, deren Verwendung für 22,6 % der Stallungen angegeben wurde. Jeweils etwa 5 % der befragten Landwirte gaben an, ausschließlich Energiesparlampen oder nicht dimmbare Leuchtstofflampen mit KVG zu nutzen. Die Kombination von Glühbirnen mit Neonröhren war in nur unbedeutendem Ausmaß vertreten (siehe Abbildung 10).

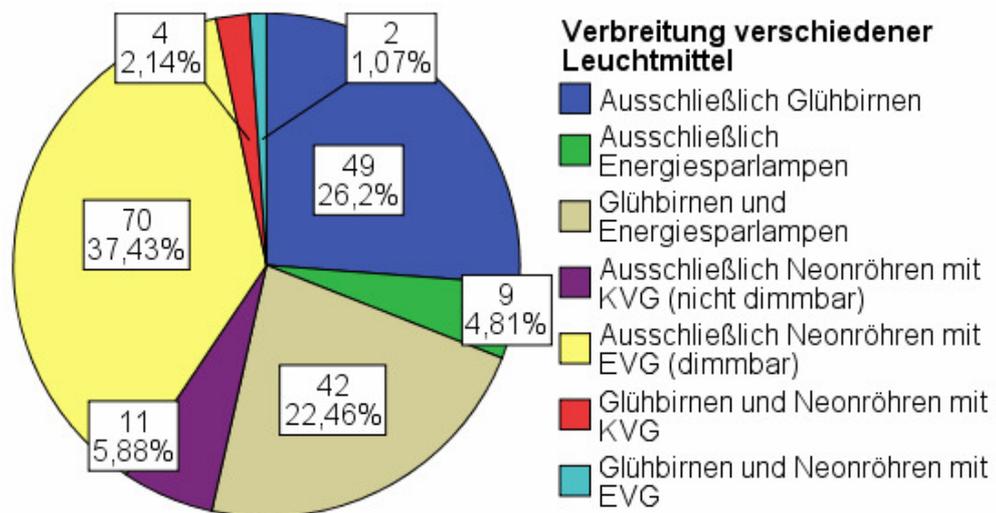


Abbildung 10: Überblick über die Nutzung verschiedener Leuchtmittel

Betrachtete man die Entwicklung des Einbaus verschiedener Leuchtmittel über die Jahrzehnte, so zeigte sich deutlich, dass in Altstallungen, die bis 1965 gebaut wurden, die Glühbirne das hauptsächlich verwendete Leuchtmittel war. Dieses Leuchtmittel verlor in den darauf folgenden Jahren jedoch mehr und mehr an Bedeutung zugunsten einer kombinierten Beleuchtung aus Glühbirnen und Energiesparlampen, welche seit Mitte der achtziger Jahre zunehmend durch den Einbau von dimmbaren Neonröhren mit EVG verdrängt wurde (siehe Abbildung 11).

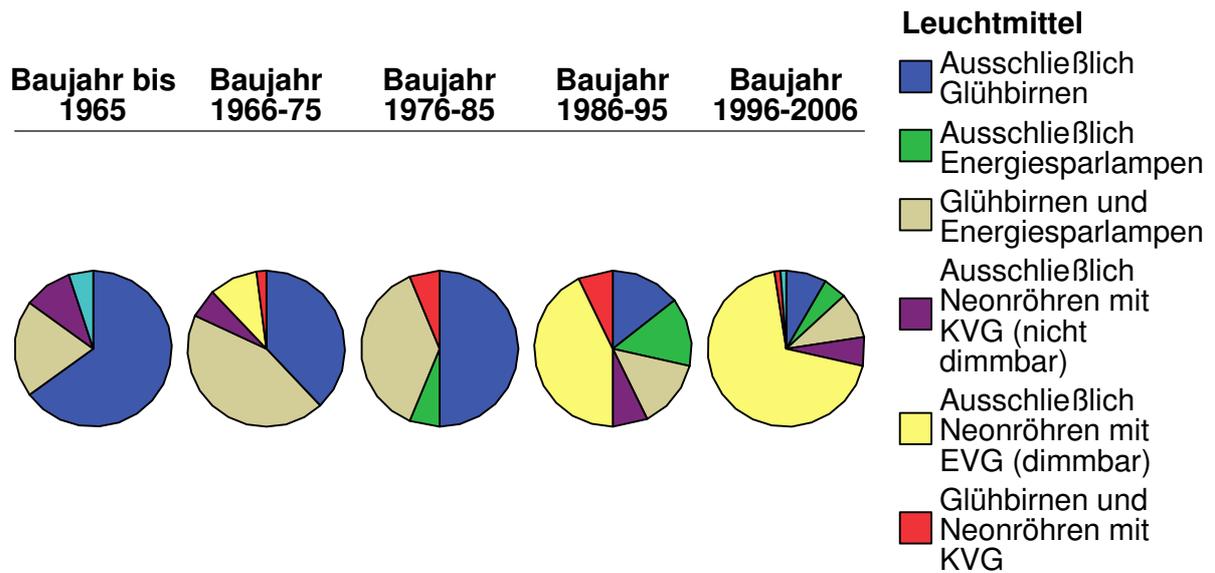


Abbildung 11: Überblick über Einbau verschiedener Leuchtmittel über die Zeit

Die durchschnittliche Breite eines Stalles lag bei 13,4 m, auf dieser Breite waren im Schnitt drei Lichtlinien vorhanden. Dabei wurden jedoch insbesondere in Massivstallungen neuerer Bauart oftmals nur zwei Lichtlinien zur Beleuchtung der gesamten Stallbreite von durchschnittlich 18,23 m verwendet.

Was die Höhe der Leuchtmittel über dem Boden angeht, waren zwei Gruppen zu unterscheiden: In Naturställen waren sie durchschnittlich in 3,77m (Minimum 3m, Maximum 4,50m), in neuen Massivställen durchschnittlich in 3,75m (Minimum 2,50m, Maximum 4,50m) Höhe angebracht. Im Kontrast hierzu standen die älteren Massivstallungen, in denen die Leuchtmittel bedingt durch die Bausubstanz im Schnitt einen Meter tiefer angebracht waren.

Im Bereich Management zeigte sich, dass in zwei Drittel der Maststallungen beim Übergang von Hell zu Dunkel keine Dämmerphase vorgesehen war, dass also hier während des Lichtprogrammes abrupt das Licht gelöscht wurde (siehe Abbildung 12). Insbesondere in den Massivstallungen älterer Bauart war es nicht vorgesehen, die Tiere mittels Dämmerphase auf die Dunkelperiode vorzubereiten (siehe Abbildung 13). Diejenigen Farmleiter, die zum Zeitpunkt der Befragung eine Dämmerphase implementierten, gaben für diese eine Zeitdauer von 5 Minuten bis zu einer Stunde an. Dabei wird in einigen Stallungen das Licht von Hand gedimmt, in anderen wird dies vom Stallcomputer übernommen.

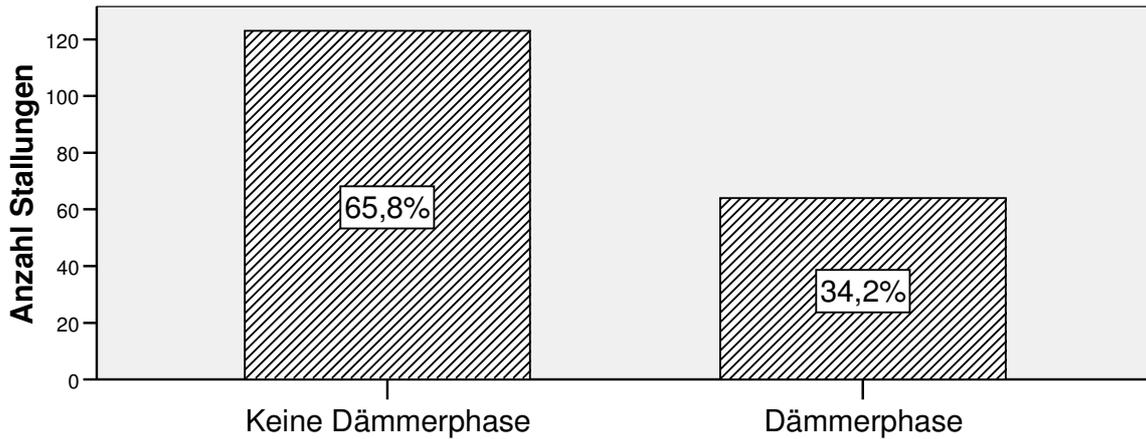


Abbildung 12: Angabe über Nutzung einer Dämmerphase

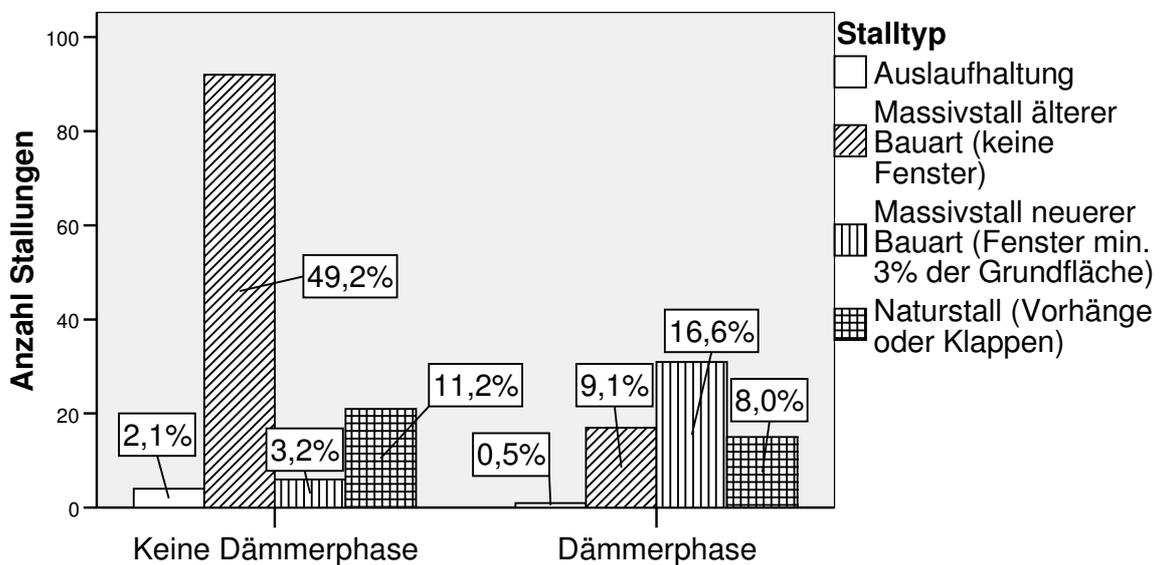


Abbildung 13: Nutzung einer Dämmerphase nach Stalltyp getrennt

Ein Luxmeter zur Kontrolle der Lichtintensität in den Stallungen wurde zum Zeitpunkt der Befragung für 43,3 % der Stallungen vorgehalten, teils vom Farmleiter selbst, teils von Außendienstmitarbeitern der Integration. In 56,7 % der Stallungen war die regelmäßige Nutzung eines Luxmeters im Managementplan nicht vorgesehen (siehe Abbildung 14). In mehr als der Hälfte der Massivstallungen älterer Bauart wurde kein Messgerät zur Ermittlung der Lichtintensität im Stall genutzt, auch im Offenstallbereich war die Nutzung eines Luxmeters weitgehend unüblich (siehe Abbildung 15).

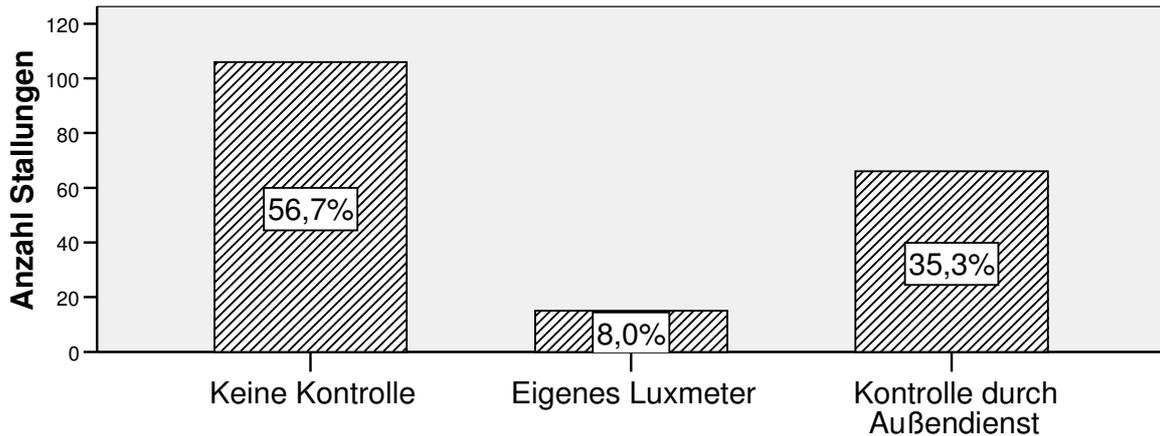


Abbildung 14: Nutzung eines Luxmeters

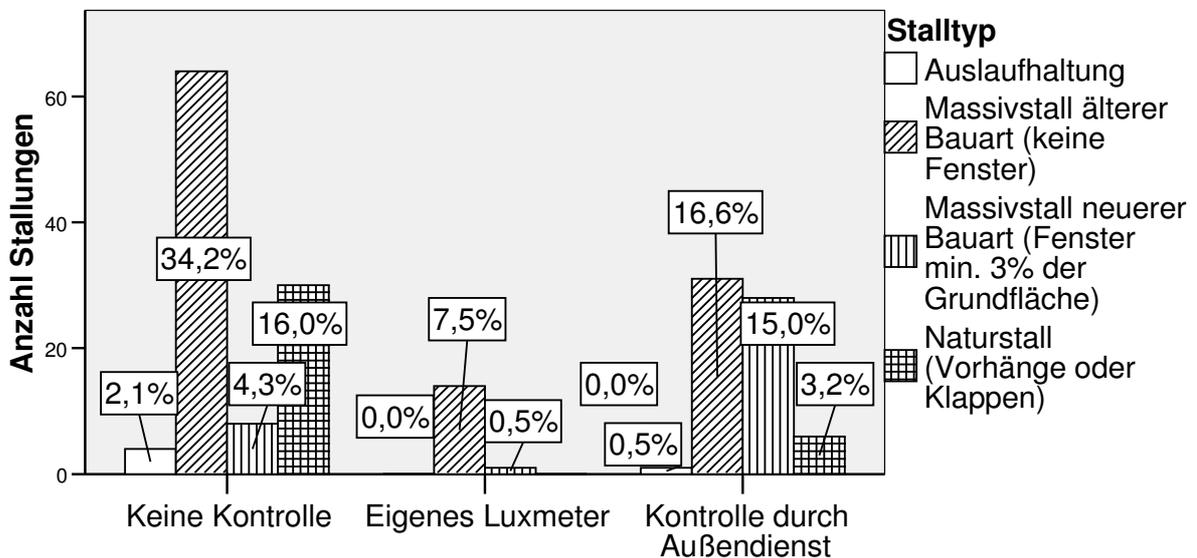


Abbildung 15: Nutzung eines Luxmeters nach Stalltyp getrennt

Blaulicht als alleinige Fangbeleuchtung war nach den Ergebnissen der Befragung in 15,5 % der Stallungen vorgesehen (siehe Abbildung 16 und Abbildung 17). Einzig in den Massivställen neuerer Bauart wurde es in nennenswertem Umfang eingesetzt. Ein Betrieb gab an, Blaulicht und die abgedunkelte Hauptbeleuchtung beim Fangen gemeinsam zu verwenden. Ein weiterer Betrieb gab an, als Fangbeleuchtung ausschließlich Schwarzlicht, also Neonröhren, die vorrangig Strahlung im UVA-Bereich emittieren, zu verwenden (sic!).

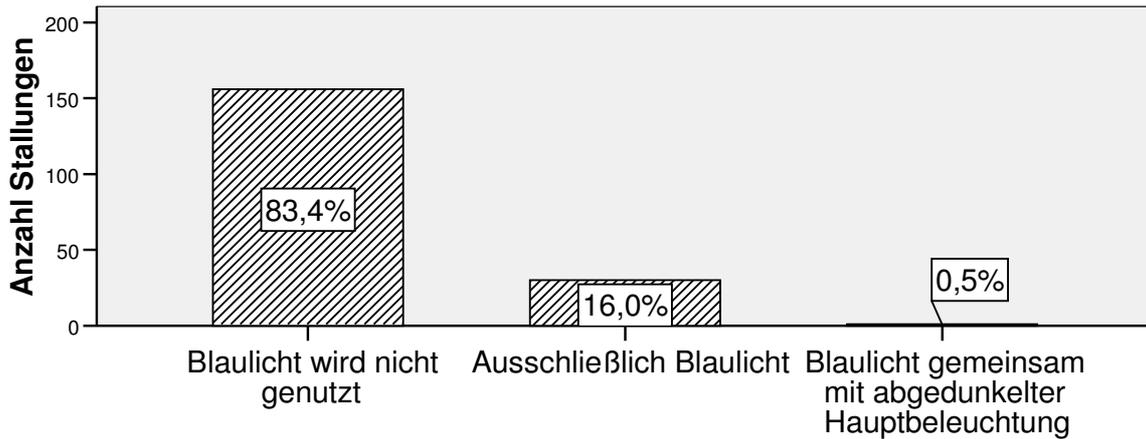


Abbildung 16: Nutzung von Blaulicht als Fangbeleuchtung

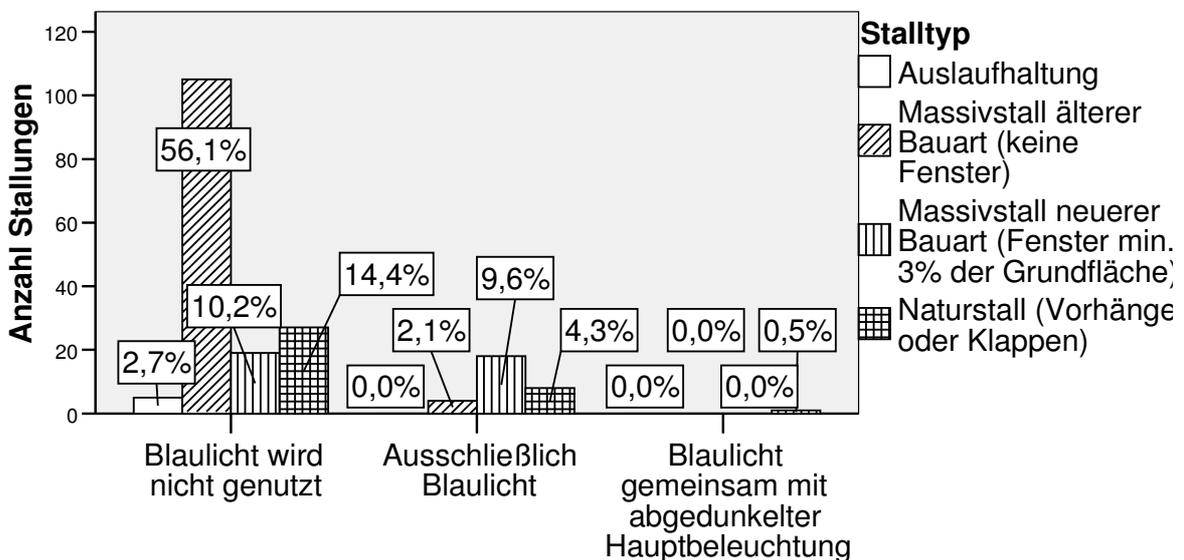


Abbildung 17: Nutzung von Blaulicht als Fangbeleuchtung nach Stalltyp getrennt

8,6 % der befragten Mäster gaben an, spezielle Lichtquellen in Ihren Stallungen zu verwenden, um biologische Effekte zu erreichen. Im Einzelnen handelt es sich hier um grüne Leuchtstoff- oder Energiesparlampen sowie um Biolux®-Neonröhren. In einem Fall wurde angegeben, dass als Stallbeleuchtung Halogenlampen verwendet werden (siehe Abbildung 18). Die Stallungen, für die die Verwendung solcher Leuchtmittel in einem gewissen Umfang dokumentiert werden konnte, waren Massivstallungen älterer Bauart oder Naturställe.

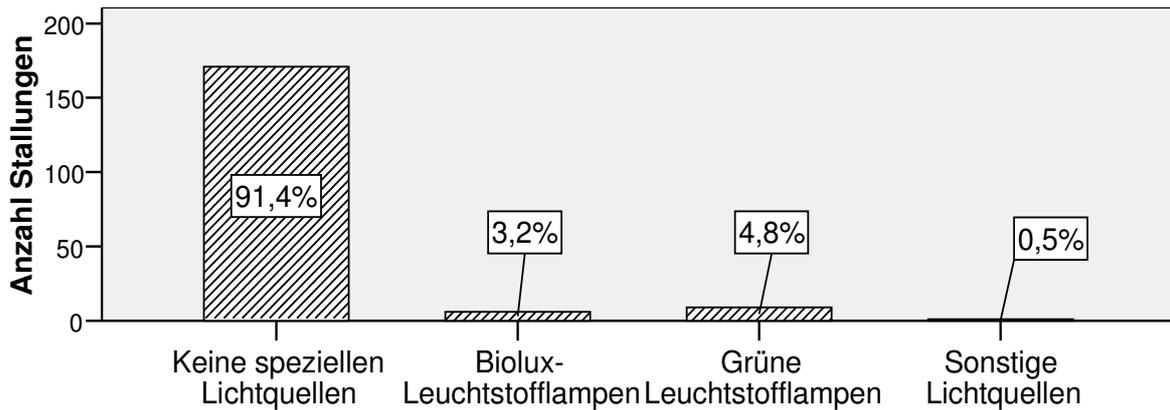


Abbildung 18: Angaben über die Nutzung spezieller Lichtquellen

Nahezu ein Fünftel aller befragten Mäster (18,2 %) gab an, kein Lichtprogramm zu implementieren, sondern Dauerlicht über die gesamte Mastperiode zu verwenden. Dies betraf eine Fläche von 40.205 m², also insgesamt 14,6 % der untersuchten Mastfläche. Mehr als 10 % der befragten Landwirte gaben außerdem an, ein von den Vorgaben der Bundeseinheitlichen Eckwerte abweichendes Lichtprogramm in ihren Stallungen zu implementieren, wobei zwei der befragten Mäster die Verwendung eines Lichtprogrammes von der Rasse der Tiere abhängig machten (siehe Abbildung 19). Insbesondere die Betreiber älterer Stallungen verzichteten offensichtlich darauf, ein Lichtprogramm zu nutzen oder modifizieren dieses dahingehend, dass die Dauer der Dunkelphase abgekürzt wird (siehe Abbildung 20).

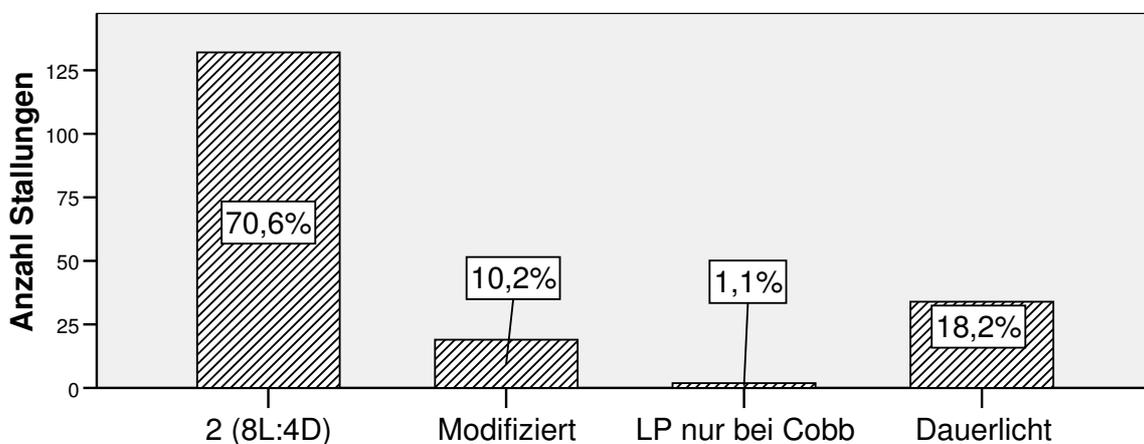


Abbildung 19: Angaben zur Implementierung eines Lichtprogrammes

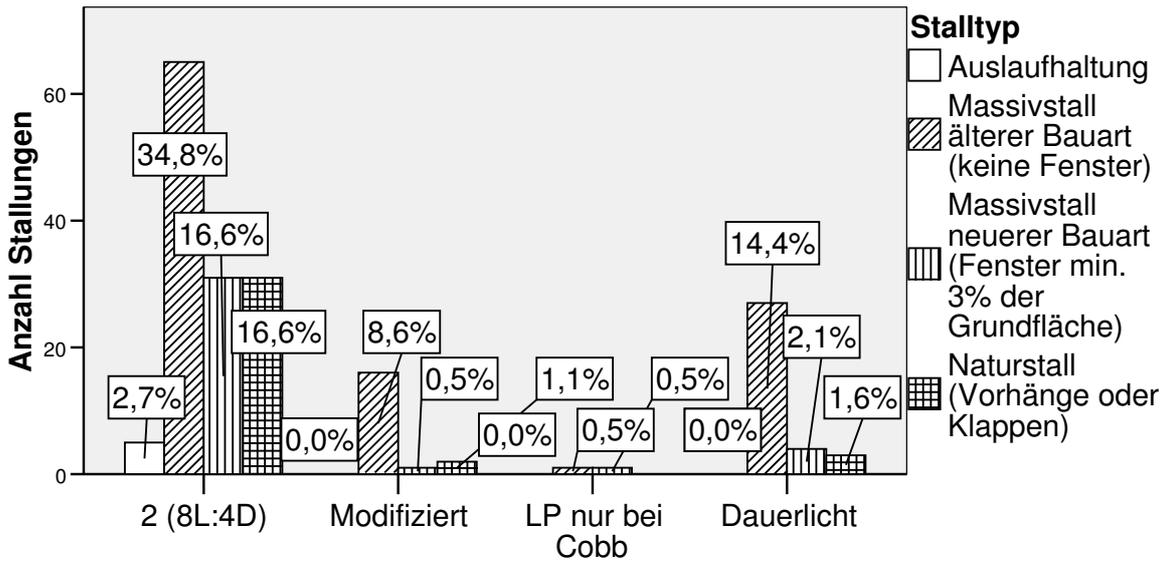


Abbildung 20: Implementierung eines Lichtprogrammes nach Stalltyp

Ein weiteres Thema der Befragung war, inwieweit der Einfall von Tageslicht in die Stallungen und Haltungsumwelt der Tiere gegeben war. Dies wurde nach Starter-, Aufzucht- und Endmastphase getrennt abgefragt. Die untenstehenden Abbildungen zeigen, dass der Einfall von ungefiltertem Tageslicht über alle Mastphasen hinweg in etwa gleich ist, was de facto den Anteil der Offenstallhaltungen widerspiegelt. Lichteinfall durch Fenster, wie er in Massivstallungen gegeben ist, die nach den Maßgaben der Bundeseinheitlichen Eckwerte konzipiert wurden, ist vorwiegend in der Starterphase gegeben, nahezu alle Landwirte gaben an, diese Fenster mit Beginn der Aufzuchtphase, also in der Regel ab dem achten Masttag, lichtdicht zu verschließen (siehe Abbildung 21, Abbildung 22, Abbildung 23).

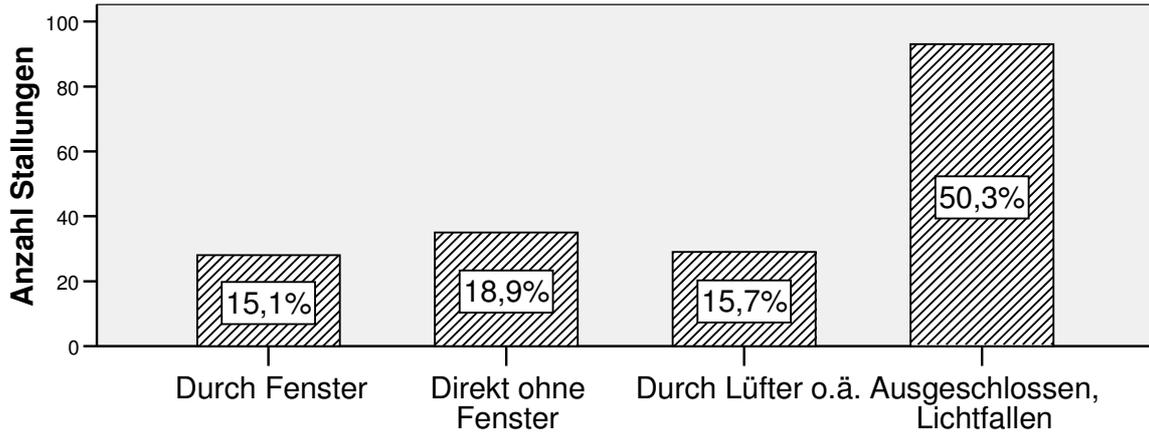


Abbildung 21: Einfall von Sonnenlicht in der Starterphase

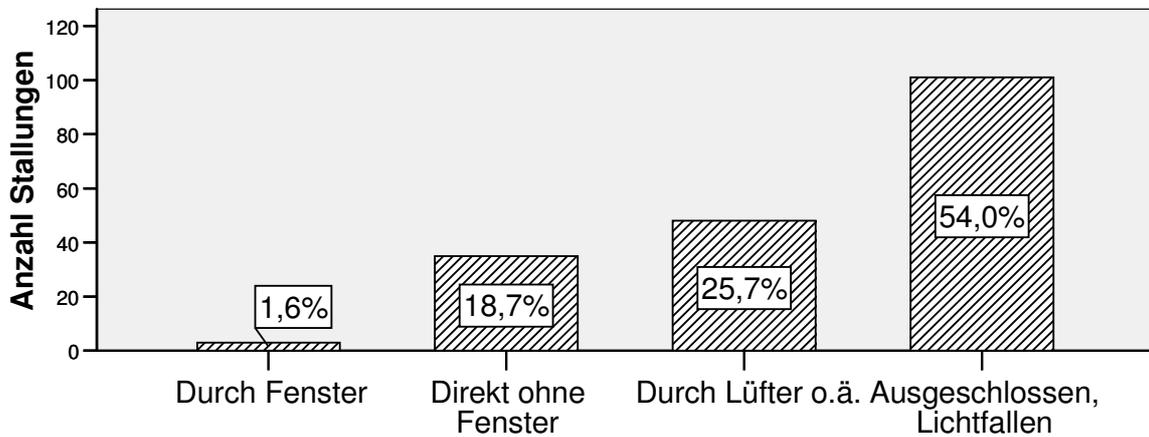


Abbildung 22: Einfall von Sonnenlicht in der Aufzuchtphase

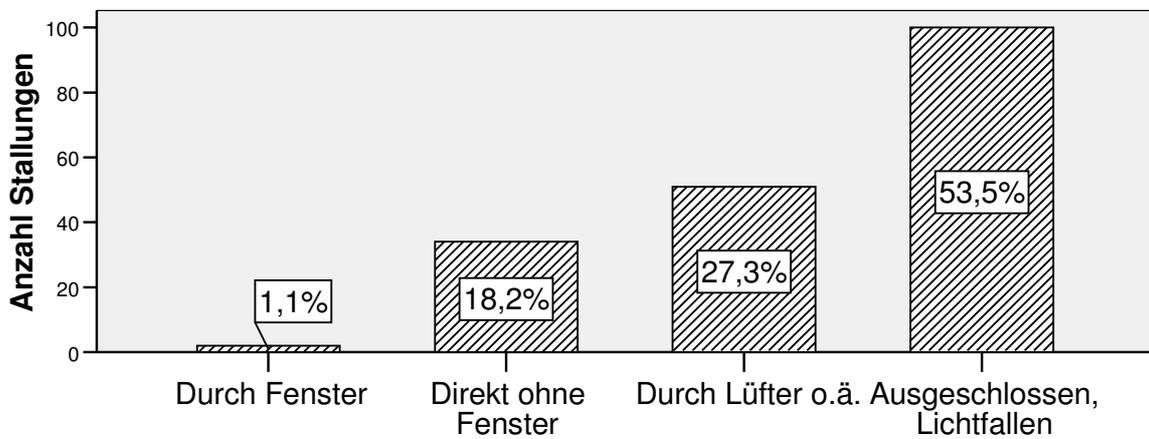


Abbildung 23: Einfall von Sonnenlicht in der Endmastphase

Bei der Gestaltung des Stallinneren herrschten Aluminiumbleche lackiert oder blank für die Decke vor. Die Wände waren meist weiß oder hell gestrichen, oftmals bestanden sie auch aus hellen Paneelen. Aufgrund der mannigfaltigen unterschiedlichen Materialien, deren Natur oftmals nicht eindeutig bestimmt werden konnte, wurden die Angaben der Mäster nach der subjektiv empfundenen Helligkeit gruppiert. Hierbei zeigte sich, dass in den neueren Stallungen, repräsentiert durch Massivställe mit Fenstern sowie Offenställe, vorrangig helle Deckenmaterialien verbaut, in den älteren Massivstallungen schwerpunktmäßig blanke Metallbleche oder allgemein dunkle Materialien genutzt wurden (siehe Abbildung 24). Für die Wandmaterialien ergab sich ein inverses Bild, in den älteren Stallungen herrschten helle Wandmaterialien vor, während in neueren Stallungen tendenziell dunklere Oberflächen vorherrschten, in einem Teil der Fälle auch Holz (siehe Abbildung 25).

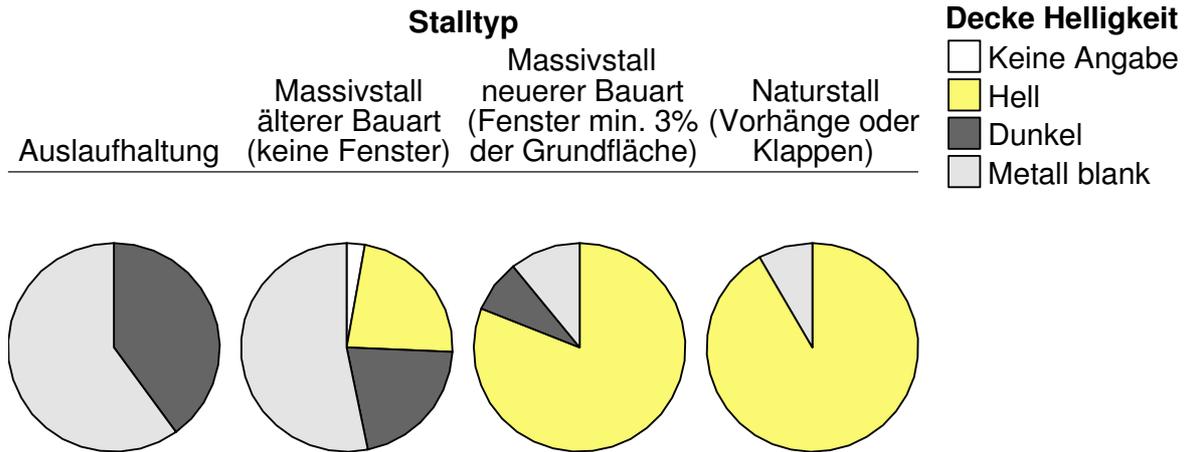


Abbildung 24: Helligkeit der Deckenmaterialien

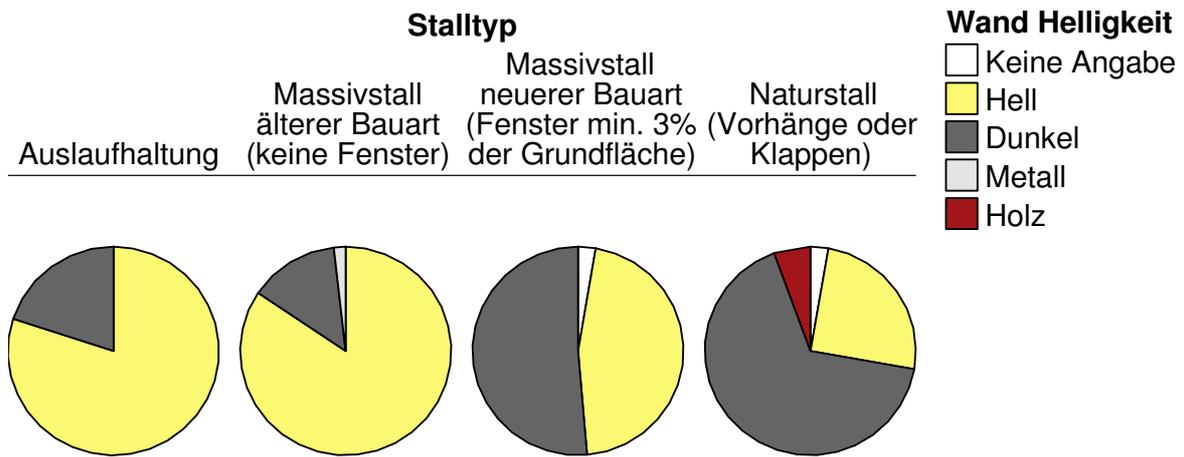


Abbildung 25: Helligkeit der Wandmaterialien

Was Länge, Breite und Fläche der Stallungen sowie die darin angebrachten Beleuchtungslinien angeht, so sind diese in der untenstehenden Tabelle 4 zusammengefasst.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	
Breite [m]	5	9,30	15,20	12,30	Auslaufhaltung
Länge [m]	5	40,00	64,50	49,74	
Fläche [m ²]	5	380,00	1216,00	736,88	
Anzahl der Lichtlinien	5	2	4	2,40	
Breite [m]	108	4,20	25,00	12,31	Massivstallungen älterer Bauart ohne Fenster
Länge [m]	108	19,40	130,00	57,17	
Fläche [m ²]	108	194,00	5200,00	1635,87	
Anzahl der Lichtlinien	109	1	8	2,78	
Breite [m]	37	11,00	23,80	18,23	Massivstallungen neuerer Bauart, Fenster 3 % der Bodenfläche
Länge [m]	37	55,000	130,00	83,51	
Fläche [m ²]	37	849,00	2526,00	1496,08	
Anzahl der Lichtlinien	37	2	4	2,35	
Breite [m]	36	11,00	24,00	12,45	Offenstallhaltung
Länge [m]	36	40,00	130,00	92,01	
Fläche [m ²]	36	480,00	2035,00	1128,43	
Anzahl der Lichtlinien	36	2	4	2,50	

Tabelle 4: Zusammenfassung Verhältnis Stallmaße zu Leuchtmitteln

3.1.3.2 Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Fragebogen

187 Stallungen mit einer Gesamtfläche von 276.337 m² wurden in die Erfassung aufgenommen. Die Bausubstanz spiegelt deutlich die Investitionsschübe seit Beginn der intensiven Hähnchenmast in Deutschland in den frühen sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts wider. Parallel zur Gebäudetechnik entwickelte sich auch die Beleuchtungstechnik. Dabei scheint jedoch in Altbauten eine ausgeprägte Beharrungstendenz zu bestehen. Die während des Baus aktuelle Beleuchtungstechnik, die den damaligen Stand des Wissens widerspiegelt, wird über Jahrzehnte beibehalten.

Die Verwendung einer Dämmerphase ist nach wie vor nicht in allen Stallungen gängige Praxis, genauso wenig wie die regelmäßige Kontrolle der Lichtintensität auf Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben. Die Nutzung von Blaulicht zur Vermeidung von Panik und Verkratzungen während des Fangens der Tiere ist wenig verbreitet. Nur 8,6 % der befragten Mäster gaben an, die Auswahl der Lichtquellen nach funktionalen und physiologischen Gesichtspunkten durchzuführen und spezielle Lichtquellen zu benutzen. Eine gewisse Bekanntheit und geringe Verbreitung genießen in diesem Bereich Biolux-Leuchtstofflampen der Fa. Osram sowie grüne Leuchtmittel.

Die Implementierung eines Lichtprogrammes wird offensichtlich aus verschiedenen Gründen nicht in allen Stallungen regelmäßig und im gesetzlich geforderten Umfang durchgeführt. Der Einfall von ungefiltertem Sonnenlicht ist nur in einem knappen Fünftel der Betriebe gegeben. Mehr als 50 % der befragten Betriebe gaben an, der Einfall von Sonnenlicht sei während der gesamten Mast ausgeschlossen.

Insbesondere in älteren Stallungen und vereinzelt in Massivstallungen neuerer Bauart finden sich Deckenmaterialien aus blankem Metall oder auch von dunkler Farbe. Insgesamt überwiegen jedoch in neueren Stallungen helle, nicht reflektierende Deckenmaterialien. Bei den Wandmaterialien ergab sich ein inverses Bild, dunkle Wandmaterialien sind sich insbesondere in Massivstallungen neuerer Bauart sowie in Naturställen zu finden, ältere Stallungen haben meist helle Wandmaterialien.

Als Gesamtbild ergab sich, dass Managementmaßnahmen im Bereich Beleuchtung insbesondere in älteren Stallungen kaum durchgeführt werden.

3.1.3.3 Spektrometrische Erfassung der Beleuchtung

In Abbildung 26 bis Abbildung 30 sind die Ergebnisse der Wintermessungen in typischen Betrieben der jeweiligen Stallform dargestellt. Auf der Abszisse aufgetragen ist jeweils die Lage der Messpunkte, beginnend von der Stallmitte aus, auf der Ordinate sind die jeweiligen Werte der gemessenen Größe zu finden. Die linke Seite des Graphen bezeichnet jeweils die der Sonne zugewandte Seite des Stalles.

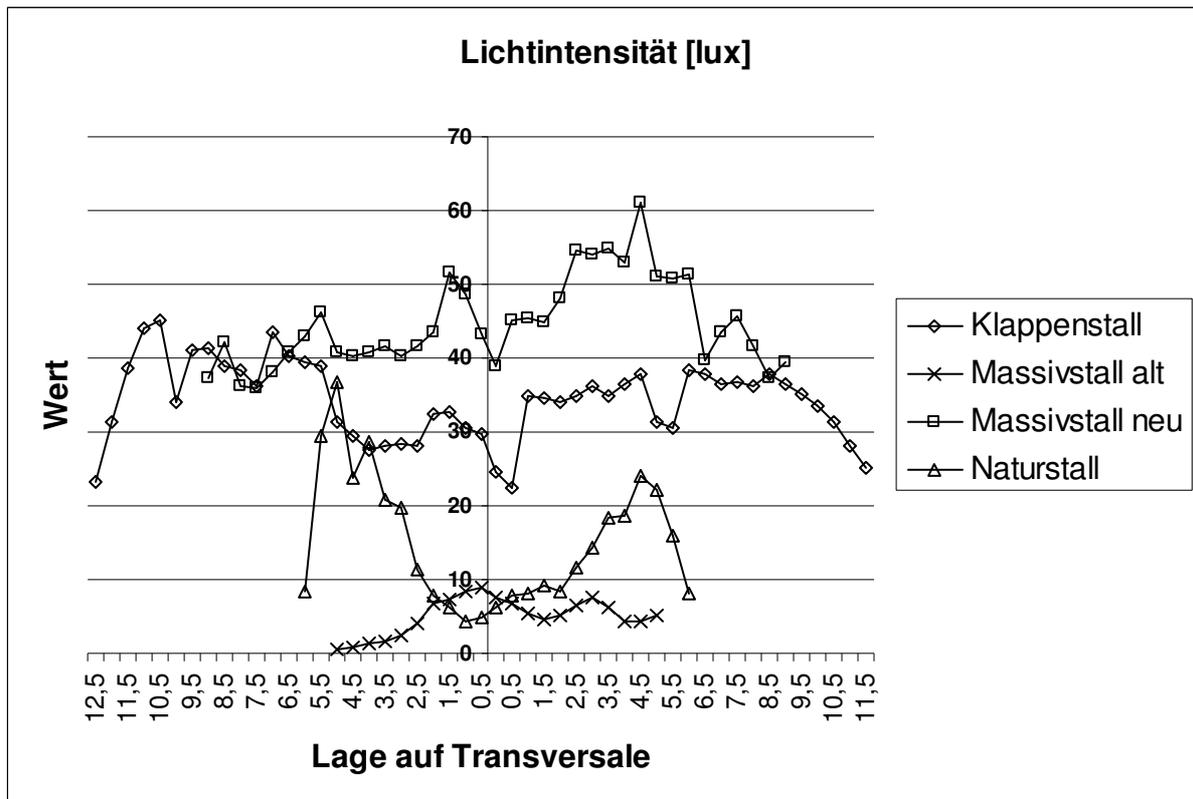


Abbildung 26: Verlauf Lichtintensität

Oben stehende Abbildung stellt den Verlauf der Lichtintensitäten über die Breite des jeweiligen Stalles dar. Deutlich ist zu erkennen, dass die höchste Lichtintensität unter allen Betrieben im Massivstall neuerer Bauart gegeben war, auch im untersuchten Klappenstall wurde eine vergleichsweise hohe Lichtintensität gemessen. Die Unterschiede der absoluten Werte zwischen den Betriebsformen, beispielsweise zwischen neuem und altem Massivstall, betragen je nach Messpunkt bis zu 50 lx und mehr. Die Verteilung der Lichtintensität war in den beiden Massivställen sowie im Klappenstall relativ gleichmäßig mit einem charakteristischen Abfall zum Rand der

für die Tiere zur Verfügung stehenden Fläche hin, wohingegen im Naturstall eine deutliche Verringerung der Lichtintensität zur Mitte des Stalles hin gegeben war.

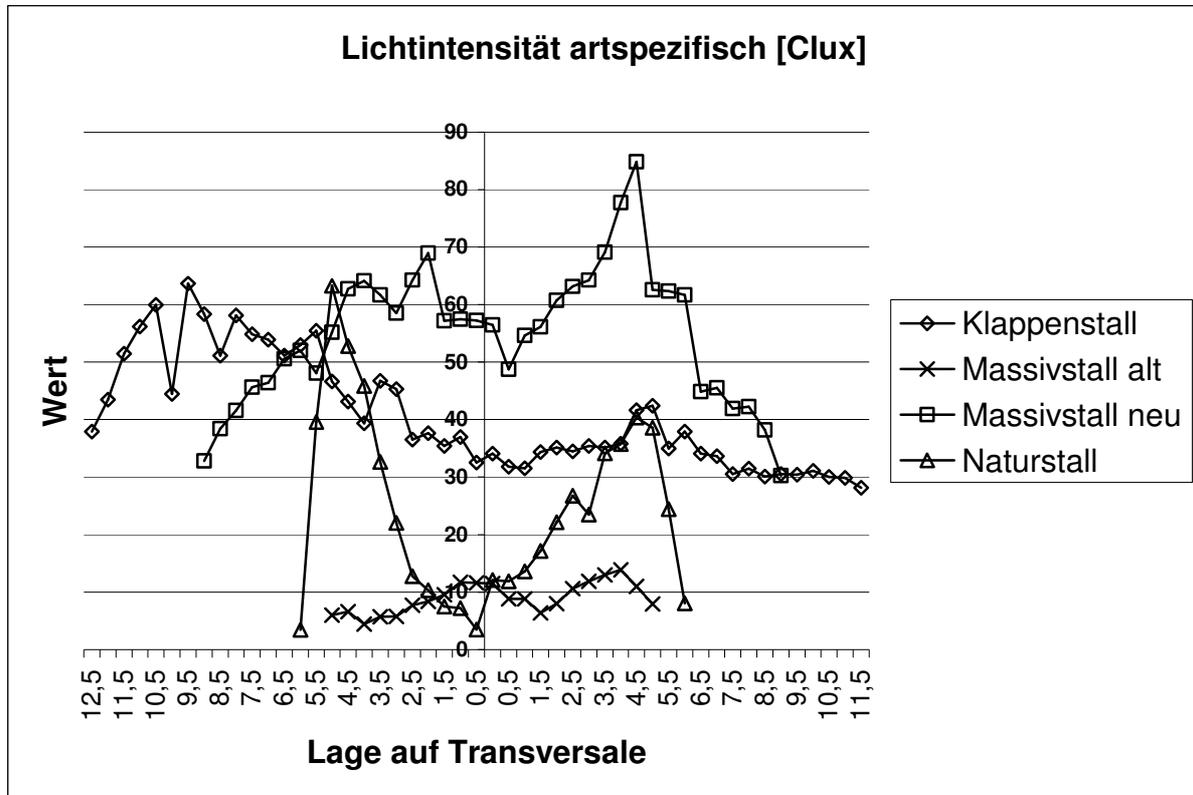


Abbildung 27: Verlauf Lichtintensität artspezifisch

Bei der Messung der artspezifischen Lichtintensität fielen die absoluten Werte deutlich höher aus als bei der Messung in Lux, wobei die Relation der einzelnen Intensitäten zueinander in etwa gleich blieb. Allerdings zeigten die Kurven stärkere Ausschläge zwischen Maximum und Minimum, was z.B. an den Werten für den neuen Massiv- und den Naturstall deutlich nachvollziehbar ist. Auch hier waren die ausgeprägten Unterschiede in der Lichtintensität zwischen den verschiedenen Haltungformen deutlich zu erkennen. Die in dem neuen Massivstall gemessenen Werte waren annähernd um den Faktor 10 höher als die im Massivstall älterer Bauart gemessenen.

Auch die Ergebnisse der Messung in W/m^2 (siehe Abbildung 28) spiegeln de facto die oben besprochenen Graphiken wieder. Grundsätzlich ist eine ähnliche Relation der Graphiken zueinander gegeben, wobei sich jedoch – anders als in den gewichteten Einheiten – die Werte von Klappenstall und Massivstall neu einander annähern.

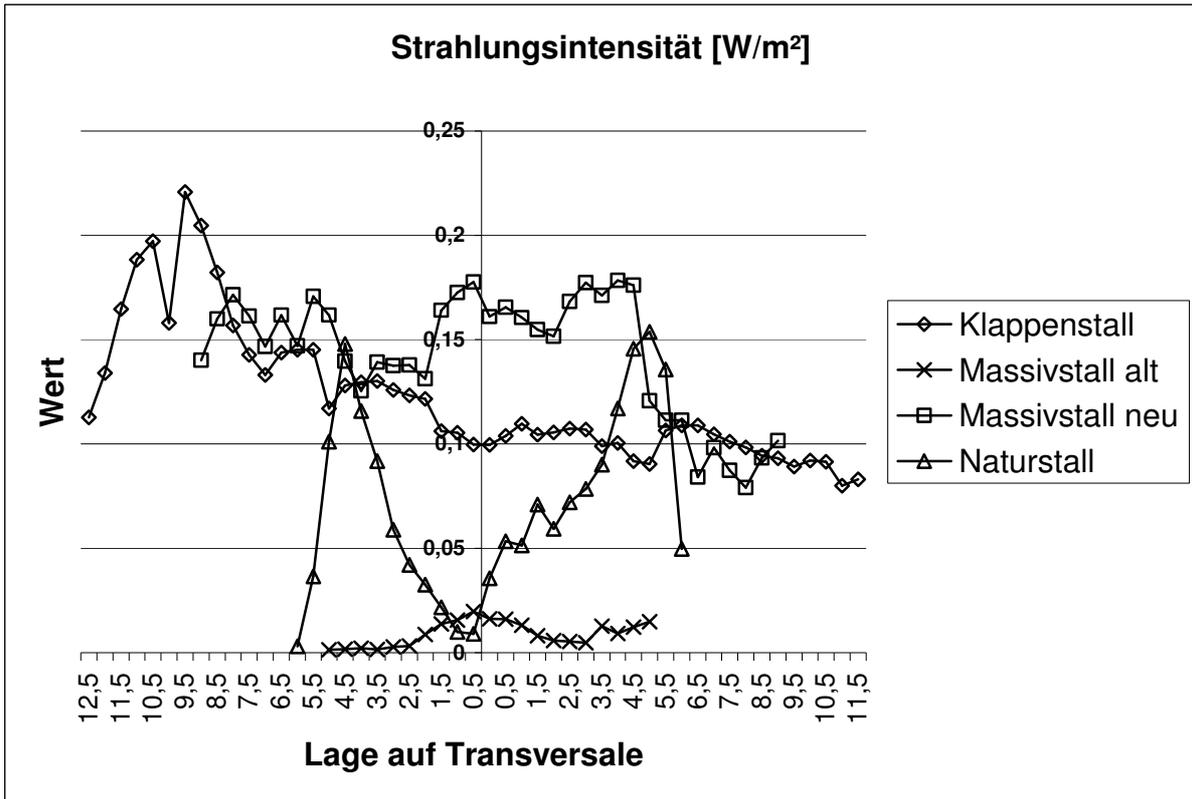


Abbildung 28: Verlauf Strahlungsintensität Globalstrahlung

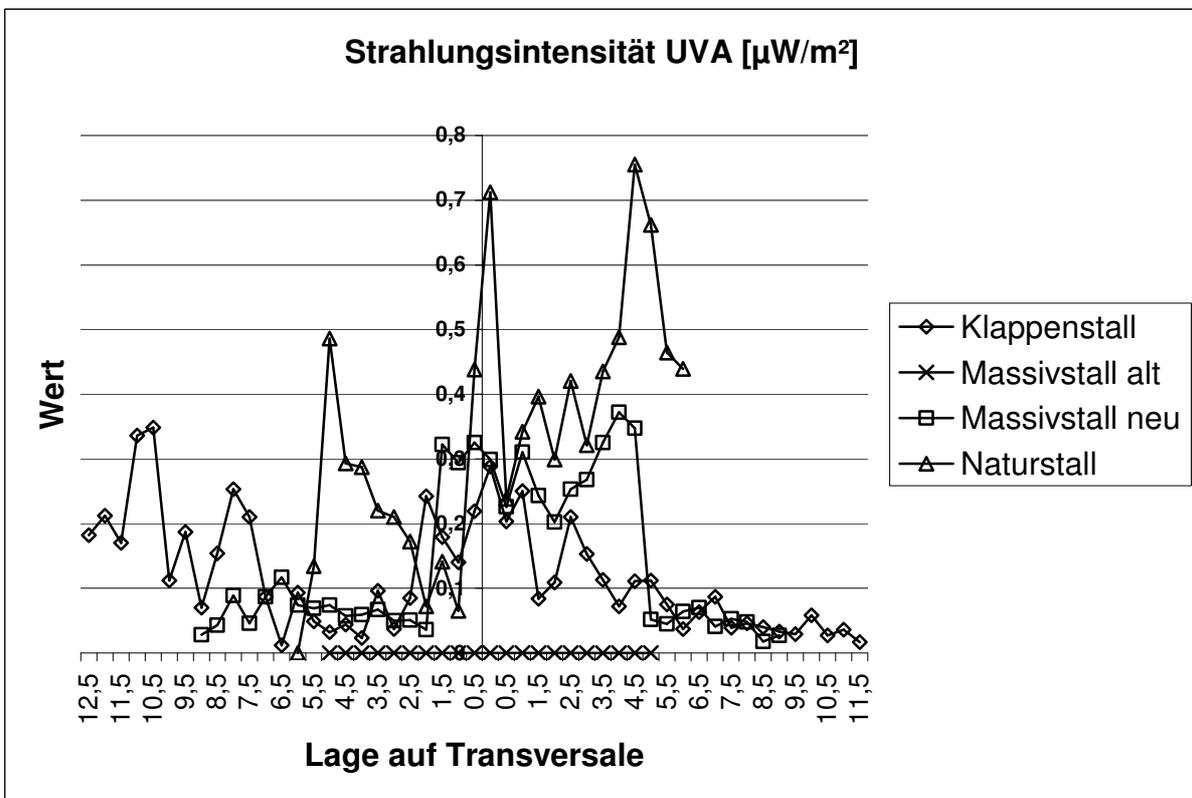


Abbildung 29: Verlauf Strahlungsintensität UVA-Strahlung

Die Darstellung der UVA-Strahlungsintensität zeigt, dass die höchsten Werte im Naturstall zu finden waren, insbesondere in Bereichen, wo Tageslichteinfall gegeben war. Die vergleichsweise hohen Werte kamen trotz nahezu vollständig geschlossener Vorhänge (transparenter Kunststoff) zustande. Die zweithöchste Intensität konnte im Massivstall neuerer Bauart (mit Fensterband) gemessen werden, wobei hier ein deutlicher Abfall der Kurve zu den Rändern der Stallfläche zu erkennen ist.

Die im Klappenstall gemessenen Werte liegen geringgradig unter denen des Massivstalles neuerer Bauart, zeigen jedoch eine ähnliche Verteilung.

Klar zu erkennen ist, dass im Massivstall älterer Bauart (ohne Fensterband) mit dem vorhandenen Messinstrumentarium keinerlei UVA-Strahlung erfasst werden konnte. Die Kurve der Messwerte liegt daher auf der Abszisse.

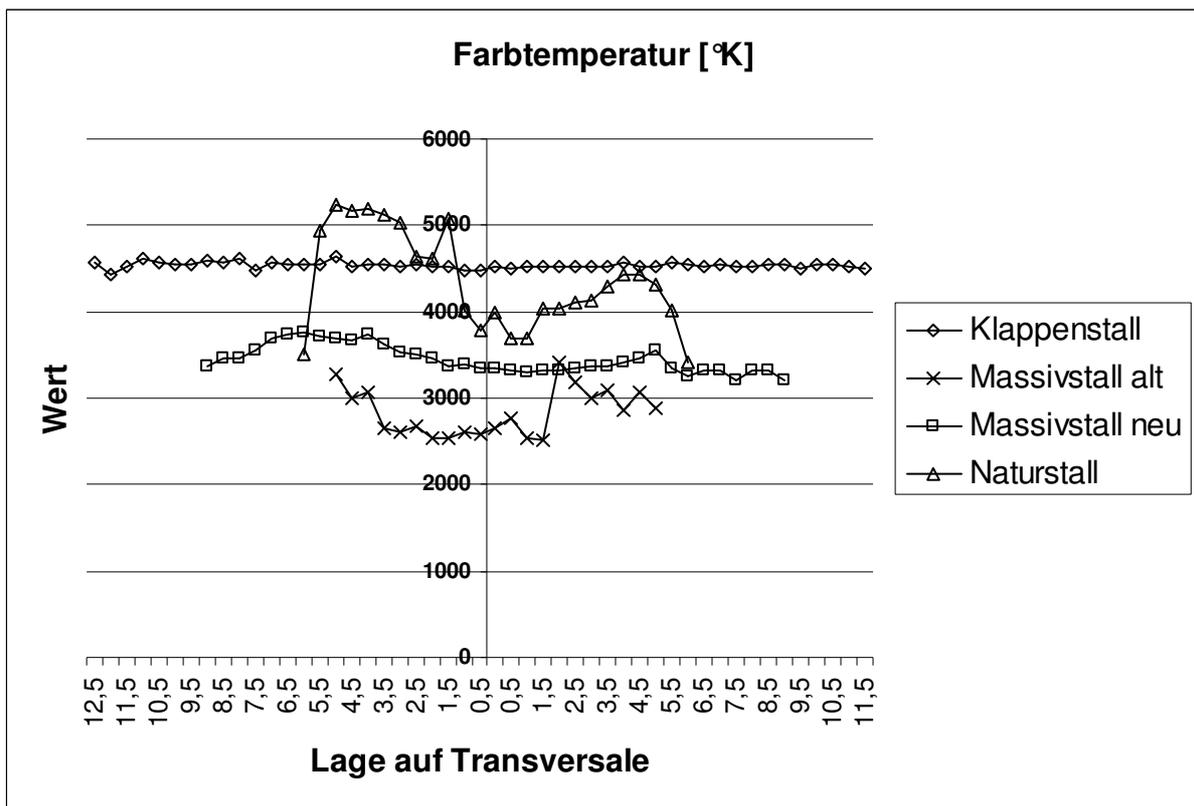


Abbildung 30: Verlauf Farbtemperatur

Bei der Erfassung der Lichtfarbe (siehe Abbildung 30) zeigten sich ausgeprägte Unterschiede zwischen den Stallungen. Im Klappen- und im neuen Massivstall wurden annähernd konstante Werte gemessen. Im Naturstall und im alten Massivstall waren deutliche Fluktuationen der Werte zu verzeichnen. Die Schwankungen folgten in ersterem in etwa dem Verlauf der Lichtintensität, in letzterem sind sie in etwa zwei bis drei Meter beidseits von der Mitte des Stalles entfernt zu erkennen

In den folgenden Graphen (Abbildung 31 bis Abbildung 35) sind die Ergebnisse von Winter- und Sommermessung nach gemessenem Parameter zusammengefasst. Hierbei zeigt sich eine klare Zweiteilung der Stallformen in solche, in denen vergleichsweise sehr hohe Werte gemessen werden konnten (Massivstall neu, Naturstall) und solche, in denen auch im Sommer Werte unter 100 lx respektive clux sowie unter 0,3 W/m² Globalstrahlung gemessen wurden. Die oben geschilderten Messwertdifferenzen der Wintermessung hingegen sind bei dieser Art der Betrachtung kaum noch auszumachen.

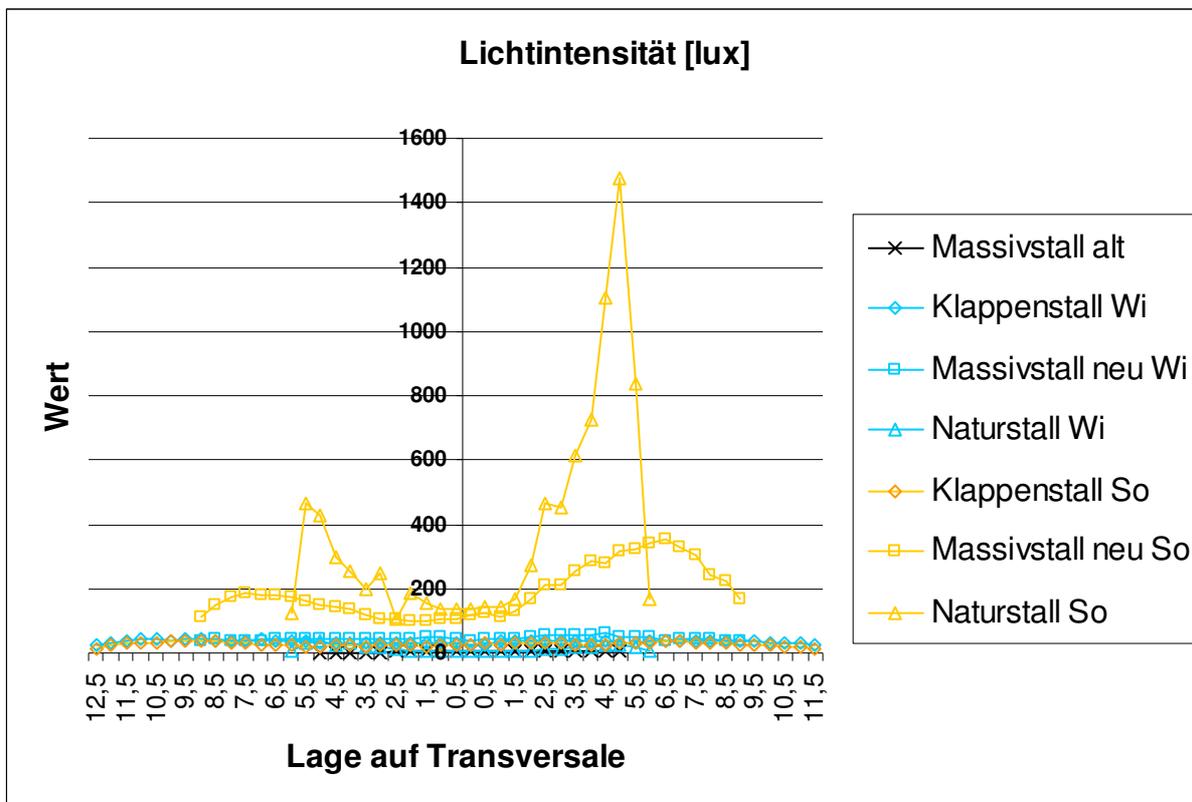


Abbildung 31: Verlauf Lichtintensität Winter und Sommer
 Anm: „Wi, blaue Linie“ bezeichnet Daten der Wintermessung, „So, gelbe Linie“ Daten der Sommermessung.

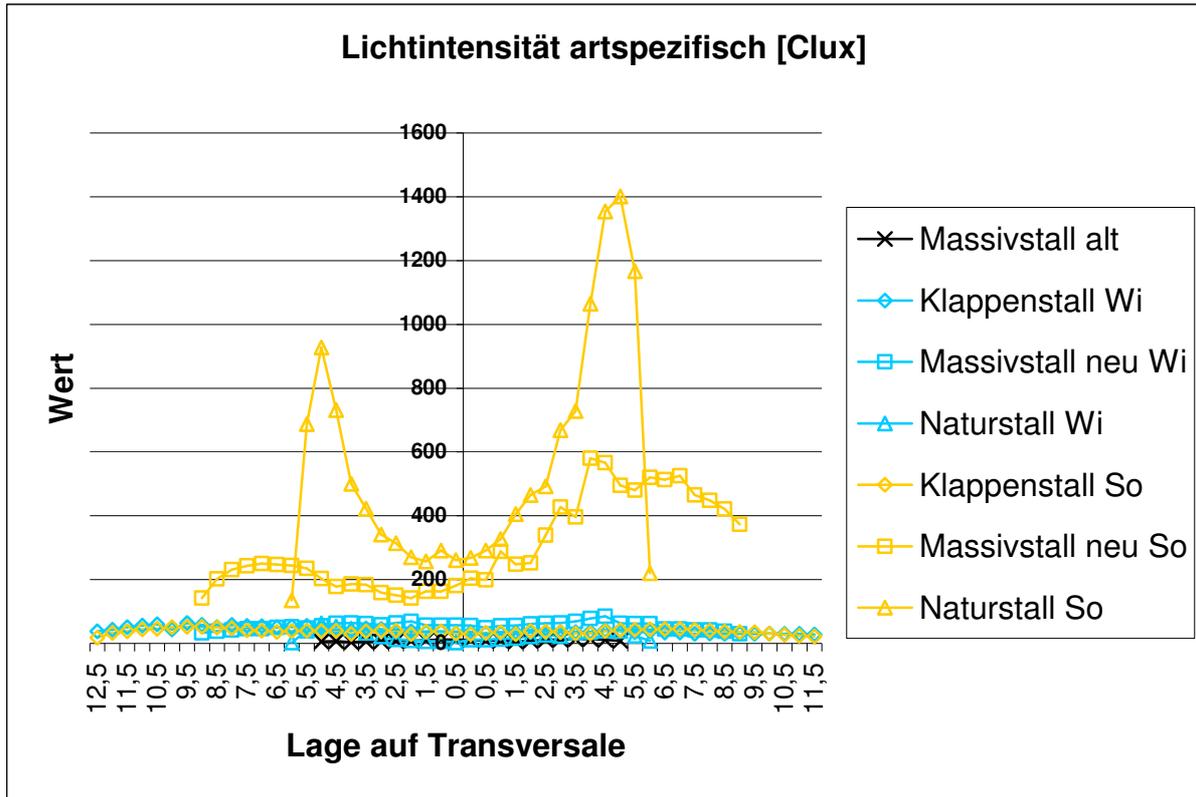


Abbildung 32: Verlauf Lichtintensität artspezifisch Winter und Sommer

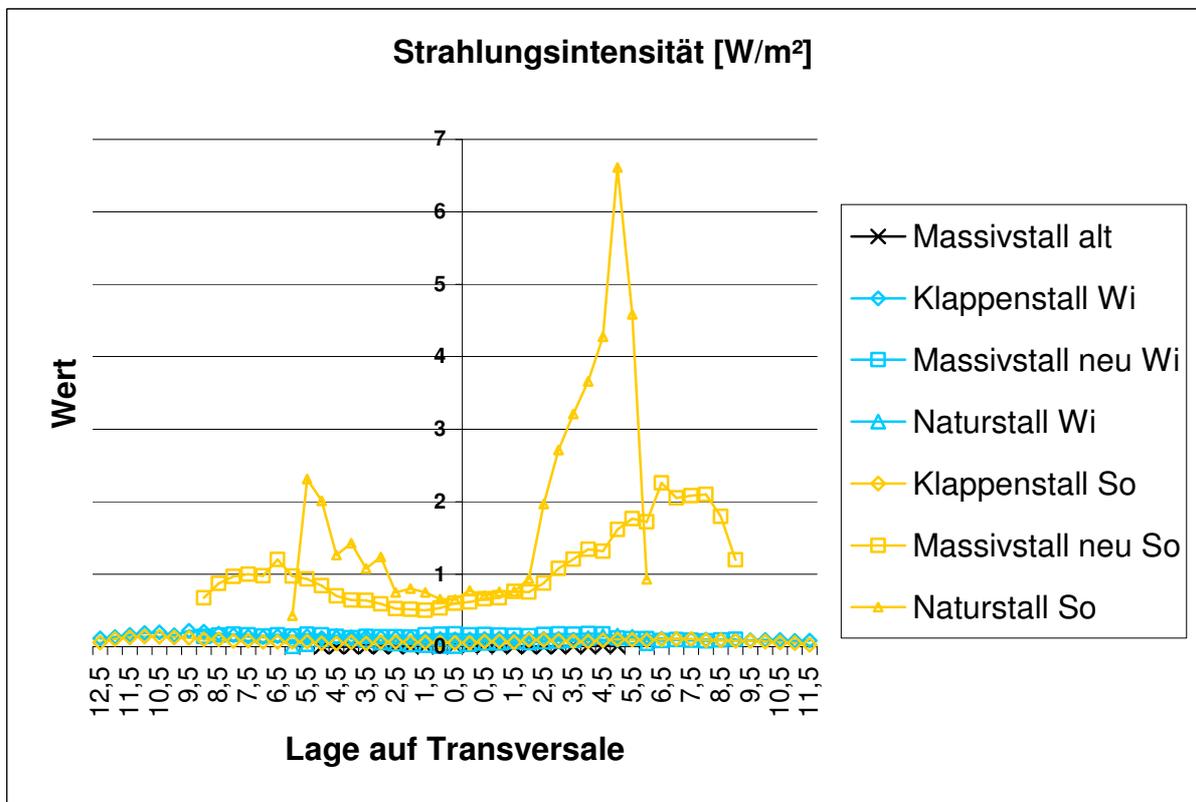


Abbildung 33: Verlauf Intensität der Globalstrahlung Winter und Sommer

Im Bereich der UVA-Strahlung ist erkennbar, dass allein im Naturstall, also der einzigen Stallform mit Einfall von ungefiltertem Tageslicht, sehr hohe Werte der UVA-Strahlung gemessen werden konnten, im Vergleich mit denen die Werte der anderen Stallformen gegen die Nulllinie tendieren. Bemerkenswerterweise war weder im Klappenstall noch im Massivstall neuerer Bauart in der Sommermessung UVA-Strahlung in nennenswertem Ausmaß zu verzeichnen.

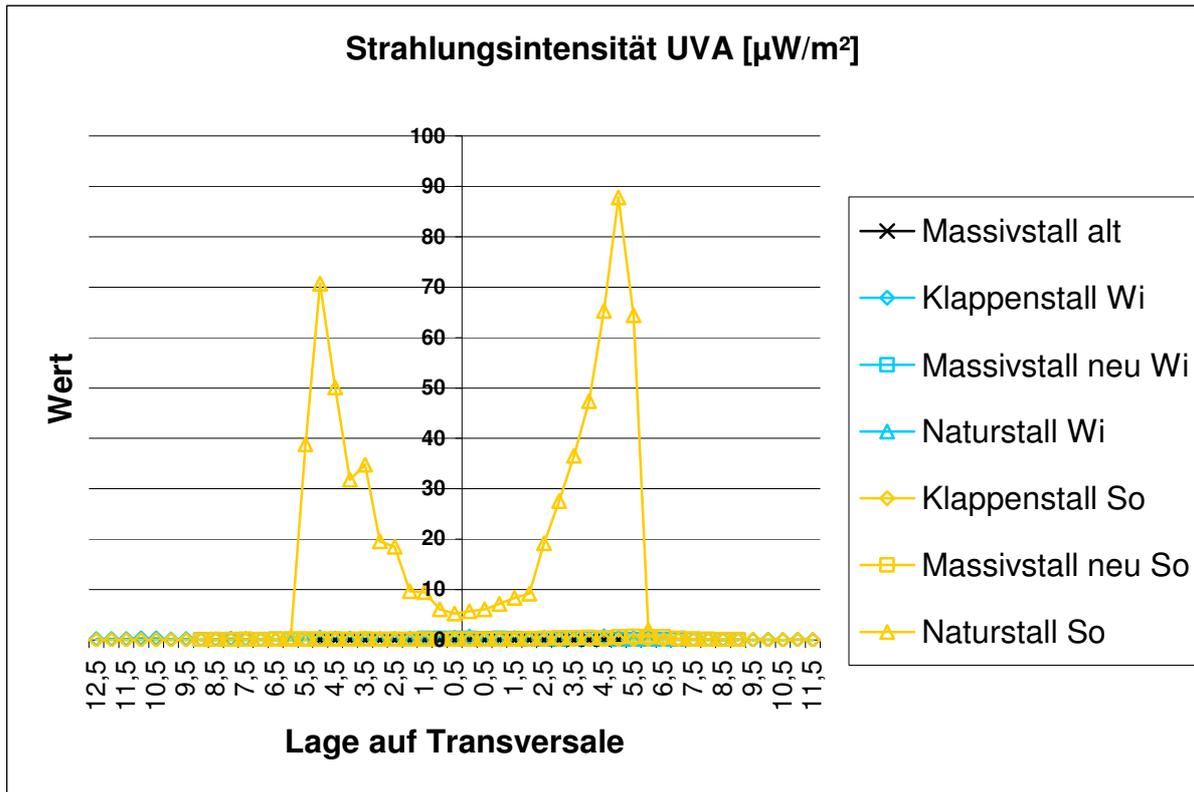


Abbildung 34: Verlauf Strahlungsintensität UVA-Bereich Winter und Sommer

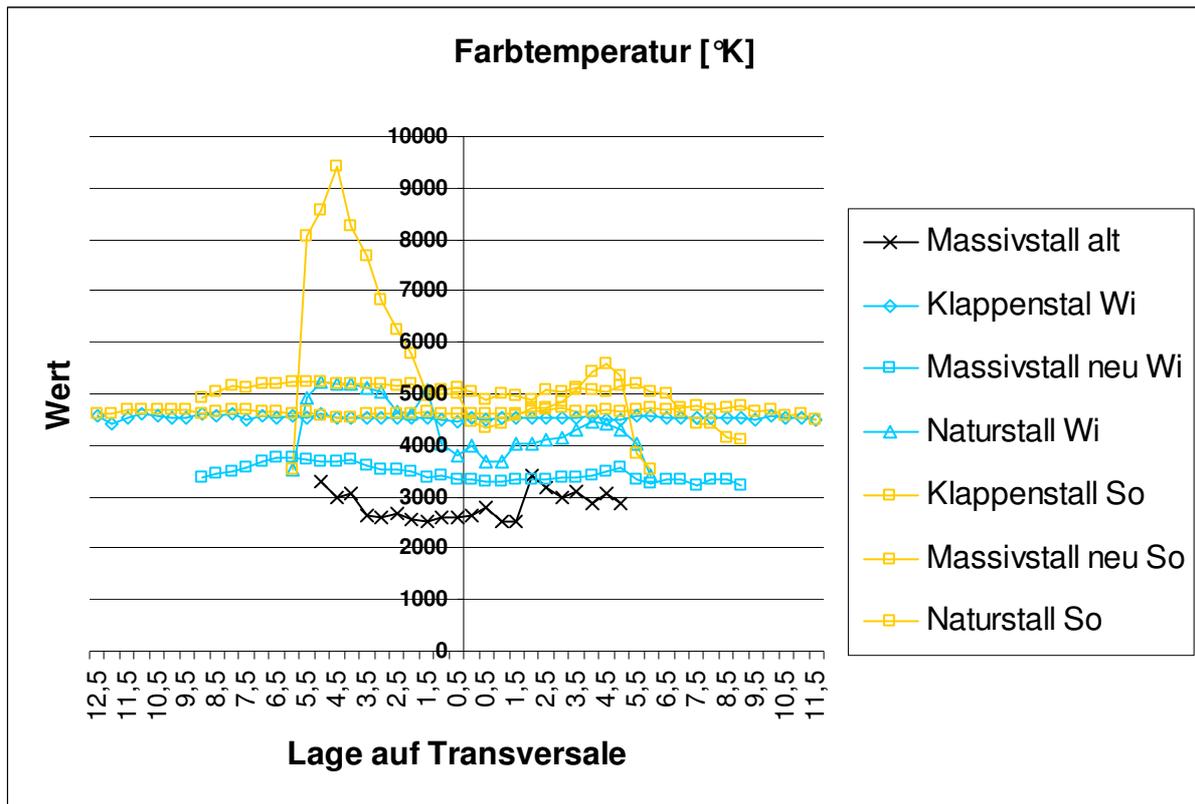


Abbildung 35: Verlauf Farbtemperatur Winter und Sommer

Die Messung der Farbtemperaturen zeigen – anders als die oben besprochenen Messwerte – nur geringe Abweichungen zwischen Sommer- und Wintermessung. Einzige Ausnahme ist auch hier der Naturstall, bei dem in der Sommermessung im Bereich des direkten Lichteinfalles, ca. 4,5 m von der Stallwand entfernt, eine sehr hohe Farbtemperatur zu verzeichnen war.

3.1.3.4 Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Lichtqualität

Zur Winter- und zur Sommersonnenwende, also jeweils zum Zeitpunkt des höchsten und des niedrigsten Sonnenstandes, wurden in typischen Betrieben verschiedener Stallformen (Klappenstall, Massivstall älterer sowie neuerer Bauart, Naturstall) standardisiert folgende Parameter erhoben:

- ▶ Lichtintensität [lux]
- ▶ Lichtintensität artspezifisch für das Huhn [clux]
- ▶ Strahlungsintensität Globalstrahlung [W/m^2]
- ▶ Strahlungsintensität im für das Huhn sichtbaren ultravioletten Bereich [$\mu W/cm^2$]
- ▶ Farbtemperatur der Beleuchtung an der jeweiligen Erhebungsstelle

Dabei wurden bereits in der Wintermessung erheblich Differenzen der Werte zwischen den verschiedenen Stallformen offensichtlich. Besonders ausgeprägt war dies bei der Lichtintensität in lux und clux zu erkennen. Auch innerhalb eines Stalles wurden erhebliche Helligkeitsunterschiede in verschiedenen Zonen festgestellt. Dies war im Naturstall am deutlichsten messbar. Im Gegensatz zu den ausgeprägten Gradienten bei der Strahlungsintensität und den von ihr abgeleiteten Größen erwies sich die Farbtemperatur als vergleichsweise konstant.

Dies war auch in der Sommermessung nachvollziehbar, wo ähnliche Farbtemperaturen ermittelt wurden wie winters. Ein völlig anderes Bild ergab sich jedoch bei den Strahlungswerten. Diese waren in Stallungen mit dem Einfall von ungefiltertem Tageslicht teilweise um mehrere Zehnerpotenzen höher als in geschlossenen Stallungen. Besonders deutlich trat dieser Unterschied im ultravioletten Bereich hervor. Gut zu erkennen ist dies in obenstehender Abbildung 34. Die zur Sommersonnenwende im Naturstall gemessene UVA-Strahlung wies den höchsten aller gemessenen Werte auf, im Vergleich hierzu konfluieren sämtliche anderen im ultravioletten Bereich gemessenen Werte auf der Nulllinie.

Wichtigste Einflussfaktoren auf die Lichtumgebung an einem gegebenen Punkt der Stallfläche sind somit die Jahreszeit, die Stallform sowie die Lage relativ zu Lichteinfallöffnungen und deren Beschaffenheit. Aus der Kombination dieser Faktoren können sich teils erhebliche Unterschiede ergeben.

3.2 Teil 2 - Verhalten, Augengesundheit, Mastleistung, Stress

3.2.1 Material und Methoden

3.2.1.1 Untersuchungsgut

Die Untersuchung wurde in einem Hähnchenstall durchgeführt, der nach konventionellem Muster in den Jahren zwischen 1967 und 1970 gebaut wurde. Der Stall umfasste 8 identisch ausgestattete Abteile mit einer Größe von jeweils 65 x 10 m. Diese waren auf zwei Stockwerken angeordnet. Er lag mit seiner Längsachse in Ost-West-Richtung, so dass jeweils vier Abteile nach Norden und vier nach Süden orientiert waren. Fensteröffnungen waren nicht vorhanden, während der Dunkelphase bestand ein sehr geringer Einfall von Tageslicht durch Lüftungsöffnungen. Die Deckenhöhe der einzelnen Abteile betrug 2,40 bis 2,50 m, wobei die oben gelegenen Mastabteile freitragend, die unteren in der Längsachse mit einer Reihe von Stützsäulen ausgestattet waren. Die Decke der auf der oberen Etage gelegenen Abteile war mit PU-Schaum ausgespritzt, die Decke der unteren Abteile bestand aus Beton.

Die Leuchtmittel waren direkt an der Stalldecke angebracht. Zur Verfügung standen pro Abteil zwei dimmbare Reihen von jeweils 15 Glühbirnen, die in Längsrichtung des Stalles angebracht waren, sowie eine Reihe von 12 Energiesparlampen, die in der Mitte zwischen der beiden Glühbirnenreihen lag. Die Lichtstränge waren gleichmäßig über die Breite des Stalles verteilt, die Leuchtmittel mit einem Glassturz versehen. Die Stallung wurde anlässlich des Versuches mit Osram 40 W Classic A Glühbirnen und Osram Longlife 11 W Energiesparlampen ausgestattet. Die Energiesparlampen in den Stallungen, die dem LP 2 unterworfen waren, wurden am frühen Morgen des 13. Masttages gegen Osram Longlife 3 W Energiesparlampen ausgetauscht, die Glühbirnen entsprechend gedimmt, um die vorgesehene Lichtintensität von 5 lx zu erreichen. Die jeweiligen Lichtintensitäten wurden zu Beginn eines jeden Mastdurchganges sowie am Tag 13 nach der Umstallung von 20 auf 5 lx in den Abteilen, die dem LP2 unterworfen waren, überprüft.

Die einzelnen Stallabteile wurden zwangsentlüftet, hierfür standen 10 Lohmann-Wandventile mit einer maximalen Förderkapazität von je 6000 m³ pro Stunde sowie zwei Sommerlüfter mit einer Kapazität von 13.500 m³, respektive 40.000 m³ pro

Stunde zur Verfügung. Die Lüfter waren gleichmäßig über die gesamte Außenmauer des Stalles verteilt. Jeder Stall war mit zwei Futter- sowie drei Nippeltränkebahnen ausgestattet, die gleichmäßig über die Stallbreite von 10 m verteilt waren.



Abbildung 36: Außenansicht Versuchsstall



Abbildung 37: Innenansicht eines Abteils

Das Tiermaterial bestand aus Küken der Linie Ross 308, die in einer Besatzdichte zwischen 23 und 25,17 Tieren / m² auf Hobelspänen eingestallt wurden (siehe Tabelle 5). Die Tiere wurden mit einem dreiphasigen kommerziellem Alleinfutter gefüttert (siehe 10.1 Futtermittel für Versuchsherden).

Eine Kontrolle der Tiere fand zweimal täglich durch qualifiziertes Personal statt. Am 31. bzw. 32. Masttag wurde ein Teil der Tiere ausgestallt und der Schlachtung zugeführt („Rausfangmast, thinning out“, siehe Tabelle 7), am 37. bzw. 38. Lebenstag der Tiere wurde der Stall abteilweise geräumt und der Schlachtung zugeführt. Die sich hieraus ergebenden Besatzdichten zum Zeitpunkt der Schlachtung, ausgedrückt in kg Lebendmasse / m², sind in untenstehender Tabelle 6 zusammengefasst.

Stallabteil	Besatzdichten der bis Januar '07 untersuchten Mastdurchgänge [Tiere/m ² Stallfläche]		
	Durchgang 1	Durchgang 2	Durchgang 3
1	24,08	25,17	23,54
2	23,54	24,77	23,54
3	24,08	23,08	23,38
4	24,08	23,08	23,54
5	24,08	23,08	23,54
6	24,08	23,08	23,54
7	23,38	24,77	23,00
8	23,38	24,92	23,23

Tabelle 5: Überblick Besatzdichten

Stallabteil	Besatzdichten der bis Januar '07 untersuchten Mastdurchgänge [kg Lebendgewicht / m ²]					
	Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3	
Durchgang						
Schlachttag*	L	S	L	S	L	S
1	34,52	38,49	38,86	38,56	36,47	33,23
2	31,72	33,29	35,77	38,07	33,90	34,40
3	36,60	34,57	36,88	36,07	35,54	32,73
4	33,63	33,53	35,46	36,64	35,07	33,90
5	38,08	34,92	35,55	36,43	38,39	35,38
6	37,62	35,48	36,79	37,41	38,45	33,74
7	35,03	36,61	36,33	38,11	33,20	33,91
8	33,39	36,63	37,08	38,97	33,48	33,33

* L = 31./32. Tag; S= 37./38./39. Tag

Tabelle 6: Besatzdichten zum Zeitpunkt der Schlachtung

Stallabteil	Anzahl Tiere „thinning out“		
	Durchgang 1	Durchgang 2	Durchgang 3
1	3293	3613	4373
2	3341	3660	4407
3	3323	2915	4463
4	3307	2930	4473
5	3323	2881	4018
6	3298	2950	4440
7	3333	3710	4383
8	3357	3660	4403

Tabelle 7: Überblick "thinning out"

3.2.1.2 Steuerungsgrößen

Die Abteile wurden zwei unterschiedlichen Lichtprogrammen unterworfen, die sich hinsichtlich der Lichtintensität unterschieden. Während in vier Abteilen (jeweils zwei nord- und zwei südseitig, je zwei im oberen und zwei im unteren Stockwerk des Stalles gelegen) ein Lichtprogramm nach Maßgabe der Bundeseinheitlichen Eckwerte (ANONYM, 1999) mit einer Lichtintensität von durchgehend 20 lx eingesetzt wurde, wurde in gleichen vier Abteilen ein modifiziertes Lichtprogramm implementiert, bei dem die Lichtintensität bis zum 12. Masttag 20 lx am Messpunkt (Details siehe 3.2.1.1 Untersuchungsgut) betrug, dann jedoch auf 5 lx verringert wurde (Details siehe 10.3 Tabellarische Aufstellung der verwendeten Lichtprogramme).

Lichtintensität und die auf die Tiere während der Mast einwirkende UVA-Strahlung wurden während der gesamten Mastdurchgänge viertelstündlich aufgezeichnet. Dies geschah mittels eines Lux- (FLA613VLM; Fa. Ahlborn, Holzkirchen) sowie eines UVA-Messkopfes (FLA603UV22; Fa. Ahlborn, Holzkirchen), die beide an einen Datenlogger (ALMEMO® 2390-5S; Fa. Ahlborn, Holzkirchen) angeschlossen wurden. Die Messstellen wurden auf Augenhöhe der schlachtreifen Tiere mit Position vertikal zur Decke hin angebracht. Dabei wurde die Messstation an der jeweils dunkelsten Stelle zwischen zwei Lichtsträngen aufgestellt. Eine Photographie der Messstation sowie eine schematische Darstellung sind in den untenstehenden Abbildungen zu sehen.



Abbildung 38: Messstation Licht, UVA, Verhalten im Stall

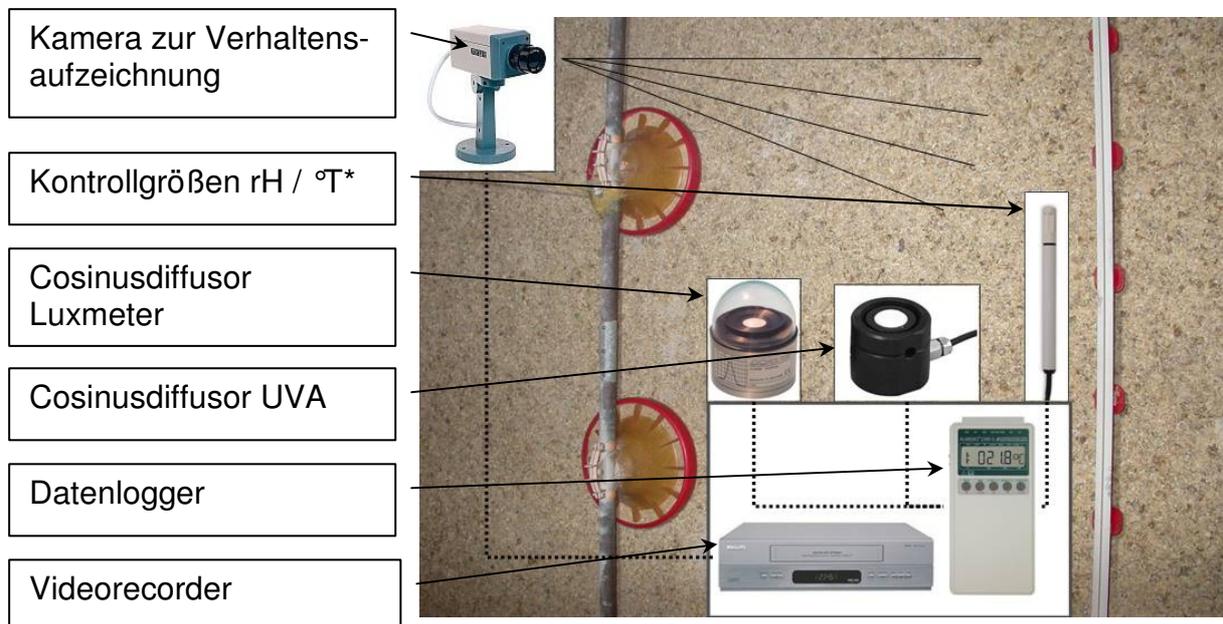


Abbildung 39: Schematischer Aufbau Messstation Licht, UVA, Verhalten
 * rH%: relative Luftfeuchte [%]; °T: Temperatur [°C]

Die Graphik zeigt den Beobachtungsbereich für Verhaltensaufzeichnungen, untenstehend schematisch die Messeinheit aus Datenlogger, Luxmeter, UVA-Messkopf, weiterhin Videorecorder; alles staubdicht eingehaust; Kamera an Decke;

3.2.1.3 Zielgrößen

Der Augeninnendruck wurde an beiden Augen klinisch gesunder Tiere laufend während der Dauer der Mastdurchgänge erfasst. Dies geschah mittels eines digitalen Tonometers (Tono-Pen® XL; Fa. Bio-Rad inc. Santa Ana CA; USA) an folgenden Masttagen: 7 – 14 – 21 – 24 – 30 – 35. Die Messung erfolgte nach Ende der zweiten Dunkelperiode (16:00, respektive 13:00 Uhr). Zu den Zeitpunkten, da keine Dunkelphasen vorgesehen waren, wurden die Messungen um 13:00 begonnen. Die Abteile wurden in folgender Reihenfolge untersucht: LP1 – LP 1 – LP 2 – LP 2 // LP 2 – LP 2 – LP 1 – LP 1.

Die mithilfe des Tono-Pen® XL ermittelten Messwerte wurden vor Ihrer Auswertung nach folgender Regressionsgleichung korrigiert (nach BRAUN 1995):

$$IOP_{man} = \frac{IOP_{tp} - 3,39}{0,73}$$

Formel 1: Regressionsgleichung für Berechnung des tatsächlichen IOP

Die ermittelten IOP-Kurven wurden mittels ANOVA auf Signifikanz der Unterschiede im Verlauf getestet.

Die Erfassung sämtlicher Daten dieser Untersuchung erfolgte mittels der Software Microsoft® Excel 2002, die deskriptive und Inferenzstatistik mittels des Programmes SPSS® 14.0 für Windows sowie mittels des Programmes GNUR.

Während jeder laufenden Schlachtung wurden zufällig ausgewählte Tiere direkt nach dem Entbluten aus dem Schlachtprozess entnommen, gewogen, danach die Augen präpariert und vermessen (Einzelheiten zum Probennahmeplan siehe 10.4 Beprobungsplan Ermittlung der Augenmaße in Schlachtereie).

Unterschiede in den hierbei erhobenen Werten wurden, nach Zeitpunkt der Schlachtung (Rausfangmast, Schwermast) getrennt, mittels T-Test auf Signifikanz geprüft.

Das Verhalten der Tiere wurde an den gleichen Tagen wie der Augeninnendruck aufgenommen. Hierzu wurden in den Mastabteilen in einem neutralen Bereich, der zwei Futterschalen sowie fünf bis sieben Tränkenippel enthielt (Maße ca. 250 cm x 187,5 cm), Videokameras angebracht, die das Verhalten der Tiere während zweier Stunden nach Beginn der Hellphase erfassten. Der Aufbau der Messstation ist in

detaillierter Form in Abbildung 38 sowie Abbildung 39 dargestellt. In einer Voruntersuchung konnte festgestellt werden, dass während dieses Zeitraumes allgemein die höchste Aktivität einer Hellphase herrscht. Während des Mastabschnittes, in dem Dauerlicht verwendet wurde, wurde die Aufzeichnung des Verhaltens von 13:00 bis 15:00 Uhr durchgeführt.

Die Videoaufzeichnungen dieses Zeitraumes wurden mittels Scan-Sampling in Zeitabständen von fünf Minuten (MARTIN UND BATESON 1993) ausgewertet. Hierzu wurden anhand der in der Voruntersuchung erstellten Videoaufnahmen 13 sich gegenseitig ausschließende Verhaltensweisen definiert, die acht unterschiedlichen Funktionskreisen zugeordnet wurden (eine Illustration der verschiedenen Verhaltensweisen findet sich unter 10.5 Erläuterungen zur beiliegenden DVD sowie 10.6 Check-Sheet zur Verhaltensauswertung). Die Anzahl der jeweils beobachteten Verhaltensweisen wurde in Relation zur Gesamtzahl der beobachteten Tiere gesetzt und in Prozent ausgedrückt. Dieser Wert wurde in alle weiteren Berechnungen übernommen. Die Auswertung der ermittelten Daten erfolgte im Mann-Whitney U-Test.

Zur Beurteilung der Mastleistung inklusive der aus vermarktungstechnischer Sicht qualitätsbestimmenden Parameter wurden die Daten der amtlichen Fleischuntersuchung (s.u. Nr. 1.-12.) sowie der hausinternen Qualitätskontrolle (s.u. Nr. 13.-31.) des Schlachthofes herangezogen. Im Einzelnen wurden folgende Parameter getrennt nach Abteil erfasst:

**Amtliche Schlachttier- und
Fleischuntersuchung:**

1. Verwurf absolut und anteilig
2. Verwurf aufgrund unvollständiger Ausblutung
3. Verwurf aufgrund von Verletzungen/Versulzungen
4. Verwurf aufgrund von Aszites/Ikterus
5. Verwurf aufgrund von Verschmutzungen der Tierkörper
6. Verwurf aufgrund von Kachexie
7. Verwurf aufgrund schorfiger Haut (scabby hip)
8. Verwurf aufgrund Unterhautvereiterung
9. Verwurf aufgrund maschinenbedingter Verletzungen
10. Verwurf aufgrund von Septikämie
11. Verwurf aufgrund von Verbrühungen
12. sonstiger Verwurf

Qualitätssicherung Schlachthof

13. Anteil an Verkratzungen der Kategorie 1 (ohne)
14. Anteil an Verkratzungen der Kategorie 2 (leichte bis mittlere Zerkratzungen)
15. Anteil an Verkratzungen der Kategorie 3 (starke Zerkratzungen)
16. Tiere mit Pododermatitis Grad 1
17. Tiere mit Pododermatitis Grad 2
18. Tiere mit Pododermatitis Grad 3
19. Durchschnittsgewicht der Tiere
20. Anzahl der Toten bei Anlieferung
21. Anteil zu kleiner Tiere
22. Anteil an Tieren mit Fettleber
23. Anteil an Tieren mit Brustblase /- fleck
24. Anteil an Tieren mit schorfiger Haut (Scabby Hip)
25. Anteil an Tieren mit Gelenksfrakturen
26. Anteil an Tieren mit Verkratzungen dorsal
27. Anteil an Tieren mit Blutergüssen am Flügel
28. Anteil an Tieren mit Blutergüssen am Ständer
29. Anteil an Tieren mit Blutergüssen an der Brust
30. Anteil an Tieren mit aufgerissener Haut in der Bürzelregion
31. Anteil an Tieren mit gebrochenen Tarsalgelenken

Für die Einteilung der Parameter Nr. 16.-18. wurde in Anlehnung an den Vorschlag der Kommission für eine Richtlinie des Rates mit Mindestanforderungen zum Schutz von Masthähnchen (2005) folgende Beurteilungsgrundlage verwendet:

- ▶ Grad 1: Fuß- und Zehenballen vollständig intakt, kleinste Verfärbungen möglich
- ▶ Grad 2: Kleine hellbraun verfärbte Bereiche an den Fußballen, oder Zehen, nur oberflächliche Läsionen
- ▶ Grad 3: Tiefergehende Läsionen größeren Ausmaßes mit Substanzverlust an Fußballen, gut erkennbar nach Ablösen des braunen schorfigen Substrats

Die Datensätze 2.-12. wurden mittels eines generalisierten linearen Modells mit Random intercept (Berücksichtigung von Zufallsfaktoren) ausgewertet, wobei als Einflussfaktoren die Wartezeit am Schlachthof, die zwischen den einzelnen Abteilen erheblich differierte, als auch Mastverfahren und Versuchsgruppe eingeführt wurden. Die Auswertung der Datensätze 13.-18. wurde mittels ordinaler Regression durchgeführt. Zusätzlich zum Lichtprogramm wurde bei der Untersuchung der Inzidenz der Pododermatitis als wesentlicher Einflussfaktor die Anzahl der Kokzidienoozysten pro Gramm Kot an den Masttagen 18 und 25 in die Analyse mit aufgenommen. Der Vergleich der mittleren Mastendgewichte erfolgte nach Mastverfahren getrennt mittels ANOVA unter Berücksichtigung sowohl des Alters der Tiere als auch der jeweiligen Versuchsgruppe, die Parameter 20. bis 31. wurden analog zu den Parametern 1.-12. ausgewertet.

Zur Bestimmung des Stressniveaus unter dem die Tiere standen, wurden Kotproben gesammelt und deren Gehalt an immunreaktiven Corticosteronmetaboliten nach der von Rettenbacher et al. (2004) beschriebenen Methodik mittels EIA bestimmt. Die Probennahme erfolgte ebenfalls an den Masttagen 7 – 14 – 21 – 24 – 30 – 35, jeweils am Morgen, zwei Stunden nach Abschluss der Servicezeit.

Die erhobenen Daten wurden mittels T-Test auf Signifikanz der Unterschiede nach Tagen getrennt getestet.

3.2.1.4 Kontrollparameter

Über den gesamten Verlauf eines Mastdurchganges wurden Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Enthalpie laufend aufgezeichnet. Hierzu wurden kapazitative Feuchtefühler (FHA646-E1; Fa. Ahlborn, Holzkirchen) verwendet, die an einen Datenlogger angeschlossen waren (Details hierzu siehe 3.2.1.2 Steuerungsgrößen).

Eine detaillierte Zeitplanung der Abläufe während eines Mastdurchganges ist im Anhang unter 10.7 Untersuchungsablauf während eines Mastdurchganges zu finden.

3.2.2 Ergebnisse

3.2.2.1 Steuerungsgrößen

3.2.2.1.1 Lichtintensität

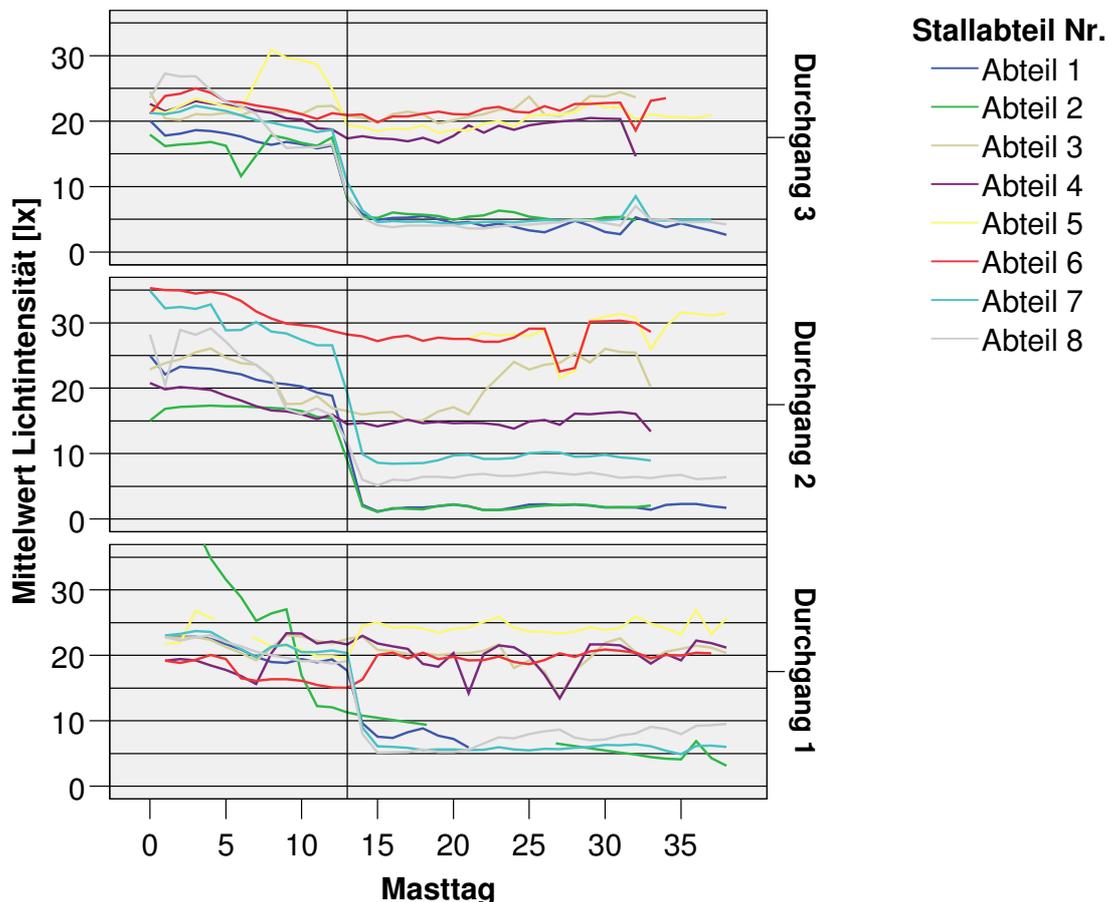


Abbildung 40: Dauermessung Lichtintensität alle Durchgänge

Wie obige Abbildung zeigt, konnte in allen Mastdurchgängen eine klare Unterteilung in eine Gruppe „Hell / 20 lx“ sowie eine Gruppe „Dunkel / 5 lx“ vorgenommen werden. Dabei streuten die gemessenen Lichtintensitäten jedoch beträchtlich, sowohl innerhalb der Gruppe als auch über den zeitlichen Ablauf des gesamten Mastdurchganges gesehen.

Der senkrechte Strich bezeichnet den Tag 13, an dem die Reduktion der Lichtintensität von 20 auf 5 lx vorgenommen wurde.

Wie aus obiger Graphik ersichtlich ist, endeten die Aufzeichnungen mehrerer Abteile am Tag der ersten Ausstellung oder kurz danach. Dieses Problem bestand während aller drei Versuchsdurchgänge. Die Ursache hierfür konnte nicht geklärt werden.

3.2.2.1.2 UVA-Anteil der Beleuchtung

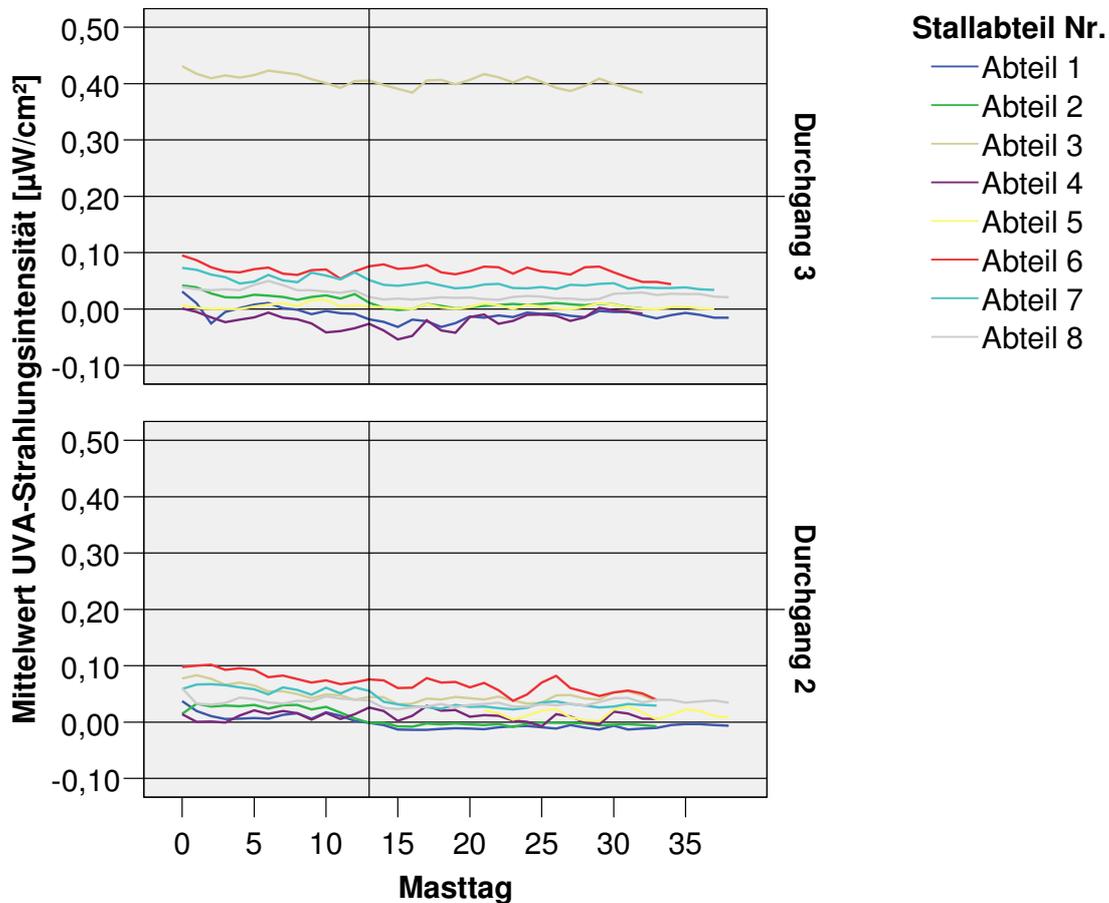


Abbildung 41: Dauermessung UVA-Strahlung Durchgänge 2 & 3

Die Abbildung 41 zeigt, dass über den Zeitraum, in dem gemessen wurde, in allen Stallabteilen eine einheitliche UVA-Intensität herrschte, deren Wert nahe 0 lag, unabhängig davon, ob es sich um ein Abteil aus der 20 lx-Gruppe oder der 5 lx-Gruppe handelte. Eine Schwankung von $\pm 0,02 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ liegt im Bereich der Unschärfe des Messgerätes. Ein Ausreißer ist im Durchgang 3 bei Abteil 3 zu erkennen. Aller Wahrscheinlichkeit handelt es sich hierbei um die Folge einer fehlerhaften Nullsetzung des empfindlichen Sensors vor Beginn der Messungen, da der Verlauf parallel zu den der anderen Stallabteile ist und der gleiche Sensor im vorhergehenden Durchgang unter gleichen Bedingungen und im gleichen Stallabteil Werte um die $0 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ausgab.

3.2.2.2 Zielgrößen

3.2.2.2.1 Auswirkungen auf das Auge

Bevor weitergehende Untersuchungen durchgeführt wurden, wurde die Differenz der Werte des für linkes und rechtes Auge ermittelten IOP gebildet. Wie Abbildung 42 zeigt, betrug der Median dieser Differenz 0, so dass davon auszugehen ist, dass mit hinreichender Genauigkeit gemessen wurde und keine systematischen Fehler bei der Ermittlung der Werte auftraten.

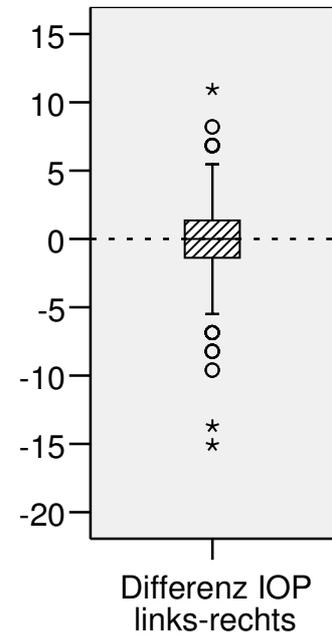


Abbildung 42:
Differenz IOP OS-OD

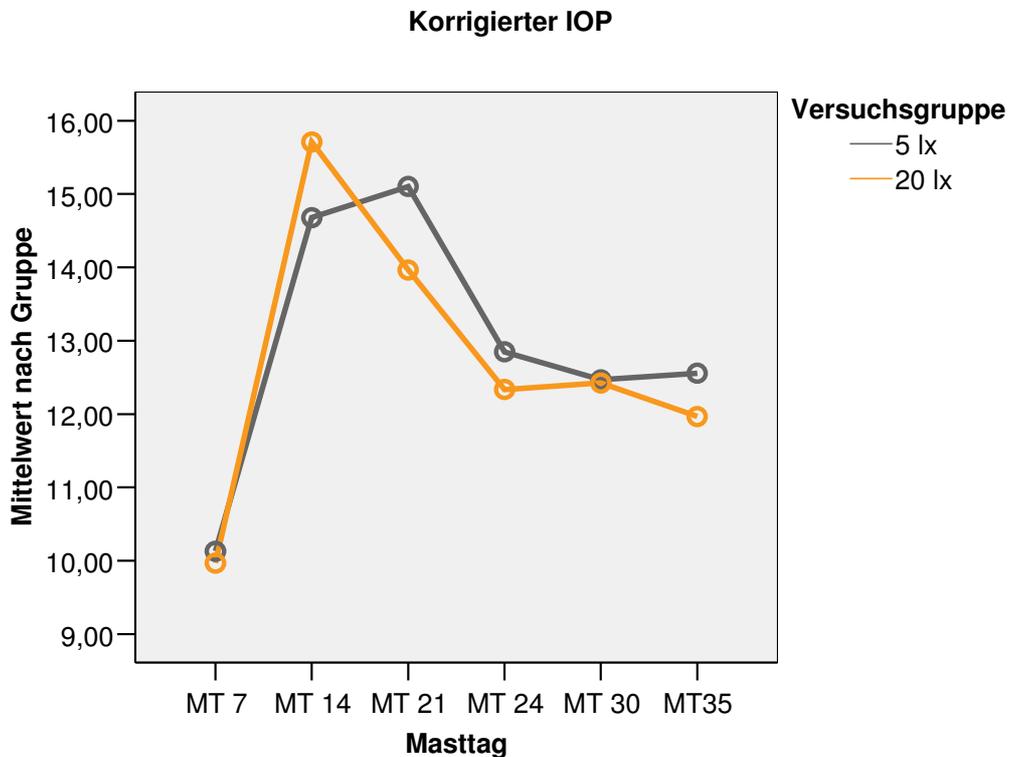


Abbildung 43: Verlauf IOP

Der über die Zeit geplottete Mittelwert des Augeninnendruckes, getrennt nach Versuchsgruppen (dargestellt in Abbildung 43) zeigt, dass sich die Verläufe des IOP stark ähnelten, wobei der initiale Anstieg in der 20 lx-Gruppe deutlicher ausfiel, als der in der 5 lx-Gruppe. Die Unterschiede zwischen den Kurven waren signifikant. Zwischen Tag und Gruppe bestanden Interaktionen, Tag und Gruppe waren als Einflussfaktoren signifikant (ANOVA; Tag*Gruppe, $p = 0,001$; Tag, $p < 0,01$; Gruppe, $p = 0,104$; $n = 1275$).

Im Boxplot (Abbildung 44) ist zu erkennen, dass die Werte eine erhebliche Streuung aufwiesen. An allen Masttagen lag der Median der in beiden Gruppen gemessenen Werte innerhalb des aus der Literatur berichteten Maximums der zirkadianen Schwankungen von 18 mmHg (SCHMID et al. 2003). Der von Lauber und Kivett (1981) ermittelte untere Grenzwert des Normalbereichs von 8,5 mmHg wurde in Einzelfällen unterschritten, sowohl Median als auch Mittelwerte lagen jedoch darüber.

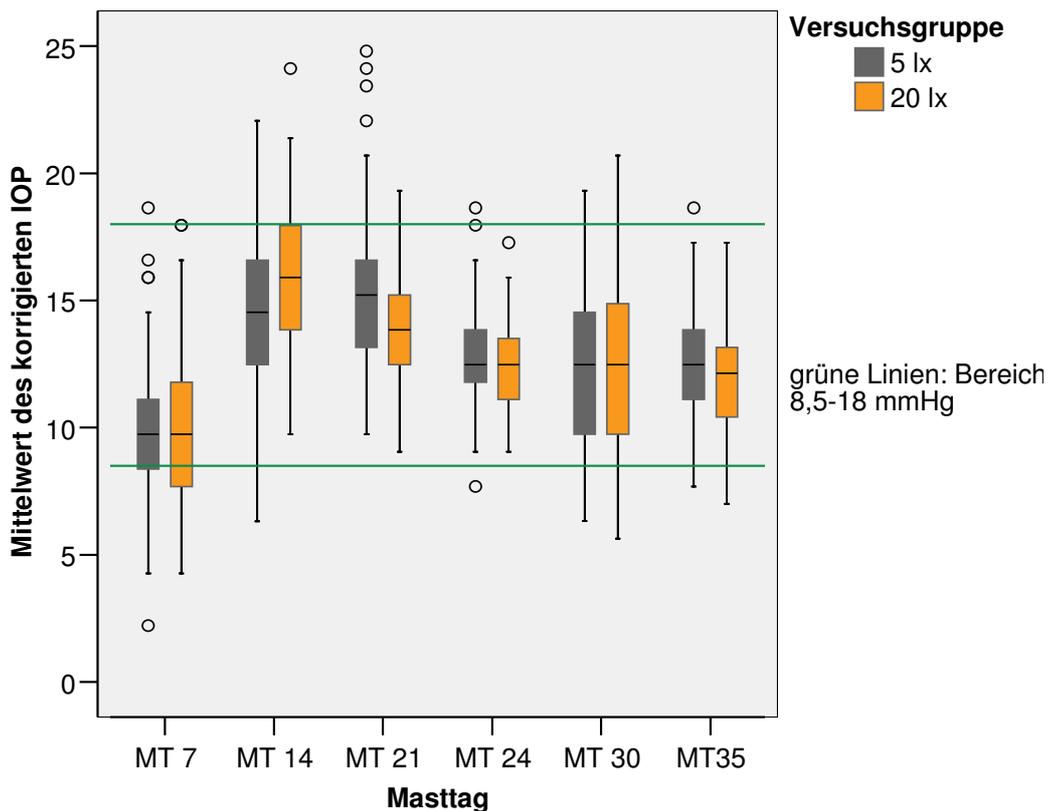


Abbildung 44: IOP über Zeit nach Gruppen

Was die Augenmaße angeht, so ließ sich in der Gruppe der früher geschlachteten Tiere (Rausfangmast / „thinning out“) kein signifikanter Unterschied in den Maßen der Augen darstellen. Bei der zweiten Schlachtung jedoch zeigte sich, dass die Augen

der Tiere, die in den helleren Abteilen gehalten worden waren, signifikant kleiner waren, als die der Tiere, die unter 5 lx gehalten worden waren. Die Details hierzu finden sich in untenstehender Tabelle 8.

	Gemessener Parameter*	Mittelw. 5 lx	Stabw. 5 lx	Mittelw. 20 lx	Stabw. 20 lx	Mittlere Differenz 5lx-20 lx	p**	n
Normalmast	Äquatorialer DM Auge dv**	16,430	0,703	16,401	0,664	0,029	0,801	147
	Äquatorialer DM Auge nt	16,195	0,710	16,161	0,639	0,034	0,765	
	DM Cornea	7,246	0,301	7,304	0,268	-0,059	0,214	
	Axiale Länge Auge	12,556	0,651	12,473	0,531	0,084	0,406	
	Vorderkammertiefe	1,582	0,325	1,566	0,270	0,016	0,747	
	Axiale Länge Bulbus	10,974	0,664	10,907	0,549	0,067	0,514	
	Gewicht Auge [g]	1,611	0,189	1,619	0,162	-0,007	0,807	
Schwermast	Äquatorialer DM Auge dv	17,423	0,729	17,080	0,769	0,342	< 0,001	420
	Äquatorialer DM Auge nt	17,016	0,630	16,809	0,663	0,207	0,001	
	DM Cornea	7,606	0,292	7,483	0,299	0,124	< 0,001	
	Axiale Länge Auge	13,032	0,629	12,768	0,529	0,264	< 0,001	
	Vorderkammertiefe	1,557	0,334	1,482	0,289	0,075	0,014	
	Axiale Länge Bulbus	11,476	0,562	11,287	0,528	0,189	< 0,001	
	Gewicht Auge [g]	1,910	0,209	1,820	0,195	0,089	< 0,001	

* (alle Werte [mm] falls nicht anders angegeben)

** fett gedruckt: $p \leq 0,05$, Unterschied signifikant

Tabelle 8: Ergebnisse Augenmaße T-Test

3.2.2.2.2 Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Augengesundheit

Im Verlauf des Screeningparameters Augengesundheit über die Zeit konnte zwischen den Versuchsgruppen ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Bei genauerer Betrachtung der Werte zeigte sich jedoch, dass diese Differenz sehr gering ausgeprägt war. Zudem wiesen die ermittelten Werte eine erhebliche Streuung auf.

Sowohl Median als auch Mittelwert des Augeninnendruckes lagen innerhalb der aus dem Schrifttum ermittelten biologischen und entwicklungsbedingten Schwankungsbreite.

Zum Zeitpunkt der ersten Schlachtung konnte im Hinblick auf die Augenmaße kein signifikanter Größenunterschied des Sehorganes nachgewiesen werden. Zum Zeitpunkt der zweiten Schlachtung ergab sich jedoch ein anderes Bild, sämtliche okuläre Dimensionen der unter 5 lx gehaltenen Tiere waren signifikant vergrößert. Details finden sich in obenstehender Tabelle 8. Wie bereits beim intraokulären Druck war auch hier die Differenz zwischen den Gruppen trotz hoher Signifikanz gering.

3.2.2.2.3 Verhalten

Die ermittelten Werte der Anteile verschiedener Funktionskreise am gesamten Zeitbudget der Tiere sind in untenstehenden Boxplots aufgeführt. Masttage, an denen sich die beobachteten Verhaltenshäufigkeiten signifikant unterschieden, sind mit einem Sternchen gekennzeichnet. „Anderes Verhalten“ wurde nur in wenigen Einzelfällen an Tag 7 verzeichnet und daher nicht in diese graphische Auswertung miteinbezogen.

Der Test auf Normalverteilung zeigte, dass die Verhaltensmerkmale mehrerer Funktionskreise nicht normalverteilt waren, so dass zur Auswertung der Verhaltensparameter als nichtparametrischer Test der Mann-Whitney U-Test herangezogen wurde. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

MT	n		Ruhe	Futter- aufnahme	Wasser- aufnahme	Aktiv	Komfort	Aggressiv	Exploration
7	279	Z	-0,934	-0,943	-2,428	-2,432	-1,401	-0,827	-0,670
		p	0,350	0,346	0,015	0,015	0,161	0,408	0,503
14	285	Z	-0,834	-0,231	-1,829	-2,855	-1,187	-0,328	-2,652
		p	0,399	0,818	0,067	0,004	0,235	0,743	0,008
21	235	Z	-2,962	-2,472	-3,015	-1,670	-1,162	-0,407	-0,936
		p	0,003	0,013	0,003	0,095	0,245	0,684	0,349
24	171	Z	-2,378	-2,770	-0,865	-1,931	-2,035	-0,820	-0,731
		p	0,017	0,006	0,387	0,053	0,042	0,412	0,465
30	256	Z	-0,177	-0,666	-1,130	-1,293	-0,432	-0,939	-0,450
		p	0,860	0,505	0,259	0,196	0,666	0,348	0,653
35	252	Z	-1,467	-0,373	-0,872	-2,927	-0,773	-0,269	-0,474
		p	0,142	0,709	0,383	0,003	0,440	0,788	0,636

fett gedruckt: Unterschied signifikant, $p \leq 0,05$

Tabelle 9: Ergebnisse Mann-Whitney U-Test Verhalten

In der Gruppe der Tiere, die unter 20 lx gehalten wurden, war an den Masttagen 21 und 24, verglichen mit den Tieren unter 5 lx, ein signifikant geringerer Anteil des Ruheverhaltens, definiert als Sitzen, Liegen und Ruhen, am gesamten Time-budget zu erkennen. Dieser Unterschied bestand in der Tendenz auch im weiteren Verlauf der Mast, war aber nicht mehr signifikant. Bei der Futteraufnahme zeigte sich ein inverses Bild, die Tiere unter dem LP1 mit 20 lx waren an den Masttagen 21 und 24 signifikant öfter bei der Futteraufnahme zu beobachten, als die Tiere unter dem LP2. Dies war für den Masttag 21 auch für die Wasseraufnahme zu erkennen, jedoch war bei diesem Verhalten ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen auch am

Masttag 7 zu erkennen, also noch während die Tiere einem einheitlichen Lichtprogramm ausgesetzt waren.

Beim aktiven Verhalten, als Zusammenfassung von Stehen, Gehen, Laufen war am Masttag 14 der Anteil der Tiere, die dieses an den Tag legten, unter 20 lx ebenfalls signifikant höher als unter 5 lx. Das gleiche Ergebnis erbrachte die Auswertung der Aufzeichnungen von Tag 35. Allerdings konnte hier ebenfalls am Tag 7 ein signifikanter Unterschied beobachtet werden.

Im Komfortverhalten war lediglich am Tag 24 ein signifikanter Unterschied zu erfassen, ansonsten waren bei diesem Funktionskreis nahezu identische Werte zu erheben. Dies gilt auch für aggressives Verhalten, bei dessen Expression über den gesamten Verlauf der Mast keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen zu erkennen waren. Wie in Abbildung 50 zu erkennen ist, konnte es vor allem in den ersten drei Wochen der Mast beobachtet werden, danach trat es nurmehr vereinzelt auf.

Beim Erkundungsverhalten, zusammengefasst aus Scharren und Picken in Einstreu, Picken an Gegenständen der Stalleinrichtung und Picken in Einstreu ohne Scharren, war am Tag 14 zu erkennen, dass die Tiere unter LP1 dieses signifikant öfter zeigten.

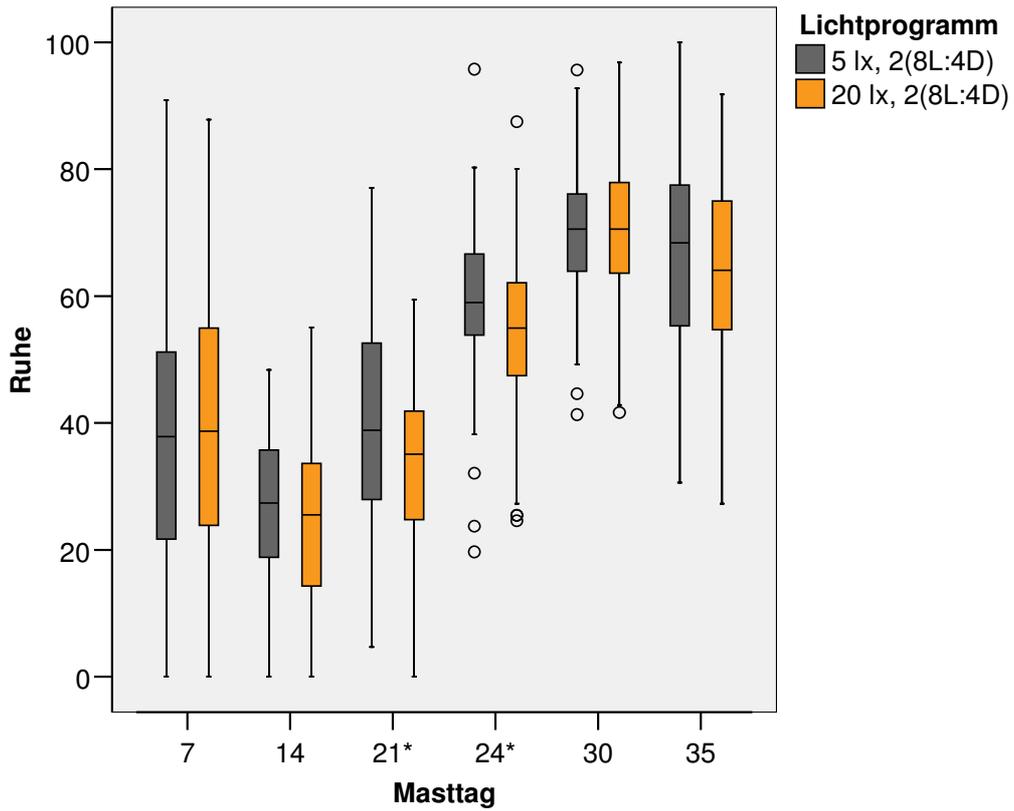


Abbildung 45: Ruheverhalten

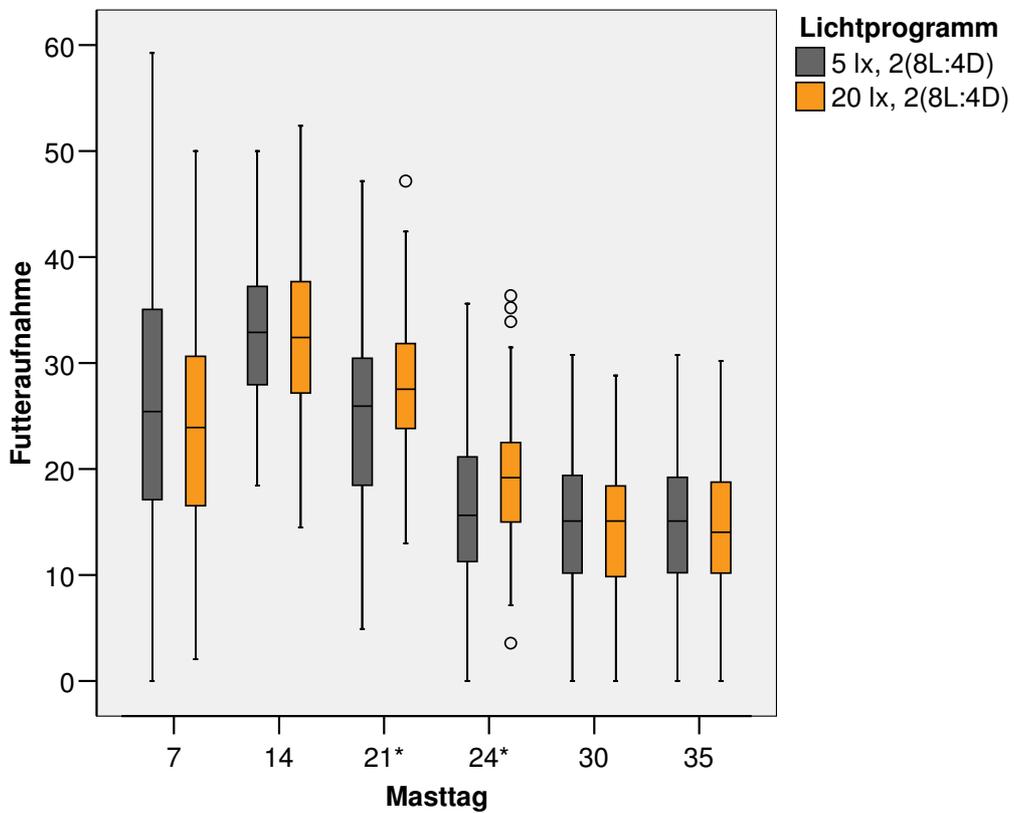


Abbildung 46: Futteraufnahmeverhalten

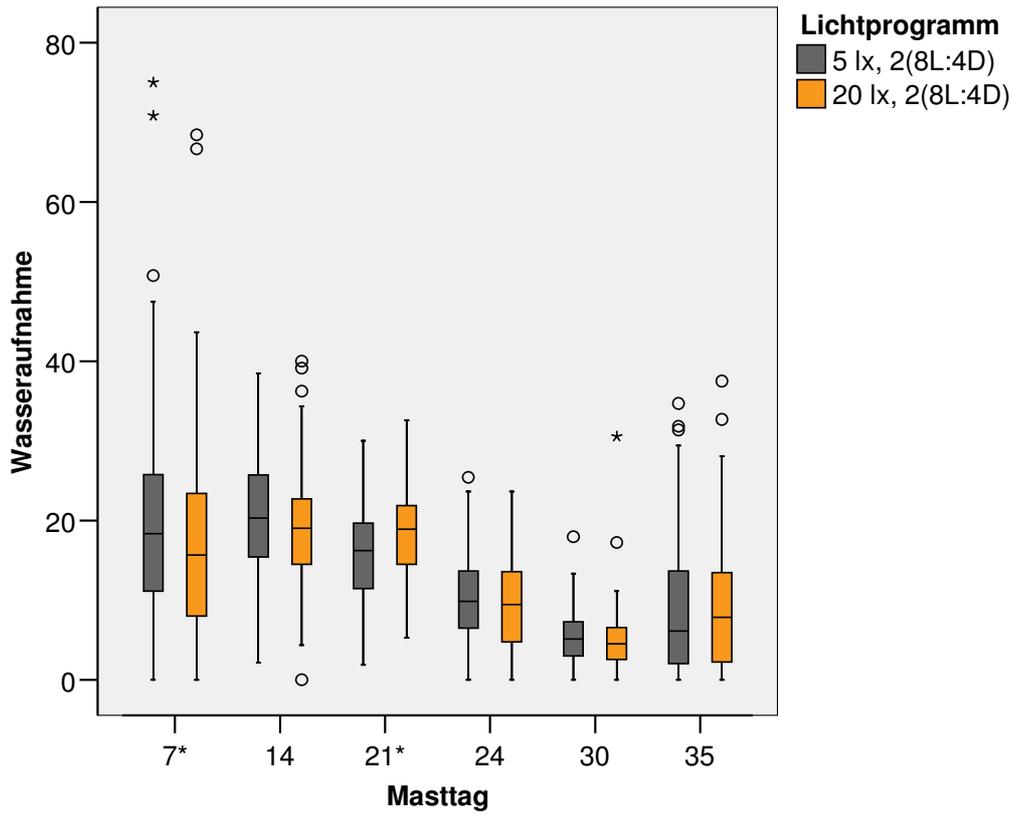


Abbildung 47: Wasseraufnahme

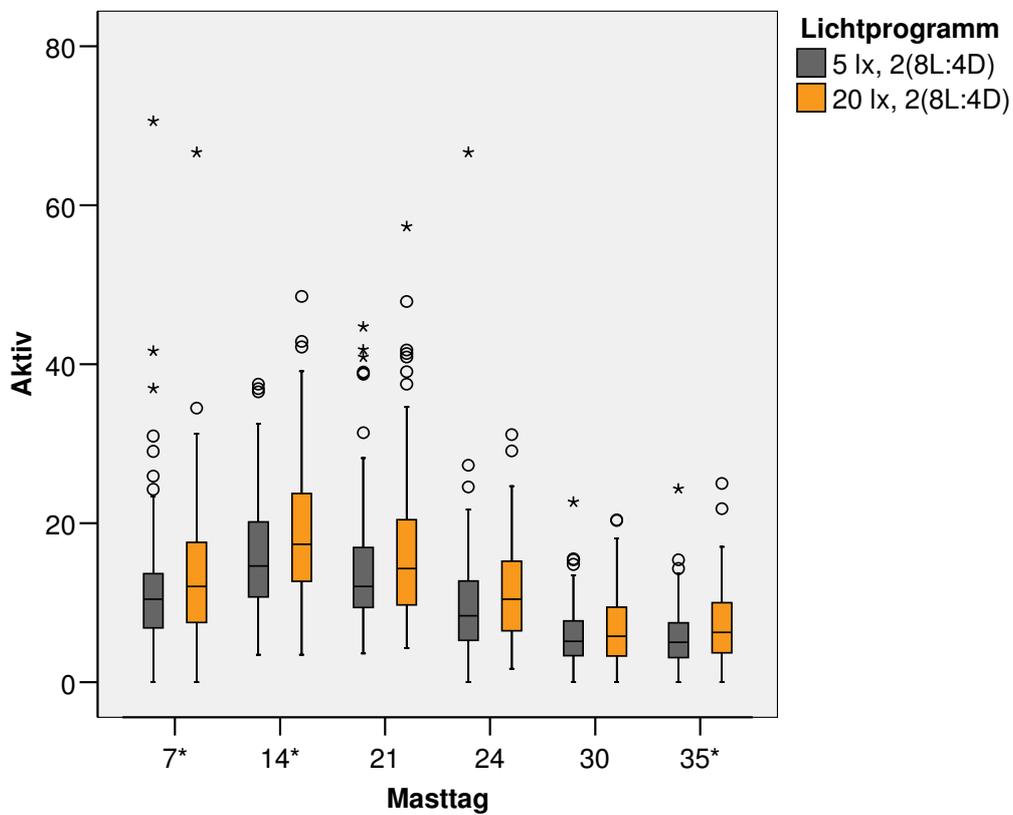


Abbildung 48: Aktives Verhalten (Lokomotion, Stehen)

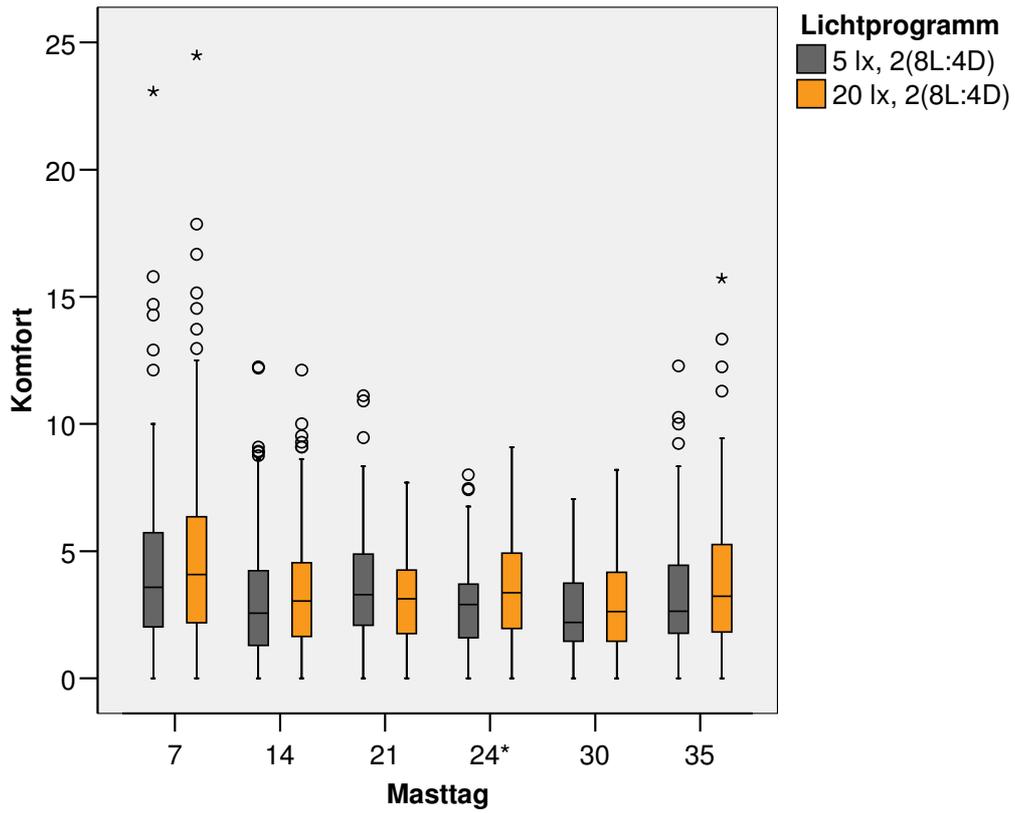


Abbildung 49: Komfortverhalten

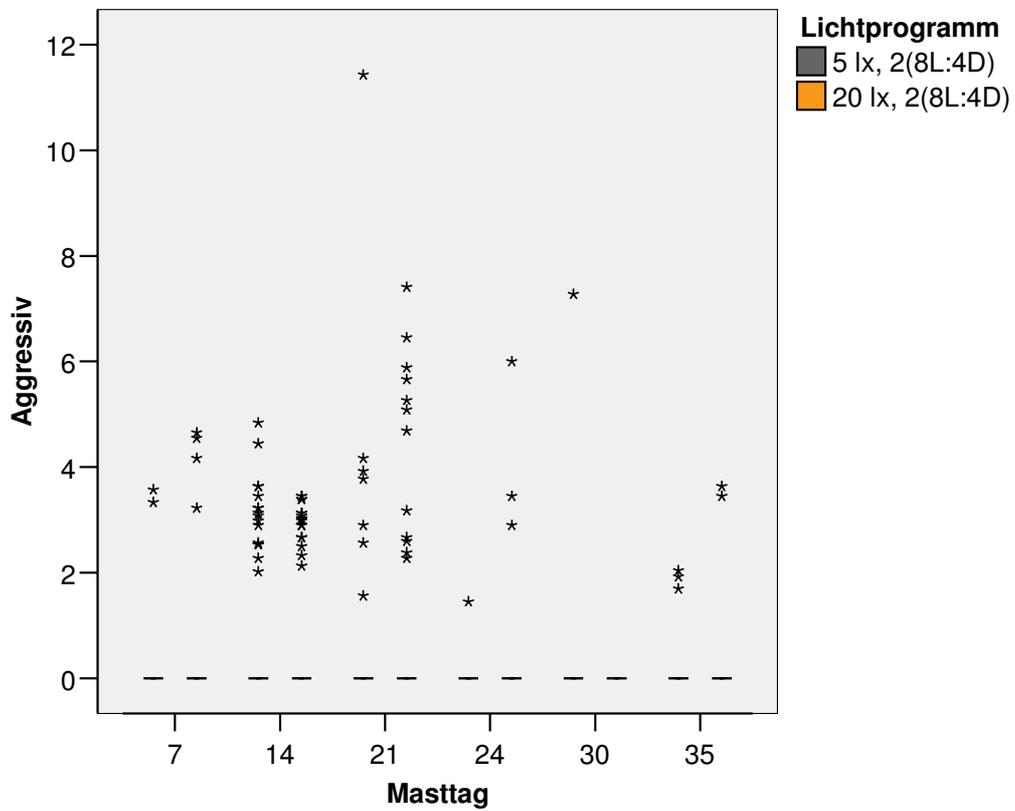


Abbildung 50: Aggressives Verhalten

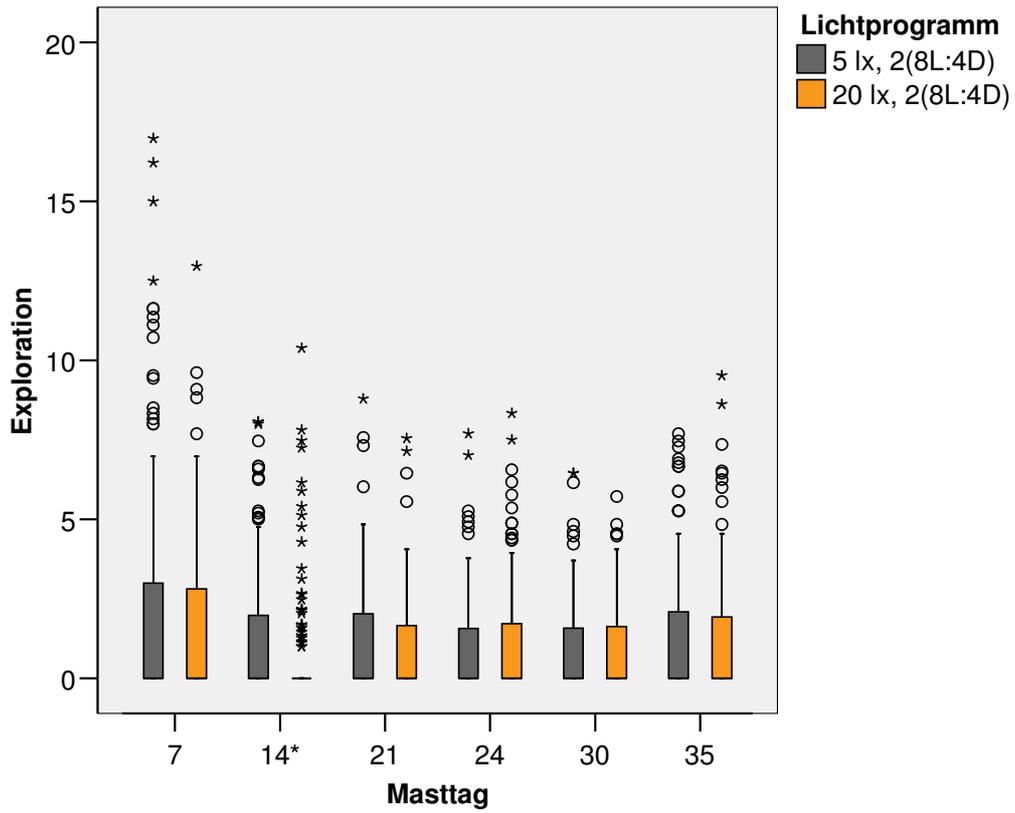


Abbildung 51: Erkundungsverhalten

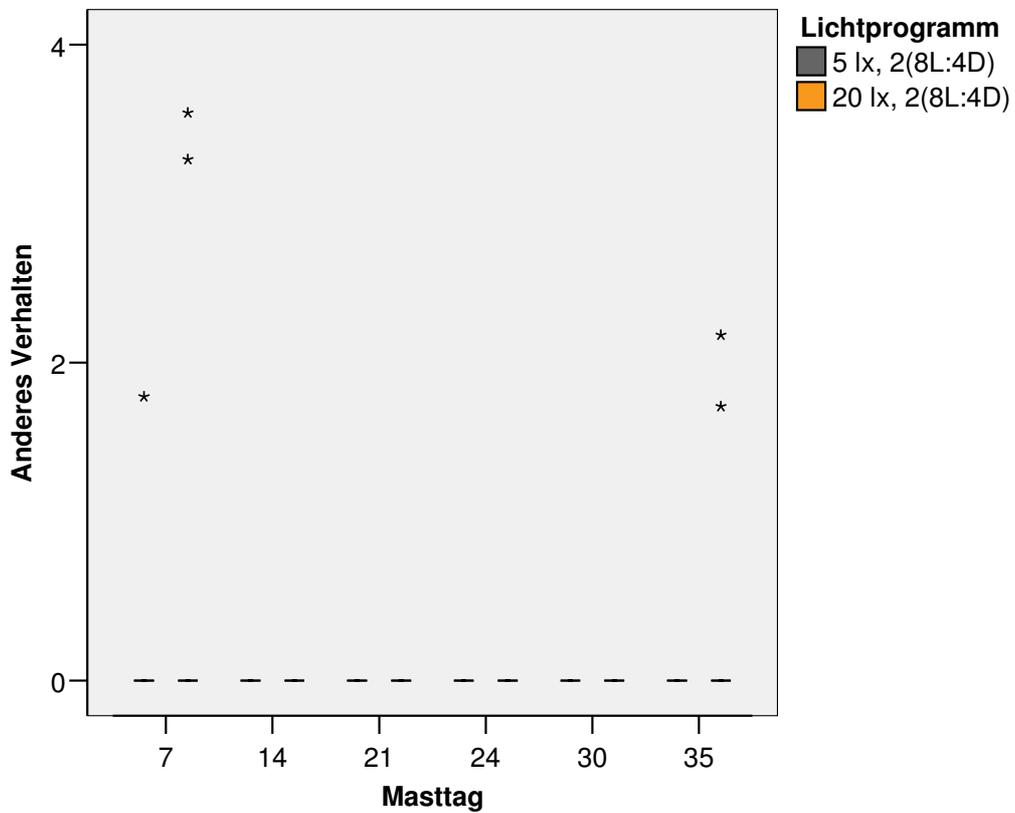


Abbildung 52: Anderes Verhalten

Betrachtet man den Anteil der einzelnen Verhaltensweisen über die Zeit (dargestellt in Abbildung 53), ist klar zu erkennen, dass Ruhen bereits zu Beginn der Mast das am häufigsten beobachtete Verhalten darstellte, ab der dritten Woche deutlich ansteigend von ca. 30 % auf bis zu 60 % und mehr der gesamten Zeit. Ab dem zweiten Drittel der Mastperiode von ca. 5 Wochen verdrängte das Verhalten dieses Funktionskreises progressiv andere Verhaltensmuster. Bei der Auswertung des Masttages 35 zeigte sich wieder ein leichter Rückgang gegenüber dem Tag 30, bedingt durch einen relativ höheren Anteil der Wasseraufnahme am Time-budget.

Ebenfalls von großer Bedeutung waren Futter- und Wasseraufnahme, erstere besonders an Tag 14, wo sie mit über 20 % der Zeit sogar den Anteil des Ruhens überstieg. Im weiteren Verlauf trat die Wasser- allerdings gegenüber der Futteraufnahme deutlich in den Hintergrund.

Aktives Verhalten war verstärkt an den Masttagen 14 und 21 zu beobachten, danach ging der relative Anteil dieses Funktionskreises deutlich zurück.

Komfort- und Erkundungsverhalten waren im gesamten Verlauf der Beobachtungen relativ konstant und bewegten sich zusammengefasst im Bereich von unter 5 %.

Anteilmäßig unbedeutend für das gesamte Zeitbudget waren Aggression und Anderes Verhalten, also Verhalten, das keinem der genannten Funktionskreise zugeordnet werden konnte.

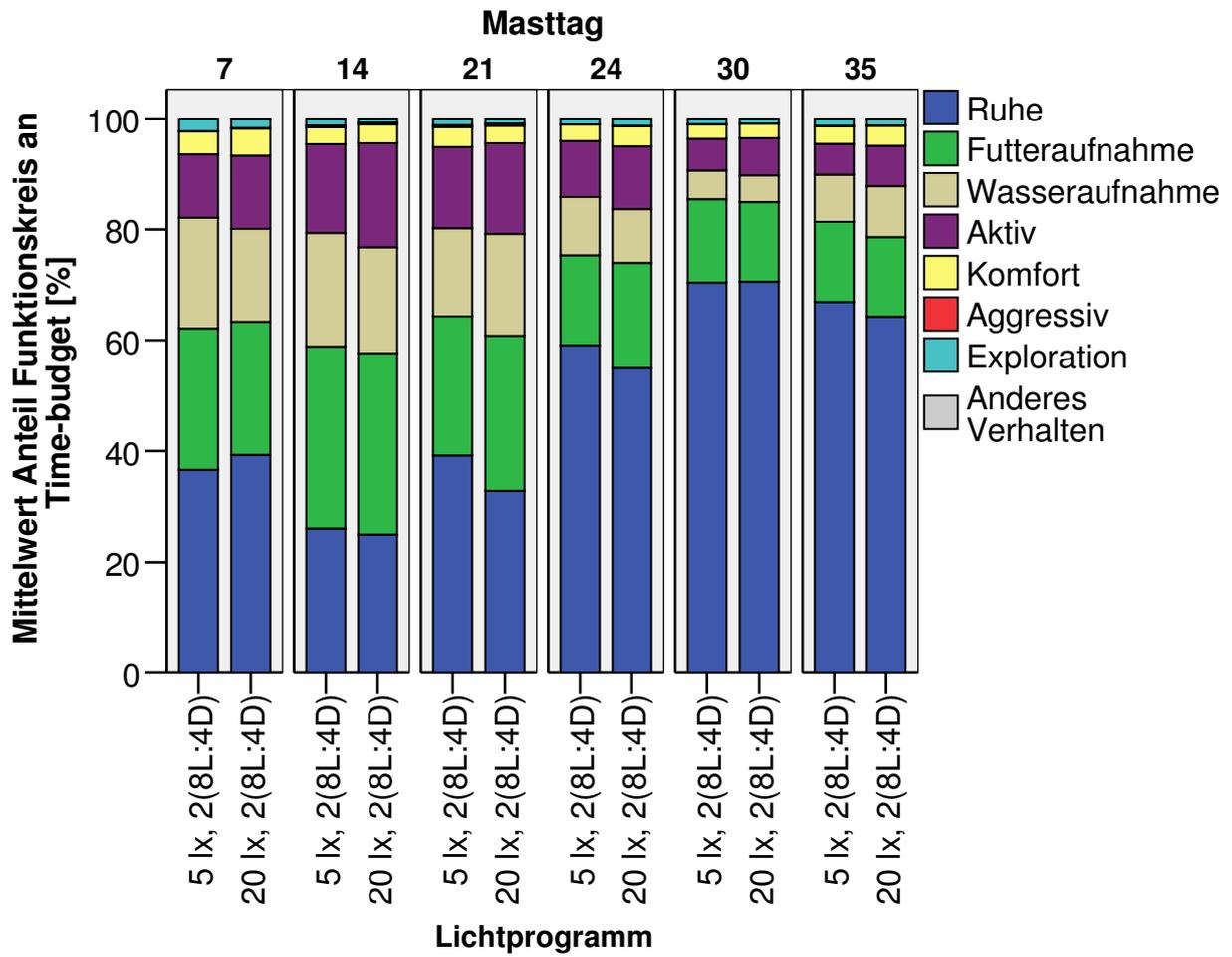


Abbildung 53: Verhalten über die Zeit

3.2.2.2.4 Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Verhalten

Zwischen den Versuchsgruppen konnten in allen erfassten Funktionskreisen – ausgenommen Aggressives Verhalten sowie Anderes Verhalten – signifikante Unterschiede ermittelt werden. Im Einzelnen stellten sich diese folgendermaßen dar:

- ▶ Ruheverhalten war an den MT 21 und 24 unter 5 lx öfter zu beobachten.
- ▶ Aktives Verhalten trat an den MT 7, 14 sowie 35 unter 20 lx häufiger auf.
- ▶ Futteraufnahme konnte an den MT 21 und 24, Wasseraufnahme an den MT 7 und 21 unter 20 lx häufiger beobachtet werden.
- ▶ Komfortverhalten zeigten die Tiere am MT 24 öfter unter 20 lx.
- ▶ Verhalten des Funktionskreises Exploration war am MT 14 unter 20 lx in signifikant häufigerem Umfang zu beobachten.

Insgesamt zeigte sich in der unter hellerem Licht gehaltenen Gruppe eine Tendenz zu verstärkter Expression verschiedener Aktivitäten (Lokomotion, Stehen, Futter- und Wasseraufnahme, Komfort- und Explorationsverhalten) während des Beobachtungszeitraumes. Passives Verhalten (Ruhem, Aufbaumen) hingegen war häufiger unter 5 lx zu beobachten. Signifikante Unterschiede konnten tendenziell zwischen der zweiten und vierten Mastwoche ermittelt werden.

Bereits vor der Umstellung der Gruppe 2 von 20 lx auf 5 lx wurden signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen beobachtet (Wasseraufnahme, Aktives Verhalten).

3.2.2.2.5 Stressstatus

Die statistische Auswertung mittels T-Test, getrennt nach Probennahmetagen, ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen an den Masttagen 7 bis 30. Am Tag 35 unterschieden sich die gemessenen Wert in signifikantem Ausmaß (siehe untenstehende Abbildung 54; Tag 35 mit * markiert). Über die gesamte Mastdauer summiert ist die Differenz von 20 lx auf 5 lx hochsignifikant.

Die gemessenen Werte können wie folgt tabellarisch zusammengefasst werden:

Masttag der Probennahme	Mittelw. 5 lx	Stabw. 5 lx	n 5 lx	Mittelw. 20 lx	Stabw. 20 lx	n 20 lx	T-Test p
7	332,64	163,14	60	288,55	153,38	60	0,130
12	339,36	170,24	60	356,92	154,03	60	0,555
14	388,94	187,57	60	355,69	161,86	60	0,301
21	401,75	259,41	60	452,33	221,14	60	0,253
24	526,88	486,83	40	387,15	218,18	40	0,103
30	391,71	281,89	60	322,91	190,02	60	0,120
35	322,80	219,72	60	243,32	131,98	60	0,018
Gesamt	379,27	262,25	400	341,67	186,29	400	< 0,001

fett gedruckt: Unterschied signifikant, $p \leq 0,05$

Tabelle 10: Deskriptive Statistik Corticosteronmetaboliten im Kot

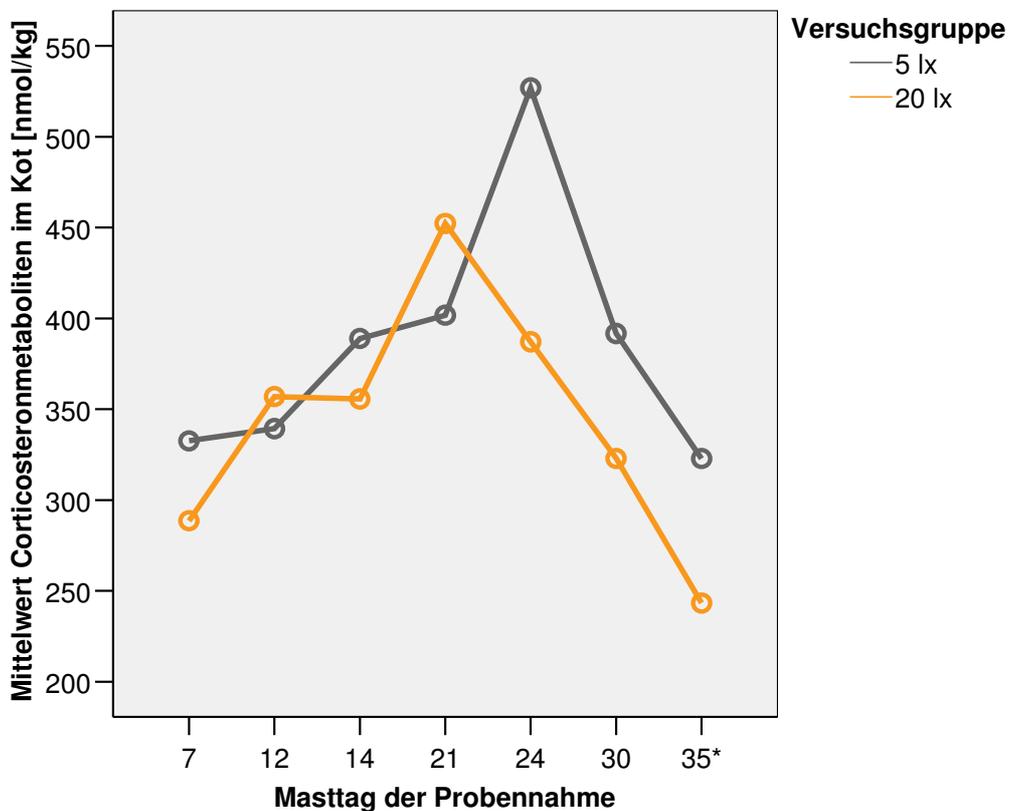


Abbildung 54: Verlauf Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe

In obenstehender Abbildung 54 ist zu sehen, dass die Ausscheidung immunreaktiver Corticosteronmetaboliten über die Zeit in beiden Gruppen einem ähnlichen Muster folgte. Dabei ist in der Graphik in der 5 lx-Gruppe ein tendenziell höherer Mittelwert ab dem Masttag 24 zu erkennen.

Die Graphen zeigen an den Tagen 7 und 12 Werte von ca. 300-350 nmol/kg Kot. Am Tag 14, also ca. 24 Stunden nach der Umstellung des Lichtregimes in den dunklen Stallabteilen, kehren sich diese Verhältnisse um, am Masttag 21 wurden in der Gruppe unter 20 lx wiederum höhere Werte gemessen. Fortan jedoch konnte eine Differenz von in etwa 100 nmol/kg Kot über den verbleibenden Verlauf der Mast gemessen werden. Dabei schieden die Tiere unter 5 lx stets mehr Corticosteron aus als diejenigen in der helleren Versuchsgruppe.

Am Masttag 21 war bei den Tieren, die dem Lichtprogramm mit 20 lx unterworfen waren, ein deutlicher Anstieg der Corticosteronausscheidung zu erkennen. Ab dem 24. Tag verliefen die Graphen parallel und fielen auf das Ausgangsniveau von ca. 250-350 nmol/kg Kot ab.

Eine differenziertere Darstellung ist im Boxplot möglich (siehe Abbildung 55). An den Tagen 7 und 12 waren die Lage- und Streuungsmaße sehr ähnlich, am Tag 14 war bei den Proben aus den dunklen Stallabteilen eine geringgradig höhere Streuung zu beobachten als bei denjenigen aus den hellen Abteilen. Gleiches galt für die Masttage 24 und 35. Dieses Bild wird jedoch in dieser Darstellung von den Werten des Masttags 21 durchbrochen, an dem sowohl der Median der Werte aus der 20 lx-Gruppe deutlich höher lag als auch 25. und 75. Perzentil dieser Werte erheblich weiter gespreizt waren. Im Übrigen spiegelten die Lagemaße den bei Abbildung 54 geschilderten Verlauf wieder.

Betrachtet man die Ausscheidung der immunreaktiven Corticosteronmetaboliten getrennt nach Mastdurchgängen, so zeigen sich Details, die aus den summierenden Darstellungen über alle Mastdurchgänge nicht hervorgehen (siehe Abbildung 56 bis Abbildung 58): Im Durchgang 1 war ab dem Masttag 21 in den 5 lx-Abteilen ein geringgradig höherer Median der Werte bei ähnlicher Streuung zu messen, im Durchgang 3 ab dem Tag 21 ein höherer Median sowie eine höhere Streuung ab dem Tag 14. Durchgang 2 hebt sich dahingehend von diesen Durchgängen ab, dass am Tag 21 in beiden Versuchsgruppen eine gegenüber den anderen Abteilen extrem erhöhte Streuung gemessen wurde, der Median der Werte lag in der 20 lx-Gruppe

bei ca. 1000 nmol/kg Kot, in der 5 lx-Gruppe bei etwa 500, das 75. Perzentil in der dunklen Gruppe bei ca. 1200 nmol/kg Kot, in der hellen Gruppe sogar knapp unter 1500 nmol/kg Kot.

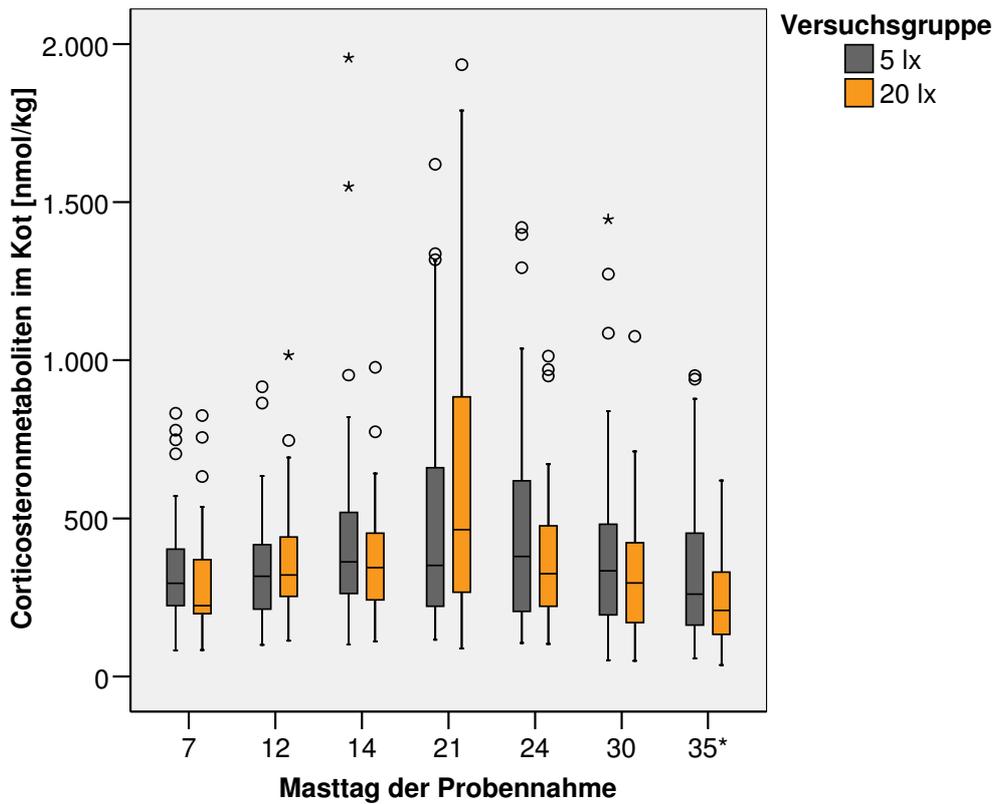


Abbildung 55: Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe alle DG

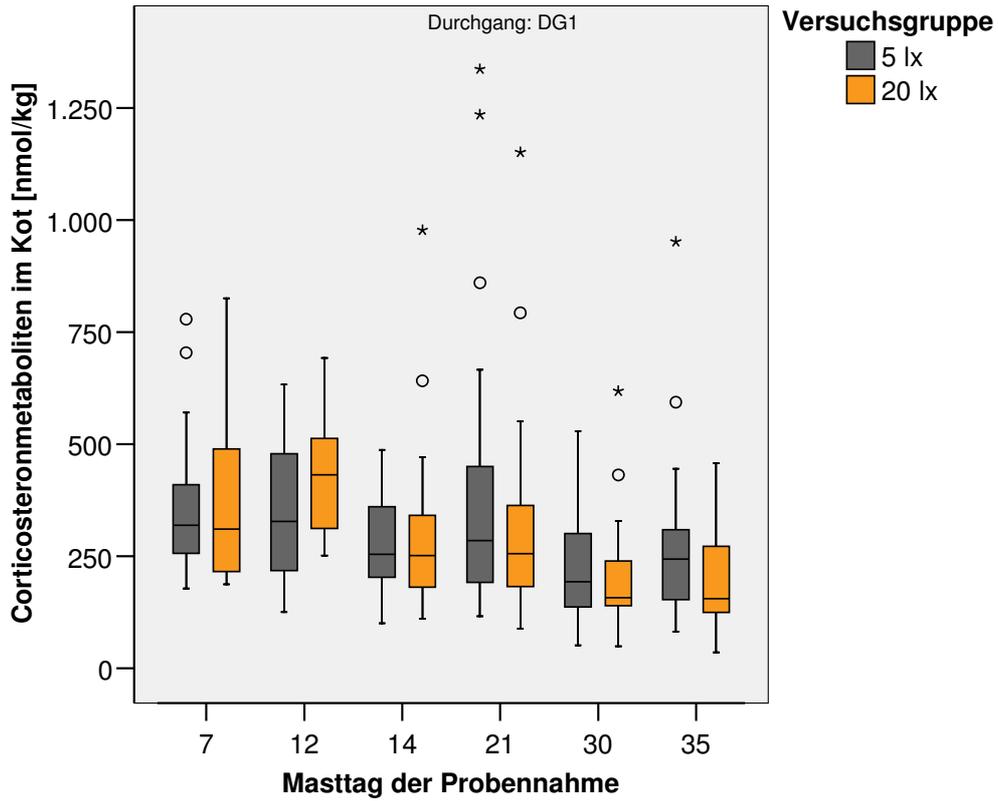


Abbildung 56: Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe DG1

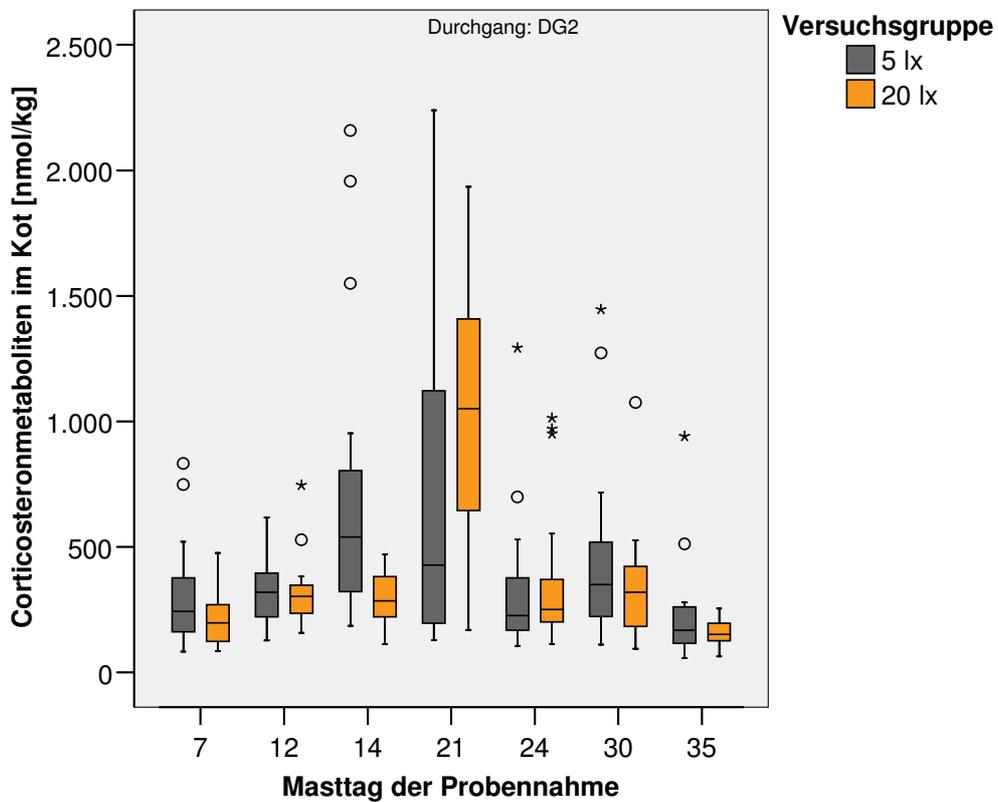


Abbildung 57: Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe DG2

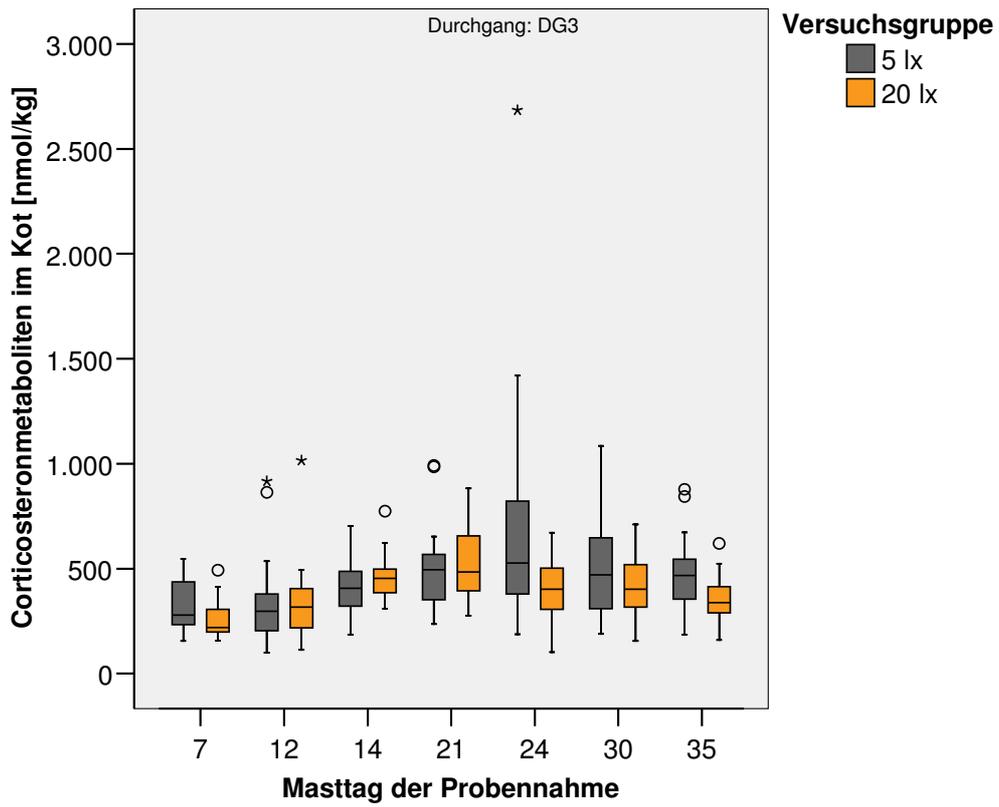


Abbildung 58: Ausscheidung Corticosteronmetaboliten nach Gruppe DG3

3.2.2.2.6 Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Stressstatus

Die Ausscheidung immunreaktiver Corticosteronmetaboliten wurde an den Masttagen 7-12-14-21-24-30-35, also jeweils vor und nach Umstellungen im Lichtprogramm, gemessen. Die Auswertung der Daten ergab, dass vor der Umstellung der Lichtprogramme am Tag 13 keine signifikanten Differenzen zwischen den Versuchsgruppen nachzuweisen waren. Nach der Umstellung der Gruppe 2 auf Licht von geringer Intensität konnte erst am Masttag 35 ein signifikant höherer Wert in den Abteilen dieser Gruppe gemessen werden.

Betrachtet man die gemessenen Werte im Profil über die Zeit (Abbildung 54), bestand bis zum Ende der dritten Lebenswoche der Tiere kein klarer Unterschied zwischen den Gruppen. Danach jedoch fanden sich die Werte der zu diesem Zeitpunkt unter 5 lx gehaltenen Tiere auf einem durchgehend höheren Niveau, wobei der Unterschied der Werte jedoch nur am Masttag 35 signifikant war.

Die Aufschlüsselung der Werte nach Mastdurchgang zeigt, dass hinsichtlich der Menge der ausgeschiedenen Corticosteronmetaboliten deutliche Unterschiede zwischen den Durchgängen bestanden. Insbesondere im zweiten Mastdurchgang bestand eine erhebliche Streuung in den ermittelten Werten, die in den anderen Mastdurchgängen so nicht zu erkennen war.

3.2.2.2.7 Leistungsdaten

3.2.2.2.7.1 Gewichtsverteilung

Die in der Wiegelinie des Schlachtbandes automatisch erfassten Einzelgewichte der Tiere sind nach Versuchsgruppe getrennt in Abbildung 59 sowie in Abbildung 60 dargestellt. In der graphischen Darstellung zeigt sich, dass in der sogenannten Rausfangmast in den Abteilen mit hellem Lichtprogramm die Klassenmitte des Gewichtes der Schlachttierkörper höher liegt als in den Abteilen, die LP2 unterworfen waren.

Bei der Schwermast waren die Verhältnisse umgekehrt, hier lag die Mitte der Gewichte höher in der Gruppe, die unter LP2 gemästet wurden.

In der Prüfstatistik war dies nachzuvollziehen, der Einfluss sowohl des Alters als auch der Versuchsgruppe auf das Mastendgewicht war hochsignifikant (siehe Tabelle 11).

		n	Mittelwert [g]	p (Gruppe)	p (Alter)
Rausfang- mast	5 lx	43.803	1081,68	< 0,001	< 0,001
	20 lx	40.537	1109,25		
Schwer- mast	5 lx	131.598	1491,57	< 0,001	< 0,001
	20 lx	129.809	1440,63		

Tabelle 11: ANOVA Mittelwerte Gewicht nach Alter und Versuchsgruppe

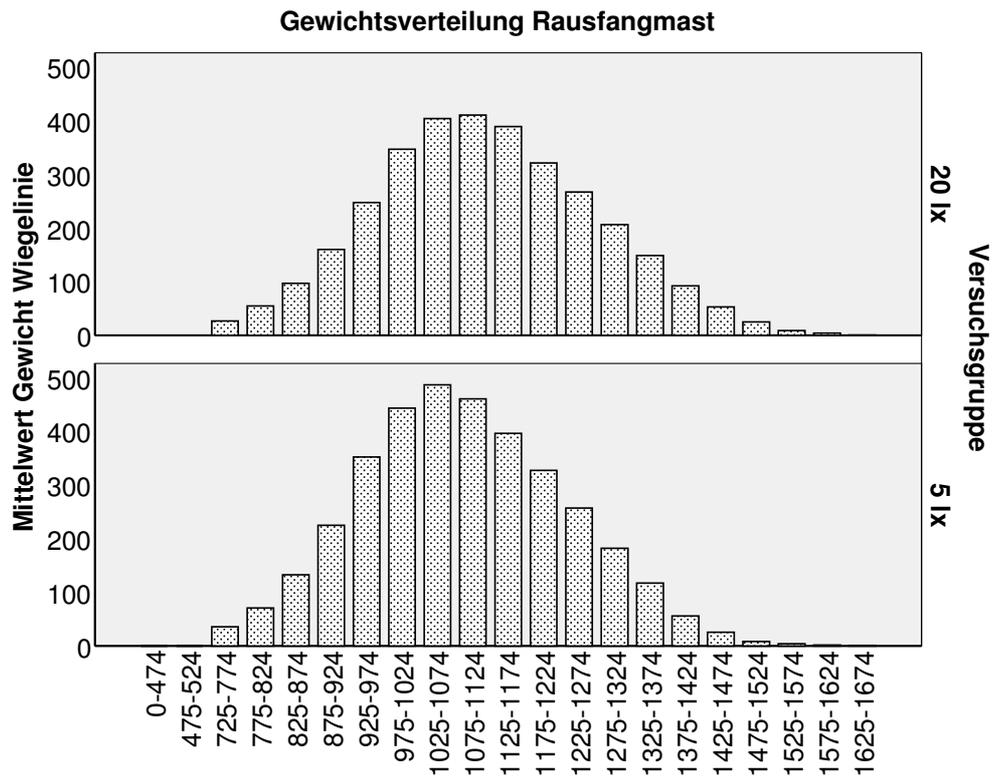


Abbildung 59: Gewichtsverteilung Rausfangmast nach Versuchsgruppen

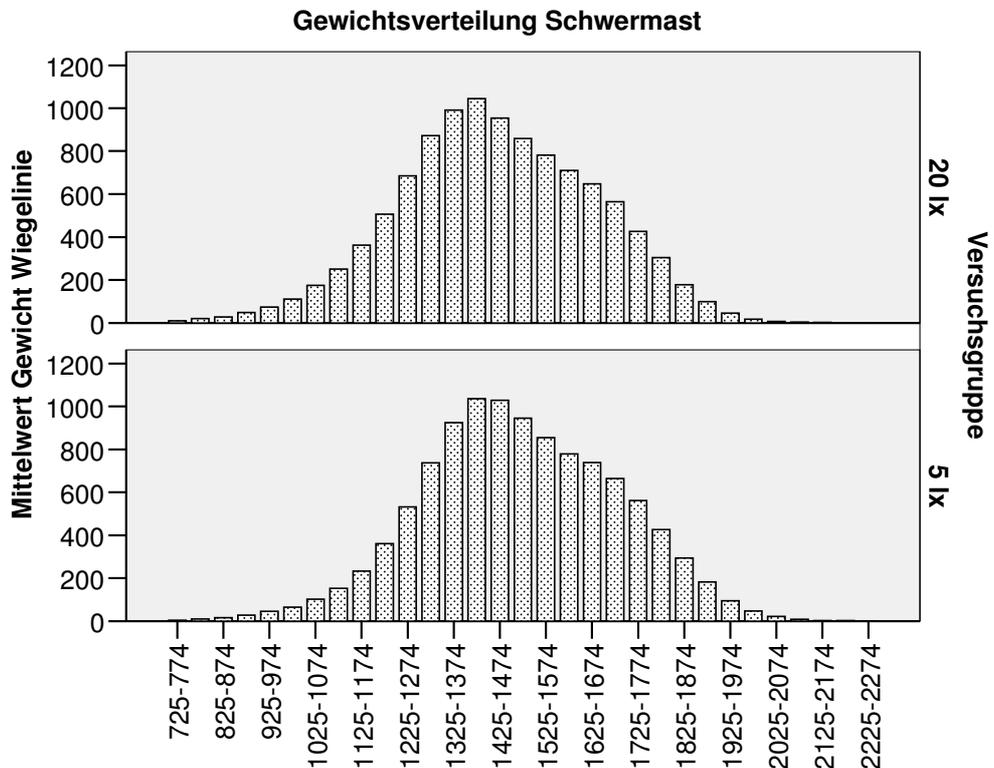


Abbildung 60: Gewichtsverteilung Schwermast nach Versuchsgruppen

3.2.2.2.7.2 Verwurf

Die Auswertung der unter 3.2.1.2 (Seite 94) aufgeführten Parameter 2.-12. und 20.-31. ist in untenstehender Tabelle 12 aufgeführt. Zur Benennung der Variablen sei auf Seite 94 verwiesen. Die Daten wurden in drei Wiederholungen an 8 Abteilen erhoben. Insgesamt wurden für die Parameter 2.-12. die Daten von 355.577 Tieren ausgewertet, für die Parameter 20.-31. pro Einzelparameter eine Stichprobe von 100 Tieren pro Mastabteil und Durchgang.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass ein signifikanter Einfluss des Lichtprogrammes ausschließlich auf die Inzidenz des Verwurfs aufgrund Unterhautvereiterung (Variable 8.) gegeben war. Bei sämtlichen anderen erhobenen Parametern waren keine signifikanten Unterschiede zu erkennen. Das Risiko für das Eintreten des Ereignisses „Verwurf aufgrund schorfiger Haut mit Unterhautvereiterung“ aufgrund des Lichtprogrammes 1 mit 20 lx bis zum Ende der Mastperiode wurde statistisch als um den Faktor 3,128 höher berechnet, als das Risiko für das Eintreten dieses Ereignisses unter dem Lichtprogramm 2 mit 5 lx ab dem 13. Tag der Mast.

Bei den Parametern 7.-10. war ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der jeweiligen Mastverfahren zu erkennen. In Worten ausgedrückt heißt dies, dass das Risiko für Verwurf aufgrund schorfiger Haut sowie maschinenbedingter Verletzungen und Septikämie in den Tieren die nach 37 bis 39 Tagen geschlachtet wurden, um den genannten Faktor geringer war, bei der nekrotisierenden Dermatitis entsprechend höher.

	Mastverfahren		Gruppe		Wartezeit	
	p*	Faktor Risiko bei Schwermast gegenüber Rausfangmast	p	Faktor Risiko unter 20 lx gegenüber 5 lx	p	Risiko steigt pro Minute um Faktor
2.	n.s.**		n.s.		n.s.	
3.	n.s.		n.s.		n.s.	
4.	n.a.***		n.a.		n.a.	
5.	n.a.		n.a.		n.a.	
6.	n.s.		n.s.		<0,001	0,997
7.	0,020	0,768	n.s.		n.s.	
8.	<0,001	1,247	0,048	3,128	<0,001	0,995
9.	0,026	0,726	n.s.		n.s.	
10.	0,019	0,483	n.s.		n.s.	
11.	n.s.		n.s.		n.s.	
12.	n.a.		n.a.		n.a.	
20.	n.s.		n.s.		n.s.	
21.	n.s.		n.s.		n.s.	
22.	n.s.		n.s.		n.s.	
23.	n.s.		n.s.		n.s.	
24.	n.s.		n.s.		n.s.	
25.	0,013	1,656	n.s.		n.s.	
26.	n.s.		n.s.		n.s.	
27.	n.s.		n.s.		n.s.	
28.	n.s.		n.s.		n.s.	
29.	n.s.		n.s.		n.s.	
30.	n.s.		n.s.		n.s.	
31.	n.s.		n.s.		n.s.	

* fett gedruckt: $p \leq 0,05$, signifikant

** nicht signifikant

*** nicht auswertbar, keine Daten

Tabelle 12: Auswertung Schlachtdaten

Ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Wartezeiten war nur bei der Inzidenz der Verwurfsursachen Kachexie und Unterhautvereiterung zu erkennen.

3.2.2.2.7.3 Pododermatitis

Ein ebenfalls differenziertes Bild zeigte sich für die Inzidenz der Pododermatitis: Beim Thinning out konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen „hell“ und „dunkel“ nachgewiesen werden, sehr wohl jedoch im Mastverfahren „Schwermast“ (siehe Tabelle 13). Hierbei war das Risiko der Tiere, die durchgehend unter 20 lx gehalten wurden, in eine höhere Kategorie zu fallen, i.e. schwerer zu erkranken, um den Faktor 1,3 erhöht.

Parameter	Thinning out, n=2410			Schwermast, n=2000		
	K 18*	K 25*	Licht-programm	K 18	K 25	Licht-programm
p	0,015	<0,001	n.s.	n.s.	<0,001	0,002
Risiko in höhere Kategorie zu fallen	1,279**	0,936			1,038	1,317***

* OPG am Masttag 18 resp. 25

** ausgedrückt pro Zunahme der OPG um 10.000 Einheiten

*** Risiko statistisch geschätzt beim Übergang von dunkel (5 lx) auf hell (20 lx)

Tabelle 13: Auswertung Pododermatitis

Wie obenstehender Tabelle auch zu entnehmen ist, war der Einfluss der OPG auf die Sohlenballengesundheit der Tiere hochsignifikant. Bei den früher geschlachteten Tieren (Normalmast) war die Kokzidienbelastung sowohl an MT 18 als auch an MT 25 ein signifikanter Faktor, in der Schwermastgruppe trat der Einfluss der OPG am Tag 25 eindeutig in den Vordergrund.

3.2.2.2.7.4 Verkratzungen

Auf die Verkratzungen der Schlachttierkörper als qualitätsbestimmendes Merkmal konnte kein Einfluss der Versuchsgruppe nachgewiesen werden (ordinale Regression, Gruppe, Rausfangmast $p = 0,148$, $n = 1200$; Schwermast $p = 0,770$, $n=1200$).

3.2.2.2.8 Ergebnisse auf den Punkt gebracht: Leistungsdaten

Der Einfluss des Alters sowie der Versuchsgruppe auf das Mastendgewicht waren hochsignifikant. Dabei waren die Tiere unter 5 lx in der ersten Schlachtung im Mittel ca. 30 g leichter, in der zweiten Schlachtung im Mittel jedoch ca. 50 g schwerer.

Das Risiko für Verwurf aufgrund des Krankheitsbildes „schorfige Haut mit Unterhautvereiterung“, also nekrotisierender Dermatitis wurde in signifikantem Ausmaß durch das Lichtprogramm beeinflusst. Unter einer durchgehenden Lichtintensität von 20 lx war das Risiko für dieses Ereignis um den Faktor 3,128 erhöht. Als weitere Faktoren mit signifikantem Einfluss auf dieses Krankheitsbild wurden der Zeitpunkt der Schlachtung sowie die Wartezeit am Schlachthof ermittelt.

Der Zeitpunkt der Schlachtung (Variable „Mastverfahren“) war weiterhin von signifikantem Einfluss auf das Risiko für Auftreten des Krankheitsbildes „schorfige Haut“ sowie für maschinenbedingte Verletzungen und das Auftreten von Septikämie. Diese drei letztgenannten Parameter traten in der Schwermast in signifikant geringerem Umfang auf.

Eine signifikante Beeinflussung anderer qualitätsbestimmender Parameter konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Haltung unter durchgehend 20 lx erhöhte das Risiko für die Inzidenz schwererer Formen von Pododermatitis.

Ein Einfluss des Lichtprogrammes auf die optische Qualität der Schlachttierkörper (Verkratzungen der Epidermis) war nicht nachzuweisen.

3.2.2.3 Kontrollparameter

3.2.2.3.1 Stallklima

Die stallklimatischen Daten Temperatur, Luftfeuchte und Enthalpie sind in den nachfolgenden Grafiken als Mittelwert über den Verlauf der Mast dargestellt.

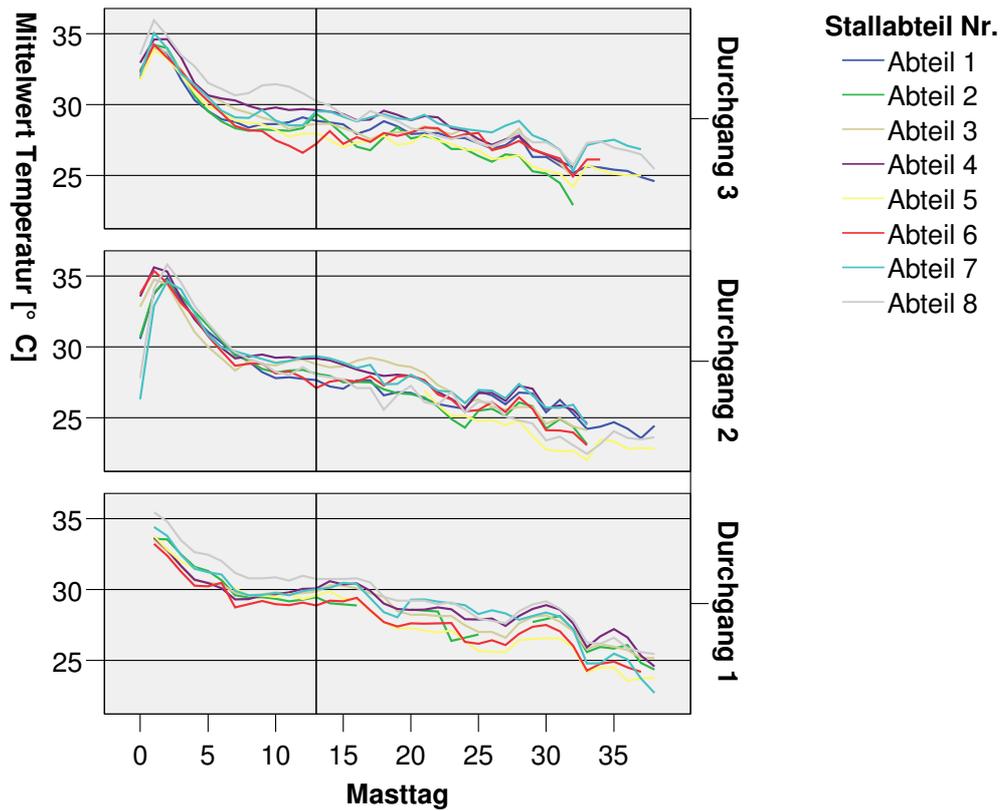


Abbildung 61: Verlauf Mittelwert Temperatur nach Abteilen

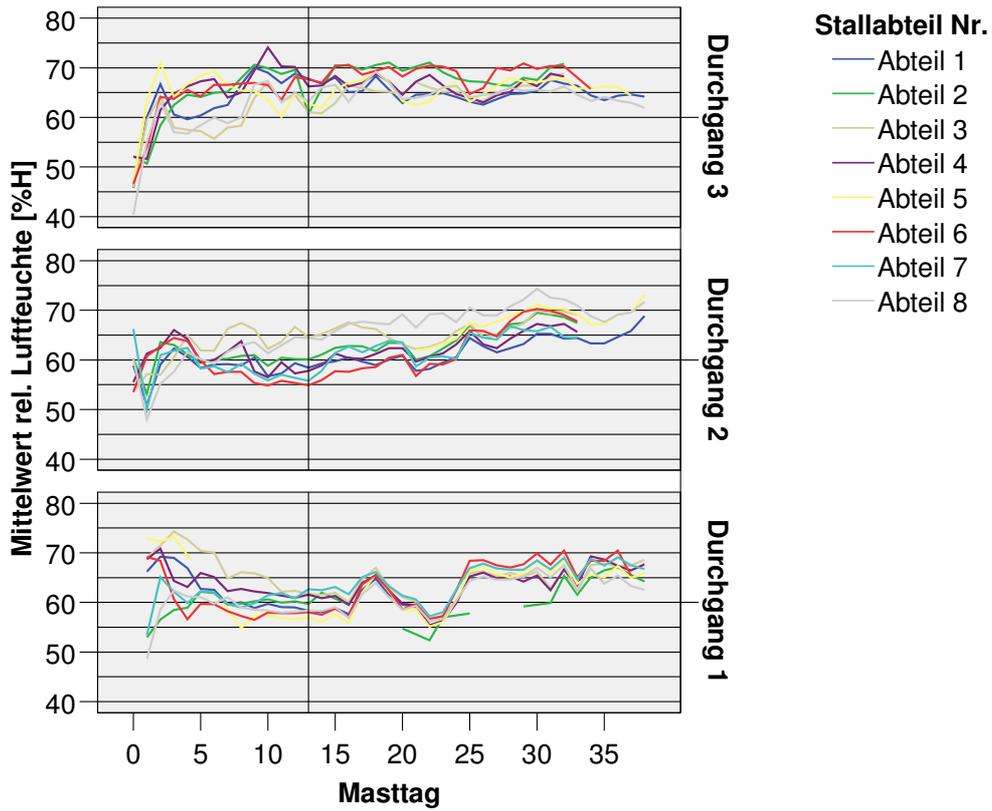


Abbildung 62: Verlauf Mittelwert rel. Luftfeuchte nach Abteilen

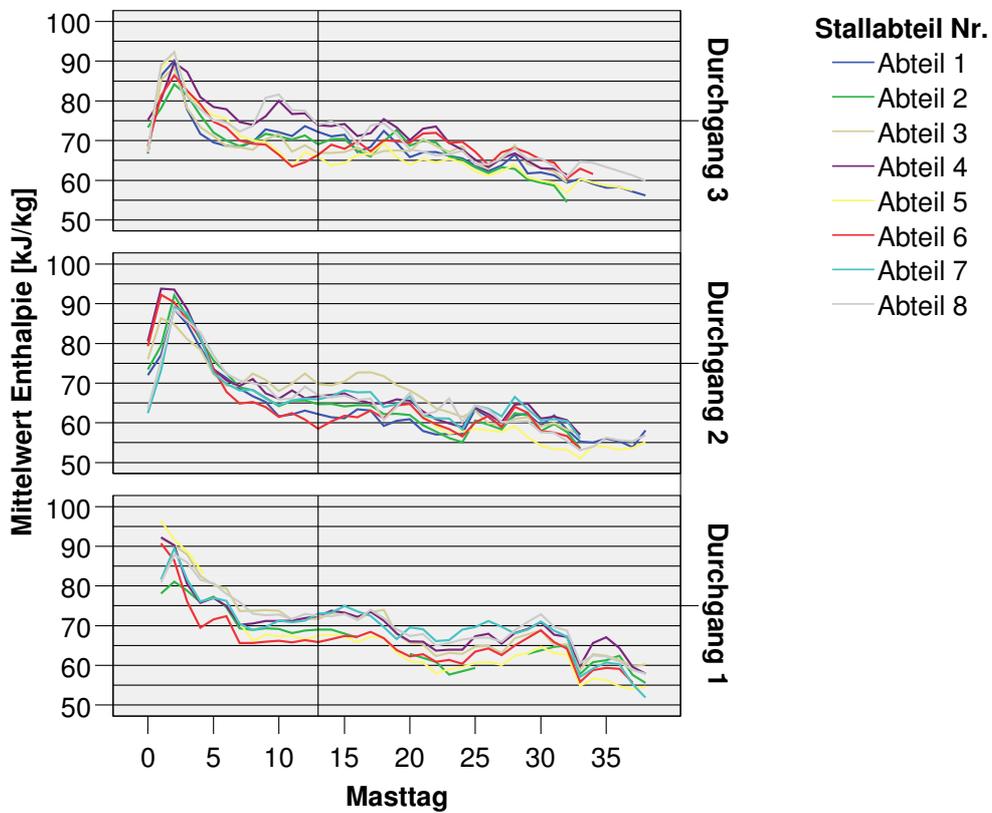


Abbildung 63: Verlauf Mittelwert Enthalpie nach Abteilen

3.2.2.3.2 Gesundheitszustand der Herde und Behandlungen

Neben Routinemaßnahmen wie Impfungen und Reinigung der Tränkebahnen waren aufgrund bakterieller und parasitärer Infektionen (Kokzidiose) in allen drei Mastdurchgängen Herdenbehandlungen nötig. Diese wurden auf Ebene des gesamten Stalles durchgeführt und sind nachfolgend in Tabelle 14 aufgeführt (Anm.: nach dem 35. Masttag keine Behandlungen).

MT	Behandlungen	Behandlungen	Behandlungen
	Durchgang 1	Durchgang 2	Durchgang 3
1	Enteroferm®	∅	Sulfamethoxazol-Trimethoprim
2	Enteroferm®	∅	Sulfamethoxazol-Trimethoprim
3	Enteroferm®	∅	Sulfamethoxazol-Trimethoprim
4	∅	Enteroferm®	Sulfamethoxazol-Trimethoprim
5	Vitaminmischung AD3E	Enteroferm®	Vitaminmischung AD3E
6	Vitaminmischung AD3E	Enteroferm®	Vitaminmischung AD3E
7	Ampicillin	Vitaminmischung AD3E	∅
8	Ampicillin	Vitaminmischung AD3E	∅
9	Ampicillin	∅	∅
10	Vitaminmischung AD3E	∅	∅
11	Impfung Gumboro/ND	Vitaminmischung AD3E	Vitaminmischung AD3E
12	Systemclean®	Impfung Gumboro/ND	Impfung Gumboro/ND; Sulfaclozin
13	∅	∅	Sulfaclozin
14	∅	Systemclean®	Sulfaclozin
15	∅	∅	Systemclean®
16	∅	∅	∅
17	∅	∅	∅
18	Colistin	∅	∅
19	Colistin	∅	∅
20	Colistin	∅	∅
21	Systemclean®	Systemclean®	Systemclean®
22	∅	∅	∅
23	∅	∅	∅
24	Benzyl-Penicillin	Benzyl-Penicillin	∅
25	Benzyl-Penicillin	Benzyl-Penicillin	∅
26	Benzyl-Penicillin	Benzyl-Penicillin	∅
27	∅	∅	∅
28	∅	∅	Schaumacid®
29	∅	∅	∅
30	∅	∅	∅
31	∅	∅	∅
32	∅	∅	∅
33	∅	∅	∅
34	∅	∅	∅
35	∅	∅	∅

Tabelle 14: Behandlungen in Versuchsherden (antibiotisch wirksame Substanzen fett gedruckt; ∅ bezeichnet Tage ohne Behandlungen)

4 Diskussion

4.1 Teil 1 – Bestandsaufnahme

4.1.1 Fragebogen

In die Befragung konnten die Daten von 146 Betrieben integriert werden. Dies entspricht etwa 13 % aller bundesweit gemeldeten Mastbetriebe mit mehr als 500 Jungmasthühnern pro Bestand (DAMME 2006), womit anzunehmen ist, dass die ermittelten Verhältnisse ein realistisches Bild der kommerziell betriebenen konventionellen Junghühnermast in der Bundesrepublik bieten, in jedem Fall was Süddeutschland angeht.

Die Zahlen zeigen, dass sich die Bausubstanz der Hähnchenmastställe im untersuchten Raum im Wesentlichen aus zwei Anteilen zusammensetzt, einerseits den Massivställen älterer Bauart, wie sie primär in den sechziger und siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts gebaut wurden, andererseits aus den Massivstallungen neuerer Bauart, die nach den Maßgaben der Bundeseinheitlichen Eckwerte gebaut wurden. Der große Anteil der Neubauten erklärt sich sicherlich mit aus dem seit Jahren konstant steigenden Bedarf an Geflügelfleisch. Um diesen zu decken, wurden seit den neunziger Jahren in großem Umfang neue Kapazitäten für die Junghühnermast geschaffen, eine Entwicklung, die auch auf europäischer Ebene zu verfolgen ist (BOSCHMA et al. 2006). Beide Stallformen unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht (Lüftung, Technik, Management), gemeinsam ist ihnen jedoch, dass die Tiere keinen Zugang zum Freien bekommen und unter streng kontrollierten Bedingungen aufgezogen werden. Der Einfall von Tageslicht ist in den älteren Stallungen nicht, in den neueren Stallungen nur in begrenztem Umfang vorhanden. Die Auslaufhaltung ist demgegenüber im konventionellen Sektor derzeit zahlenmäßig unbedeutend, so dass davon auszugehen ist, dass der allergrößte Anteil aller Masthühner nie Tageslicht ausgesetzt ist. Wie sich weiterhin in der Umfrage zeigte, ist es gängige Praxis, Lichteinfallöffnungen spätestens mit dem siebten bis zehnten Tag eines Mastdurchganges lichtdicht zu verschließen, so dass de facto ab diesem Zeitpunkt eine Haltung unter Kunstlichtbedingungen besteht. Eine Ausnahme bilden die Offenstallhaltungen, die teilweise ebenfalls Dauerlicht, überwiegend jedoch das im Rahmen der Integration vorgegebene Lichtprogramm vorgeben, so dass auch hier eine massive Einflussnahme seitens der Halter auf die Lichtumgebung stattfindet.

Wie aus den Ergebnissen der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Befragung hervorgeht, ist die Beleuchtungsstrategie in allererster Linie abhängig vom Baujahr des Stalles (siehe hierzu auch Abbildung 11) und dem Stand der Technik zum Zeitpunkt des Stallbaus. Am häufigsten vertreten sind Neonröhren mit EVG, gefolgt von Glühbirnen sowie Glühbirnen in Kombination mit Energiesparlampen. Andere Beleuchtungsstrategien sind zahlenmäßig unbedeutend. In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, dass eine flackerfreie tageslichtähnliche Beleuchtung, auch unter Berücksichtigung eines Anteils an UVA-Strahlung, ansatzweise nur mittels spezieller Leuchtstofflampen und unter Zuhilfenahme eines EVG möglich ist (KORBEL und STURM 2005). Diesem Anspruch an die baulichen Voraussetzungen werden jedoch lediglich 38,5 % der im Rahmen dieser Studie erfassten Stallungen gerecht. In 8,0 % der Stallungen finden immer noch Neonröhren mit KVG Verwendung, obwohl bei dieser technischen Ausstattung mit großer Wahrscheinlichkeit davon auszugehen ist, dass das so erzeugte Licht vom Geflügel als diskontinuierlich wahrgenommen wird, insbesondere im kurzwelligen Bereich und bei hohen Lichtintensitäten (NUBOER et al. 1992, KORBEL und STÜTZ 1999). Die Untersuchungen von Boshouwers und Nicaise (1992) deuten darauf hin, dass adulte Legehennen diese flackernde Beleuchtung als negativen Stimulus wahrnehmen. Einschränkend ist hierbei zu bemerken, dass diese Fragestellung noch nicht abschließend bearbeitet ist, zumal andere Autoren dem Huhn eine gegenüber dem Menschen durchaus geringere Sensitivität bei der Wahrnehmung von Flackerlicht zuschreiben (JARVIS et al. 2002).

Sherwin (1999) verglich Kompaktleuchtstofflampen mit UV-Anteil und elektronischem Vorschaltgerät mit Glühbirnen in der Haltung von Jungputen. Hierbei zeigte sich eine klare und von Alter und Aufzuchtumgebung unabhängige Bevorzugung der Leuchtstofflampen gegenüber den Glühbirnen. Hieraus wird geschlossen, dass Puten das Flackern konventionell betriebener Leuchtstofflampen nicht als unangenehm empfinden. Nahe phylogenetische Verwandtschaft innerhalb der Galliformes und Ähnlichkeiten in der spektralen Wahrnehmung (HART 1999) lassen vermuten, dass Puten ebenso wie Hühner, aufgrund einer erweiterten sinnesphysiologischen Ausstattung der Retina, über eine andere spektrale Perzeption und Farbwahrnehmung als der Mensch verfügen. Dies wurde in den Untersuchungen von Barber et al. (2006) bestätigt. Hieraus ergibt sich, dass auch von Puten lux-isoluminante Lichtquellen mit unterschiedlicher spektraler Emission als

unterschiedlich hell empfunden werden dürften. Da im Versuchsaufbau von Sherwin (1999) dieser Tatsache nicht Rechnung getragen wurde, bleibt unklar, ob die beschriebenen Verhaltensäußerungen auf Unterschiede in der Flackerfrequenz der Leuchtmittel oder auf von den Tieren subjektiv empfundene Helligkeitsunterschiede zurückzuführen sind, zumal bei elektronischem Vorschaltgerät von einer Flackerfrequenz von mehreren 10.000 Hz auszugehen ist, was sich der Wahrnehmung auch von Vögeln entzieht. Puten bevorzugen für aktives Verhalten eine möglichst helle Umgebung (BARBER et. al. 2003; SHERWIN 1998). Kristensen (2004) stellte verschiedene Leuchtmittel auf Isoluminanz für Hühner ein. Hierbei ergaben sich auf der Lux-Skala Helligkeitsunterschiede um bis zu 16 %. Möglicherweise empfanden somit die getesteten Tiere die mit Leuchtstofflampen erhellten Bereiche subjektiv als deutlich heller als die für das menschliche Auge ebenso hellen, mit Glühlampen beleuchteten Bereiche. Dieses Beispiel zeigt deutlich den Bedarf nach einer an das spezifische Sehvermögen des Wirtschaftsgeflügels angepassten Messmethodik für Lichtintensitäten.

Die Verwendung von Lichtquellen, die ein dem Tageslicht ähnliches Spektrum emittieren, ist, wie aus den Angaben der befragten Landwirte hervorging, weiterhin kaum verbreitet.

Bemerkenswert ist, dass Glühbirnen in 26,2 % der Stallungen weiterhin als alleiniges Leuchtmittel genutzt werden. Neben der Tatsache, dass Glühbirnen nicht in der Lage sind, tageslichtähnliches Licht zu emittieren (WEEKS und BUTTERWORTH 2004) und auch UVA-Strahlung kaum gegeben ist, ist dies insbesondere vom Standpunkt der Energieeffizienz her abzulehnen, da Glühbirnen von allen gängigen verwendeten Leuchtmitteln die geringste Effizienz bei der Umsetzung von elektrischer Energie in Licht sowie die kürzeste Lebensdauer besitzen (LEWIS und MORRIS 1998, De BAERE und ZOONS 2004). Zudem verschieben sich beim Dimmen die Anteile der emittierten Wellenlängen, so dass die Farbtemperatur des emittierten Lichtes sinkt (LEWIS und MORRIS 2006).

Lichtquellen, die auch im UV-Bereich emittieren, sind kommerziell von verschiedenen Firmen verfügbar (KORBEL und STURM 2005), jedoch ist deren Verwendung aus finanziellen Gründen in der Haltung von Wirtschaftsgeflügel nicht üblich und bleibt derzeit der Ziervogelhaltung vorbehalten.

Problematisch bei der Gestaltung einer tageslichtähnlichen Umgebung bleibt die Tatsache, dass hochqualitative Leuchtstofflampen, die auch im UV-Spektrum emittieren, wie beispielsweise Osram® Biolux eine vergleichsweise geringe Standzeit aufweisen. Nach etwa 1000 Stunden ist aufgrund der Alterung der verwendeten Leuchtpulver eine deutliche Alterung des Leuchtmittels mit einer Verschiebung des Spektrums gegeben. Dies hat zur Folge, dass die Emission von UVA-Strahlung bereits nach ca. 1000 Stunden – für den Menschen nicht unmittelbar wahrzunehmen – erlischt (WALTER HUECK Fa. Osram München, 2006, persönliche Mitteilung).

Um diesen Effekten vorzubeugen, besteht hier ein echter Bedarf, neue Lichtquellen zu erschließen, sei es durch Optimierung der bestehenden Leuchtstofflampentechnologie im Sinne einer höheren Standzeit, sei es durch die Nutzung von LEDs. Letztere bieten sich aufgrund einer vergleichsweise hohen Lichtausbeute, mechanischer Robustheit, einfacher Montage und vergleichsweise längerer Lebensdauer an. Ebenso wie bei Neonröhren mit EVG und im Gegensatz zu Glühbirnen sinkt der Stromverbrauch linear mit der emittierten Strahlung. Im Bereich der Legehennenaufzucht und -haltung haben sie sich bereits einen festen Platz zur Beleuchtung von Käfigen und Volieren erobert. Im Mastbereich sind allerdings deutlich größere Flächen zu beleuchten, so dass hier eine sehr große Anzahl an LEDs nötig wäre, was den Preisvorteil wieder in den Hintergrund treten ließe, da diese Räume sehr viel günstiger mittels Energiesparlampen oder Leuchtstoffröhren zu beleuchten sind. Ein echter Vorteil der LED-Technologie wäre allerdings darin gegeben, dass beliebige LEDs in ein Leuchtelement eingebaut werden können, wobei jedoch eine getrennte Ansteuerung der einzelnen Komponenten möglich ist. Denkbar wäre somit, rote, grüne, blaue und UVA-LEDs in einen Strahler zu verbauen, um durch Mischung dieser Farben ein Vogel-subjektives Weiß zu erhalten. Die einzelnen Farbkomponenten in einem solchen Strahler könnten auch getrennt angesteuert werden, um durch monochromatisches Grün- oder Blaulicht den Brustmuskelanteil zu erhöhen (ROZENBOIM et al. 2004). Auch eine gesonderte Fangbeleuchtung würde sich somit erübrigen, da zu diesem Zwecke lediglich die blauen LEDs anzusteuern wären. Der Vorteil von LED-Beleuchtungssystemen ist derzeit also primär in den Möglichkeiten zur selektiven Nutzung bestimmter Lichtfarben zu sehen, weniger in der kostengünstigen Beleuchtung großer Flächen. Problematisch sind die immer noch vergleichsweise hohen Anschaffungskosten pro Quadratmeter verglichen mit Leuchtstofflampen. Insbesondere UV-Strahlung

emittierende LEDs sind derzeit noch extrem hochpreisig, da hierfür kein großer Markt besteht und die Nachfrage vergleichsweise gering ist.

Ein weiterer wichtiger Punkt im Zusammenhang mit der UV-Beleuchtung des Stalles ist, inwieweit in neueren Stallungen die Fenster für Strahlung im UVA-Bereich durchlässig sind. Die für Fenster verwendeten Materialien sind unterschiedlicher Natur (Glas, verschiedene Kunststoffe). Ihre UV-Durchlässigkeit ist dementsprechend Schwankungen unterworfen. Hier herrscht ein gewisser Erfassungs- und Forschungsbedarf, um gängige Baumaterialien auf Ihre UV-Transmissionsfähigkeit zu untersuchen. Zielvorstellung sollte es sein, unter Beachtung der visuellen Ökologie des Huhns, bzw. seiner Urform, des Bankivahuhns, das Tageslicht möglichst ungefiltert in den Stall einfallen zu lassen, wie dies auch manche Baustoffe ermöglichen.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist die Verteilung der Leuchtmittel im Raum. Maßgeblich sind hier die Anzahl der Lichtlinien, die in aller Regel parallel zur Längsachse des Stalles an der Decke befestigt sind sowie die Dichte der Leuchtmittel auf dieser Linie. Die Befragung ergab, dass hier keine Einheitlichkeit gegeben ist, vielmehr die räumliche Verteilung der Lichtlinien offenbar nach Augenmaß erfolgt (siehe Tabelle 4). Dies erschwert eine gleichmäßige Ausleuchtung der gesamten Stallfläche. Als Beispiel möge hierzu eine Helligkeitsmessung in einer typischen Massivstallung älterer Bauart mit drei Lichtlinien, einer mittleren, die mit Energiesparlampen bestückt ist sowie zwei äußeren, die mit Glühbirnen versehen sind, dienen. (Abbildung 64). Die Stallbreite in diesem Beispiel beträgt 10 m.

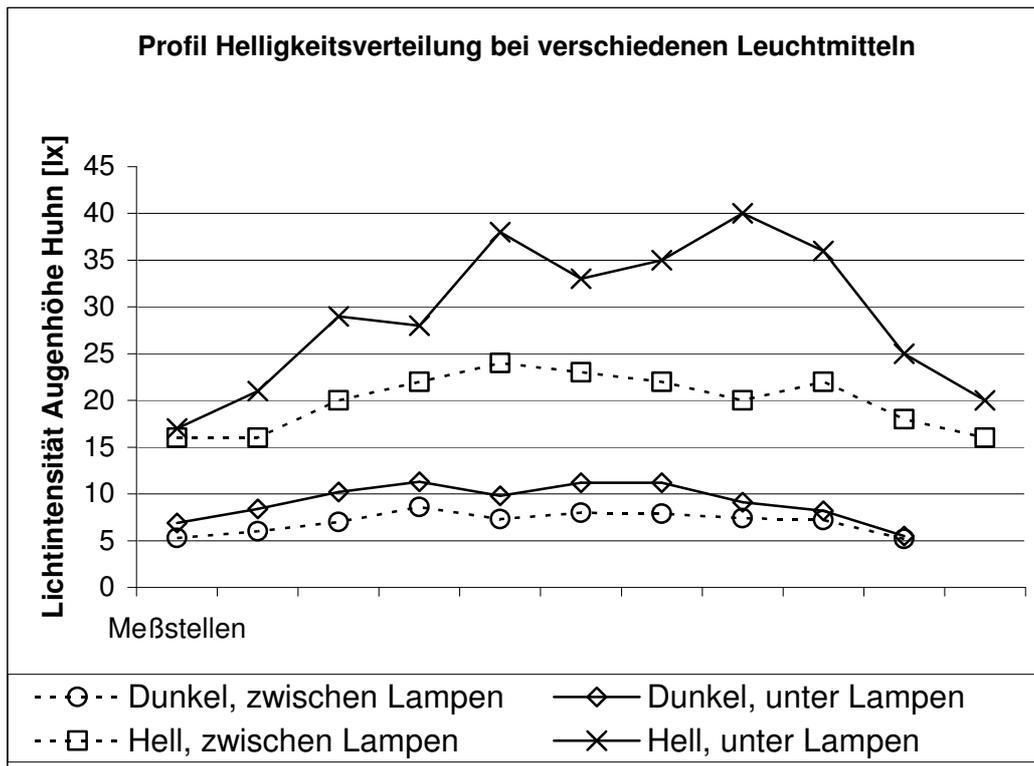


Abbildung 64: Räumliche Verteilung der Ausleuchtung der Stallfläche

In diesem Fall wurden folgende Leuchtmittel verwendet: eine Kombination aus 11W-Energiesparlampen und 40W-Glühbirnen (obere Kurven) sowie 3W Energiesparlampen und gedimmte 40W-Glühbirnen (untere Kurven). Die durchgehenden Linien beschreiben die Lichtintensität auf einem Querschnitt durch den Stall, der direkt unter den Leuchtmitteln liegt, die gestrichelten Linien auf einem Querschnitt auf einer Linie zwischen den Leuchtmitteln. Deutlich ist zu erkennen, dass die Lichtintensität je nach Entfernung von der Lichtquelle um bis zur Hälfte geringer sein kann. Dieser Unterschied wird besonders bei höherer Lichtintensität augenfällig. Dieses Beispiel zeigt, dass es bei der Konzeption von Stallneubauten oder bei einem Umbau der Beleuchtungsanlagen in Altstallungen sinnvoll sein kann, die Beleuchtung vorab mittels kommerzieller Software, z.B. DIALux, Fa. DIAL, Lüdenscheid, BRD, auf Gleichmäßigkeit der Bodenausleuchtung und Lichtintensität auf Bodenhöhe überprüfen zu lassen. Somit kann gegebenenfalls eine punktuelle Lichtverteilung vermieden werden, so dass infolge der gleichmäßigen Ausleuchtung auch eine gleichmäßige Verteilung der Tiere im Raum gegeben ist.

Die Tatsache, dass in zwei Dritteln aller untersuchten Stallungen keine Dämmerphase vorgesehen ist, ist aus verschiedenen Gründen kritisch zu beurteilen. Ein abrupter Übergang von Hell auf Dunkel, wie er in der Natur niemals vorkommt,

erlaubt es den Tieren nicht, während einer protrahierten Dämmerphase einen Ruheplatz zu suchen und einzunehmen. Im Mastbereich ist dies zweitrangig, da derzeit Stallungen mit verschiedenen Funktionsbereichen keine Bedeutung haben. Wichtiger ist jedoch, dass eine Dämmerphase die Tiere auf die folgende Dunkelphase einstimmt, so dass eine kompensatorisch erhöhte Futteraufnahme stattfinden kann, was auch im Sinne einer erhöhten Zunahme vorteilhaft sein kann. Hinzu kommt, dass eine Dämmerphase sich positiv auf die Synchronisation der Tiere auswirkt. Eine Dauer von 15 bis 30 Minuten für die Dämmerphase erscheint ausreichend, zieht man in Betracht, dass das Bankivahuhn, die Wildform des Haushuhns, in den Tropen abhängig von der Jahreszeit einer Dämmerphase von etwa dieser Dauer ausgesetzt ist (BEZOLD 1864). Dies wäre ein wichtiger Schritt zur Abstimmung der visuellen Ökologie der Haltungsumwelt auf die Herkunft unserer Haushühner. Diese Ergänzung im Stallmanagement ist oftmals ohne aufwendige und teure bauliche Änderungen machbar und sollte daher allgemein implementiert werden, so es möglich ist.

Gleiches gilt für die regelmäßige Überprüfung der Lichtintensität in den Stallungen mittels eines Luxmeters. Aufgrund der an der Hell-Dunkel-Adaptation beteiligten physiologischen Prozesse ist es nicht möglich, die absolute Lichtintensität in Stallungen visuell zu erfassen, wie es weithin verbreitete Praxis ist. Allerdings dürfen hierbei die Beschränkungen der Helligkeitsmessung in der Einheit Lux nicht übersehen werden: Diese photometrische Einheit spiegelt das Helligkeitsempfinden des menschlichen Auges wider und wurde 1924 ermittelt (Hr. MAKAI CIE-Büro Wien, 2006, persönliche Mitteilung). Das spektrale Helligkeitsempfinden des Huhnes unterscheidet sich allerdings deutlich von dem des Menschen, wie es in der sog. CIE-Kurve standardisiert repräsentiert ist. Diese Kurve stellt eine Vereinfachung dar, die Untersuchungen von Dartnall et al. (1983) zeigen, dass die photopische Empfindlichkeitskurve des Menschen durchaus individualspezifischen Schwankungen unterliegt. Die derzeitige Praxis, handelsübliche günstige Luxmeter aus dem Elektronikfachhandel zu verwenden, muss daher als Notbehelf angesehen werden. Mittelfristig ist eine tierartangepasste Helligkeitsmessung nicht in Lux, sondern in „Chicken lux“ oder „Gallilux“ anzustreben, wie es beispielsweise Kristensen (2004) einführte und es auch in der vorliegenden Arbeit begleitend durchgeführt wurde (siehe 3.1.1.2 Spektrophotometrische Erfassung der Beleuchtung). Aktuelle Daten, wie sie beispielsweise von Barber et al. (2006)

vorgelegt wurden, lassen eine Ausweitung dieser Methodik auch auf andere wirtschaftlich genutzte Geflügelarten möglich erscheinen. In diesem Zusammenhang wäre auch die Methodik der Messung praxistauglich zu klären. Die Bundeseinheitlichen Eckwerte sehen beispielsweise eine Messung auf Augenhöhe der Hühner in drei Ebenen, die jeweils im rechten Winkel zueinander stehen, vor. Bei genauerer Betrachtung ist diese Methodik in praxi nicht nutzbar, da, je nachdem in welche der 8 Ecken eines virtuellen Würfels um den Messpunkt die Empfängerfläche des Helligkeitsmessgerätes gehalten wird, völlig unterschiedliche Mittelwerte zustande kommen. Wird beispielsweise in Richtung Seitenwand - Boden - Decke gemessen, ist zu erwarten, dass ein deutlich niedrigerer Wert zustande kommt, als wenn in Richtung Längsachse des Stalles - Längswand - Decke gemessen wird. Hier besteht Bedarf für eine robuste einfach Methodik, unter Berücksichtigung auch der oben gezeigten räumlichen Helligkeitsunterschiede. Praxisnah wären mehrere Messungen auf Augenhöhe der Hühner, jeweils an den hellsten und dunkelsten Punkten eines Stalles und Bildung des Mittelwertes hieraus, wobei ein bestimmter Mindestwert nicht unterschritten werden darf.

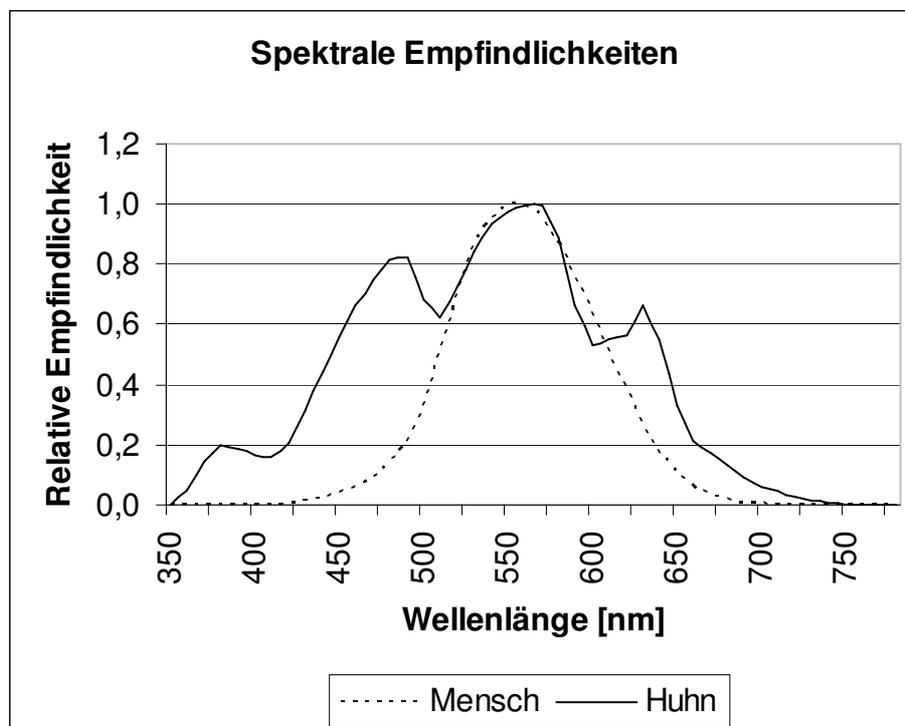


Abbildung 65: Vergleichende Darstellung spektraler Empfindlichkeiten von Mensch (CIE) und Huhn (nach LEWIS und MORRIS 2006)

Blaulicht als Fangbeleuchtung findet offenbar erst seit einigen Jahren in nennenswertem Umfang Verwendung (siehe Abbildung 17). Man erhofft sich, hierdurch beruhigenden Einfluss auf die Tiere auszuüben, wodurch eine geringere Inzidenz an durch das Fangen bedingten Läsionen zustande kommen soll. Dies ist vom Standpunkt des Tierschutzes zu befürworten. Auch können so Qualitätsminderungen der Schlachttierkörper vermieden werden. Kritisch anzumerken ist, dass Hühner nach Lewis und Morris (2006) mindestens das gleiche, wenn nicht ein höheres Sehvermögen als der Mensch im kurzwelligen Bereich besitzen. Die Ruhigstellung kann somit schwerlich dadurch zustande kommen, dass die Tiere weniger gut in der Lage sind, ihre Umgebung zu erkennen. Gleiches gilt für diejenigen der befragten Mäster, die angab Schwarzlicht, also UVA-emittierende Leuchtmittel als Fangbeleuchtung zu verwenden. De facto wird auf diesem Wege den Tieren ein Vorteil in der optischen Wahrnehmung ihrer Umgebung gegenüber dem Fangpersonal eingeräumt. Dies zeigt deutlich, dass die Kenntnis dieser auf den ersten Blick kompliziert anmutenden Zusammenhänge zwischen sensorischer Physiologie und stallbaulicher Substanz in allgemein verständlicher Form Eingang in die landwirtschaftliche Praxis finden sollte.

Auch im Bereich der Verwendung farbiger Lichtquellen sowie von Leuchtmitteln, die ein tageslichtähnliches Spektrum emittieren, ist ein Abgleich mit der Praxis anzustreben. Grundsätzlich sind hier zwei Ansätze zu unterscheiden, einmal ein produktionsorientierter Ansatz und einmal ein Ansatz, der die Sinnesphysiologie der Tiere in den Vordergrund stellt:

Grün- und Blaulicht kann systematisch in Stallungen eingesetzt werden, um eine Optimierung der Mastergebnisse zu erreichen. Ansätze in dieser Richtung gibt es seit einigen Jahren, neue Impulse erhielt diese Strategie durch die Untersuchungen von Rozenboim et al. (2004; 1999a; 1999b; 1998), in denen monochromatisches Licht aus LEDs verwendet wurde. Vorteil bei letzteren ist, dass sie nur Licht einer eng begrenzten Wellenlänge ausstrahlen, wodurch eine Filterung, die unweigerlich mit Energieverlusten einhergeht, unnötig wird. Hieraus resultiert, wie oben erwähnt, eine hohe Lichtausbeute, somit auch großes Energieeinsparpotential. Zudem können die in Strahlern verbauten LEDs je nach Schaltung einzeln angesteuert werden, so dass es ohne großen Aufwand technisch realisierbar ist, mittels einer Lichtquelle in

verschiedenen Abschnitten der Mast, Licht unterschiedlicher Wellenlänge zu erzeugen.

Vor dem Hintergrund der Bemühungen, die Haltungsumwelt unserer Haushühner in gewissen Teilaspekten an die visuelle Ökologie der Wildform anzugleichen, ist die Stallbeleuchtung durch monochromatisches Licht einer bestimmten Farbe mit gewissen Vorbehalten zu sehen. Grundgedanke des erstgenannten Ansatzes ist, durch Optimierung der Haltungsumgebung zu einer Verbesserung der Tierleistung zu kommen. Dieses ökozentrische Konzept scheint auf den ersten Blick in diametraler Opposition zur Leistungsförderung über gezielte Manipulation der Umwelt zu stehen. Hier besteht sicherlich weiterer vergleichender Forschungsbedarf, um die Auswirkungen farbiger Lichtquellen auf Physiologie, Endokrinologie, Verhalten – auch im Hinblick auf dessen Rhythmizität – sowie körperliche Entwicklung vergleichend zu einer naturnahen Beleuchtung darzustellen und detailliert abzuklären, ob hier vom Standpunkt des Tierschutzes her Einwände bestehen. Sollte dies nicht der Fall sein, ist die Stallbeleuchtung mittels Farblicht als eine zukunftssträchtige Technologie anzusehen. In diesem Bereich sind, wie oben ausgeführt, auch die Stärken des Leuchtmittels LED zu sehen, so dass hier großes Entwicklungspotential besteht.

Da Vögel mit wenigen Ausnahmen, wie beispielsweise der Kiwi, Augentiere sind, die sich primär über den Gesichtssinn orientieren, somit Licht der wichtigste Stimulus für ihr Sensorium ist, kommt dem Lichtprogramm eine herausragende Bedeutung im Management der domestizierten Hühner zu. Hierbei muss der Begriff „Lichtprogramm“ mehr umfassen als nur die Periodizität der Beleuchtung in der Zeit, während der die Broiler auf dem Mastbetrieb eingestallt sind. Auch die Brut sowie das Einfangen und die Schlachtung sind in eine integrierte Betrachtung der Beleuchtung in der Junghühnermast miteinzubeziehen.

Hühnerembryonen sind bereits vor dem Schlupf in der Lage, Außenreize, insbesondere Licht, wahrzunehmen. Da eine Beleuchtung der Bruteier in einer sensiblen Phase von ca. einer Woche vor dem Schlupf zu einer Erhöhung der Inzidenz von nichtaggressivem Federpicken führen kann, sollte darauf geachtet werden, die Eier in dieser Zeit möglichst keinerlei Beleuchtung auszusetzen (RIEDSTRA und GROOTHUIS 2004; RIEDSTRA 2003). Hierdurch könne Federbeschädigungen, und der Weiterentwicklung des nichtaggressiven

Federpickens zu stereotypem oder aggressiven Picken, Verhaltensweisen die vom tierschützerischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus unerwünscht sind, vorgebeugt werden.

Kritisch ist daher die, wie in der Umfrage offensichtlich wurde, allgemein übliche (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20) Verwendung von Dauerlicht jeweils über den gesamten Mastdurchgang zu sehen. Aus Sicht der Landwirte sprechen zwei Argumente für diese Praxis: Zum Ersten wird angeführt, dass die Tiere während der Skotoperiode kein Futter aufnehmen und somit nicht wachsen, zum Zweiten wird auf die empirische Beobachtung verwiesen, dass die Tiere unter Dauerlicht generell weniger erregbar seien. Dies führe zu einer geringeren Inzidenz von Paniken sowie von Hautverletzungen, wie beispielsweise der Nekrotisierenden Dermatitis sowie von Fangverletzungen. Diese Praxis ist beim derzeitigen Stand des Wissens vom Standpunkt des vorbeugenden Tierschutzes her als problematisch zu beurteilen, da Dauerlicht während der Starter- und Aufzuchtphase regelmäßig zu morphologischen und auch funktionellen Veränderungen der Augen führen kann (LAUBER und MCGINNIS 1966). Weiterhin ist offensichtlich, dass es infolge des Dauerlichts zu einer Unterbrechung oder zumindest Abschwächung der zirkadianen Rhythmen der Tiere, somit zu einem Verlust des endogenen Zeitgebers, kommen dürfte, was sicherlich als tierschutzrelevant einzustufen ist. Ungelöst bei der Ablehnung von Dauerlicht bleibt jedoch die Frage, wie das eingangs genannte Risiko für Havarien infolge von Panik der Tiere zu managen ist.

Während der Mast tragen Lichtprogramme mit definierten Dunkelphasen zu einer Verbesserung des Wohlbefindens und der Gesundheit von Broilern bei. Insbesondere fördern Lichtprogramme die lokomotorische Aktivität während der Hellphase und können die Inzidenz von Lahmheiten und Tibialer Dyschondroplasia, einer der Hauptursachen für Lahmheiten in der Broilermast, verringern (SANOTRA et al. 2002). Ein weiterer Anhaltspunkt findet sich in den Untersuchungen von Savory und Duncan (1982), die zeigten, dass operant konditionierte Hühner motiviert waren, für eine Helligkeitsperiode von mindestens vier Stunden pro Tag zu arbeiten. Hierbei war eine klare zirkadiane Rhythmizität erkennbar mit verstärktem Einschalten der Leuchtmittel in den frühen Morgenstunden. Konnten die Tiere zwischen hell und dunkel wählen, präferierten sie eindeutig Helligkeit. Dabei wurde

jedoch immer noch für ca. 10 % der zur Verfügung stehenden Zeit Dunkelheit ausgewählt.

In diesem Zusammenhang ist es von zentraler Bedeutung, ob es für die Auslösung eines zirkadianen Melatoninrhythmus' eines bestimmten Schwellenwertes der Lichtintensität bedarf, wie es beispielsweise für Schweine bekannt ist (MACK und UNSHELM 1997). Dies wäre ein wichtiger Anhaltspunkt für faktenbasierte gesetzliche Mindestanforderungen an die Lichtintensität im Stall. Letztere stellt einen Anlass für fortwährende Kontroversen zwischen dem organisierten Tierschutz einerseits, der eine Mindestlichtintensität von 100 Lux in der ersten Woche sowie 50-100 Lux im weiteren Verlauf der Mast verlangt (ANONYM 2005a) sowie den europäischen Lobbyorganisationen der Agrarwirtschaft auf der anderen Seite, die zu Beginn der Mast eine Lichtintensität von 15 Lux als ausreichend ansehen und darauf drängen, in der zweiten Masthälfte Mindestwerte von 5 Lux festzuschreiben (ANONYM. 2005b), dar.

Für Stallneubauten in Deutschland ist seit Einführung der Bundeseinheitlichen Eckwerte eine Fensterfläche von mindestens 3 % der Stallgrundfläche vorgesehen. Auch hier kann es sich lohnen, sich die grundsätzliche physiologische Ausstattung des Huhnes, die ein Sehen im UV-Bereich ermöglicht, gewärtig zu machen. Glas filtert bekanntermaßen stark in eben diesem Bereich der optischen Strahlung, für Kunststoffe, die teilweise auch als Fenstermaterialien dienen, muss stärker differenziert werden, da es hier Materialien gibt, die UV-transmissibel sind, andere zeigen in diesem Bereich eine geringe Transmission. Bekanntestes Beispiel dürfte hier das Dach der 2005 fertig gestellten Münchner Allianz-Arena sein. Hier gilt es, ebenso wie oben im Bezug auf verwendete Lichtfarben ausgeführt, abzuklären, inwieweit die in Stallungen gängigerweise verwendeten Fenstermaterialien die Gestaltung einer Haltungsumgebung erleichtern, die an die visuelle Ökologie der Urform des Huhns angelehnt ist und auch, inwieweit Abweichungen von dieser „idealen visuellen Haltungsumgebung“ als Managementfaktoren genutzt werden können, ohne vom Tier als Stressoren wahrgenommen zu werden. Die gemeinhin verbreitete Praxis, die Fenster mit Ablauf der Starterphase dauerhaft lichtdicht zu verschließen, entspricht nicht dem Geist der Bundeseinheitlichen Eckwerte, ergibt sich jedoch aus der Notwendigkeit, bei einem 2(8L:4D)-Lichtprogramm auch während des Tages Dunkelphasen zu fahren.

Wie die Auswertung der Bestandsaufnahme zeigt, wurde vor allem in älteren Stallungen oftmals blankes Metall als Deckenmaterial verbaut. In Kombination mit Neonröhren, die mittels eines KVG betrieben werden und deren Flackern (Frequenz 100 Hz) Hühner wahrnehmen können, ist hier möglicherweise von einem extrem verstärkten Stroboskopeffekt auszugehen. Allerdings kam diese Kombination im Untersuchungsgut nicht vor.

Was die Wand- und Deckenfarben angeht, so ist davon auszugehen, dass handelsübliche Baumaterialien verwendet wurden. In der Regel ist hier eine Reflexion der optischen Strahlung auch im UV-Bereich gegeben (PRESCOTT und WATHES 1999), anders als bei natürlichen Baustoffen. Die diesbezüglichen Verhältnisse in den Stallungen sind derzeit noch unbekannt.

Fasst man die oben diskutierten Ergebnisse zusammen, ergibt sich folgender Ausblick:

In der konventionellen Junghühnermast kommt der Mast in rundum geschlossenen Gebäuden (Massivstallungen) unumstritten die größte Bedeutung zu. Der substantielle Bestand an Altstallungen zeigt, dass diese landwirtschaftlichen Gebäude oftmals über Jahrzehnte genutzt werden. Der baulichen Konzeption kommt somit eine große Tragweite zu. Wissenschaftliche Erkenntnisse zur visuellen Perception des Geflügels sind in der Bausubstanz nicht systematisch umgesetzt. Im Bereich der Leuchtmittel, insbesondere was die Verwendung UVA-emittierender Lichtquellen angeht, sowie der Oberflächen- und Fenstermaterialien und der Ausleuchtung besteht weiterer Forschungsbedarf, um Haltungsumwelten zu konzipieren, die unter Berücksichtigung der tierartspezifischen sinnesphysiologischen Eigenarten eine Verbesserung des Betriebsergebnisses ermöglichen können. Aufgrund der Berührungspunkte mit den Bauwissenschaften und der Landtechnik könnte hier ein interdisziplinärer Ansatz geboten sein. Denkbar wäre ein „Baustoffkatalog“, der die gängigen im Stallbau verwendeten Materialien hinsichtlich ihrer Eignung für die Geflügelhaltung auflistet, im Sinne einer angewandten Optimierung der visuellen Ökologie, also unter Berücksichtigung der Anpassung des Sehsystems der Tiere an ihren spezifischen Lebensraum, bzw. den Lebensraum der Wildform.

Praxisrelevante Beleuchtungsstrategien sollten vor dem großtechnischen Einsatz auf ihre Tiergerechtigkeit geprüft werden.

Helligkeitsmessung in Stallungen ist nötig. Die Helligkeit sollte in regelmäßigen Abständen überprüft werden, allerdings ist es vorab unabdingbar, hier eine standardisierte und praktikable Methodik festzulegen, die die Ausleuchtung der Stallgrundfläche berücksichtigt. Mittelfristig sollte angestrebt werden, Helligkeitsmessungen tierartspezifisch vorzunehmen.

Die Verwendung von Dauerlicht ist weit verbreitete Praxis, dies ist vom Standpunkt des Tierschutzes her als problematisch zu beurteilen, zumal kontrovers diskutiert werden kann, ob dies einen wesentlichen Leistungsvorsprung erbringt. Das Management stark erregbarer Herden, insbesondere bei fortgeschrittener Mastdauer ist jedoch ein sehr kritischer Bereich, der eine Verwendung von Dauerlicht nötig machen kann.

Die Melatonin-Rhythmizität in Abhängigkeit vom Lichtprogramm ist im Bereich der Junghühnermast eine weitgehend unbekannte Größe. Hier besteht Forschungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf die Lichtintensität und auf die Dauer der Dunkelphase, die nötig ist, um eine solche Rhythmizität auszulösen. Weitergehende Kenntnisse dieser Materie würden eine Bewertung der Dauerlichtproblematik erleichtern.

Wichtigstes Anliegen muss der Wissenstransfer vom Forscher zum Hersteller von Stallbauten sowie zum Landwirt sein, also eine Verankerung des angewandten Tierschutzgedankens in der betrieblichen Praxis.

4.1.2 Spektrophotometrische Erfassung der Beleuchtung

In untenstehender Abbildung 66 ist exemplarisch ein Vergleich menschlicher und aviärer Helligkeitsempfindung zu sehen. Die Daten der Wintermessung im Naturstall (siehe 3.1.3.3 Spektrometrische Erfassung der Beleuchtung) sind vor dem Hintergrund des untersuchten Stallgebäudes aufgetragen. Die Transversale wurde in einem mittig gelegenen Bereich des Stalles von einer Seitenwand zur anderen auf Augenhöhe der Tiere gezogen. Deutlich können der Einfluss des Messpunktes auf dieser virtuellen Linie sowie der ausgeprägte Unterschied in der Helligkeitsempfindung zwischen Huhn und Mensch nachvollzogen werden.

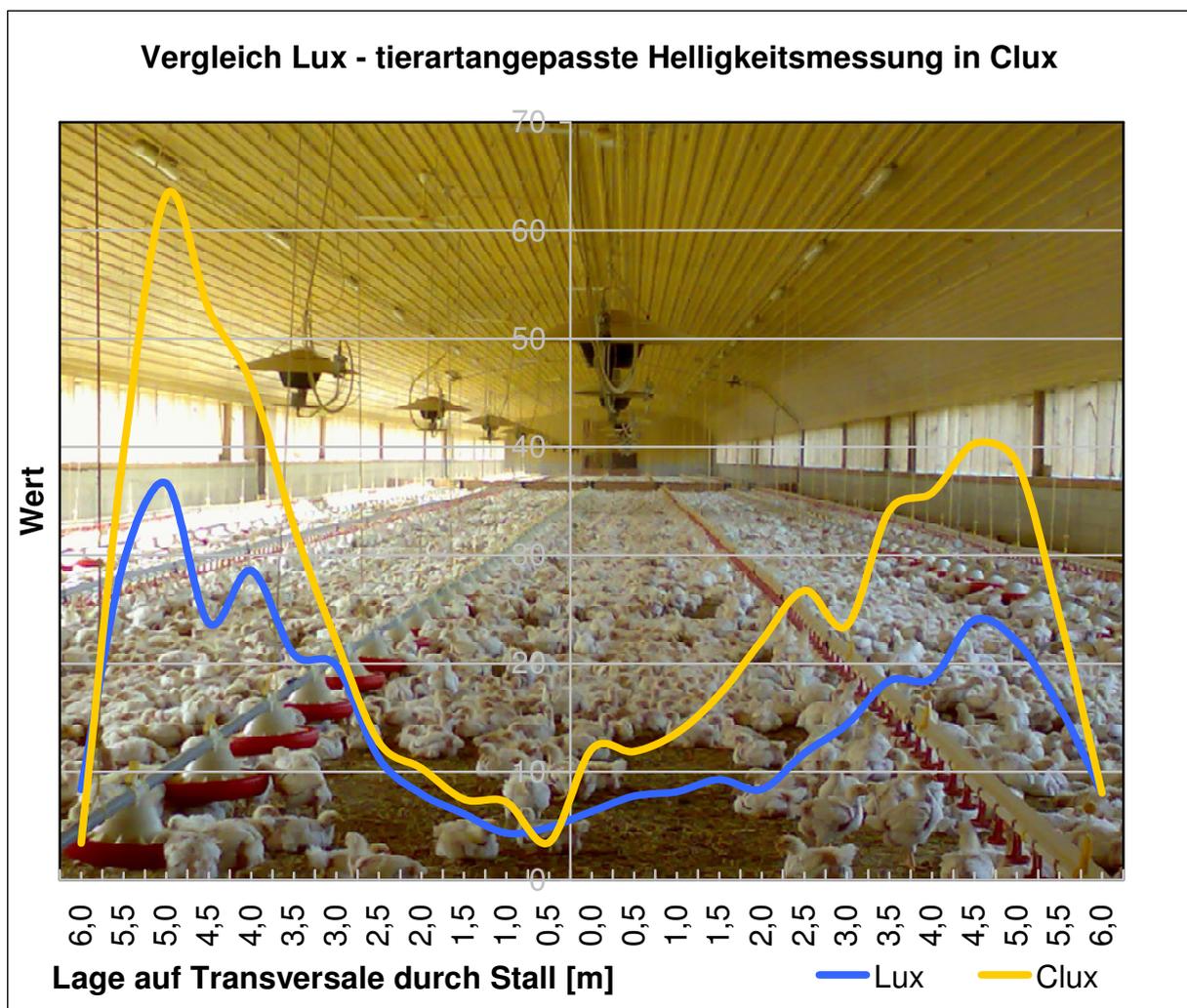


Abbildung 66: Gegenüberstellung Helligkeitsempfinden Mensch - Vogel

Bei der Lichtintensität, gemessen in Lux, zeigten sich in allen Stallformen enorme Unterschiede in der Beleuchtungspraxis, sowohl in der Wintermessung, besonders jedoch auch unter Berücksichtigung der zur Sommersonnenwende gemessenen Werte. Die Tatsache, dass alle untersuchten Betriebe seit Jahren erfolgreich wirtschaften, demonstriert, dass hinsichtlich der Lichtumgebung eine hohe Adaptationsbreite der verwendeten Masthybriden zu bestehen scheint. Zu bedenken ist weiterhin, dass die Messungen unter Verhältnissen wie zu Beginn der Mast, also im für gewöhnlich hellsten Abschnitt eines Durchganges, durchgeführt wurden. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Unterschiede bei den geschlossenen Stallformen im weiteren Verlauf der Mast nivellieren, nicht jedoch im Naturstall, wo insbesondere im Sommer, Lichtintensitäten von über 1000 lx gemessen werden konnten.

Auffällig unter den Beispielbetrieben war der Massivstall älterer Bauart, der nicht die in den Bundeseinheitlichen Eckwerten geforderte Mindestlichtintensität auf Augenhöhe der Tiere erreichte. Es steht zu vermuten, dass bei internen und externen Kontrollen eine unsachgemäße Messung der Lichtintensitäten durchgeführt wurde, z.B. nicht auf Augenhöhe der Tiere. Dies verdeutlicht einmal mehr die Notwendigkeit eines rigoros standardisierten Vorgehens bei der Erfassung der Lichtumgebung in Stallungen für Geflügel. Die derzeitige Praxis auf diesem Gebiet ist als nicht ausreichend anzusehen, zumal bei der Verwendung preisgünstiger Geräte aus dem Elektronik-Fachhandel, bedingt durch die Verwendung filterbasierter Systeme, große Messfehler auftreten können. Auch durch den Abstand der Messgeräte zum Leuchtmittel kann es zu ganz erheblichen Messfehlern kommen, nimmt doch die Beleuchtungsstärke mit dem Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle (photometrisches Entfernungsgesetz) ab.

Der schmalste der untersuchten Ställe war der Massivstall älterer Bauart mit lediglich 10m Gesamtbreite. Hier war eine annähernd gleichmäßige Verteilung der Lichtintensität – wenn auch auf niedrigem Niveau – zu messen. Bei den Graphen der Lichtintensität in den anderen Stallformen war stets ein steiler Anstieg respektive Abfall an den Rändern der Stallungen zu erkennen. Ganz extrem ist dieses Phänomen bei den Sommermessungen anhand des Naturstalles und – in abgeschwächter Form – auch des Massivstalles neuerer Bauart nachzuverfolgen. Dies zeigt, dass eine gleichmäßige Ausleuchtung der gesamten Stallfläche in den

vorliegenden Fällen nicht gegeben war. Eine Besichtigung vor Ort ließ erkennen, dass die fraglichen Bereiche im Schatten der Außenmauern lagen, so dass das Sonnenlicht nicht einfallen konnte, dass jedoch aufgrund der Nähe zu den vorhandenen Fenstern keine künstlichen Leuchtmittel zur gleichmäßigen Ausleuchtung vorhanden waren. Es ist somit davon auszugehen, dass die Randbereiche vieler Stallungen nicht mit der gleichen Intensität beleuchtet werden wie die weiter innen liegenden Flächen. Dies ließe sich möglicherweise vermeiden, wenn in der Planungsphase eines Stalles eine Simulation der Beleuchtung durchgeführt würde. Hierzu stünden, wie bereits erwähnt, verschiedene Softwareprodukte zur Verfügung (z.B. DIALux®, Fa. DIAL, Lüdenscheid, Deutschland), deren Nutzung z.B. in der Innenarchitektur Standard ist.

Weiterhin auffällig ist eine deutlich trogförmige Verteilung der Helligkeit im Naturstall, wo offensichtlich neben den oben besprochenen Effekten an der Außenwänden des Stalles zum Tragen kommt, dass das Tageslicht nur in den seitlichen Bereichen der Stallfläche bestimmend ist, in der Mitte des Stalles jedoch, unabhängig von der absoluten Lichtintensität, aufgrund des Einfallswinkels der Sonne Kunstlicht vorherrscht. Deutlich ist somit zu erkennen, dass in dieser Stallform starke Schwankungen der Stallausleuchtung durch Einfall von Tageslicht gegeben sind, wobei im mittleren Drittel des Stalles ein regelrechtes „Beleuchtungsloch“ entstehen kann (siehe Abbildung 66)

Bei der Interpretation der tierartangepasst (Clux) gemessenen Werte ist es wichtig, sich zu vergewärtigen, dass ein direkter Vergleich dieser mit den in Lux gemessenen Werte nicht möglich ist. Aufgrund der gegenüber der Einheit Lux veränderten Gewichtung, insbesondere unter Berücksichtigung auch des Blauspektrums sowie des UVA-Anteils im Lichtspektrum (siehe Abbildung 65), werden Messungen in Clux in aller Regel höhere Werte erbringen als in Lux. Zu erkennen ist dies beispielsweise an der Kurve des Massivstalles älterer Bauart, die durchweg höher liegt, als die in Lux gemessene.

Allgemein ist zu sehen, dass in den Graphen, welche die Messung in Clux wiedergeben, in der Wintermessung Helligkeitsunterschiede zwischen verschiedenen Stallbereichen deutlicher zutage treten als in Lux. Besonders eindrücklich ist dies am Beispiel des Massivstalles neuerer Bauart sowie des Naturstalles. In letzterem betrug bei der Messung in Lux das Verhältnis von Minimum zu Maximum in etwa 1: 9, bei

der Messung in Clux ca. 1: 15. Auch dies illustriert die These, dass der Beurteilung der Stallbeleuchtung eine tierartangepasste Methodik der Helligkeitsmessung zugrunde gelegt werden sollte, so dass subjektiv empfundene Gradienten der Helligkeitsverteilung vermieden oder minimiert werden können.

Grundsätzlich bleibt offensichtlich, dass die Messungen in Lux und Clux einem gemeinsamen Prinzip folgen, auch die Relation der einzelnen Stallformen zueinander bleibt in etwa gewahrt, wie es z.B. in der Sommermessung bei der in etwa gleich bleibenden Relation von Naturstall und Massivstall neuerer Bauart zueinander zu sehen ist.

Gleiches gilt für die Messung der Globalstrahlung in der nicht gewichteten Einheit W/m^2 (siehe Abbildung 28: Verlauf Strahlungsintensität Globalstrahlung). Im Gegensatz zu den bis dato aufgeführten photometrischen (gewichteten) Einheiten sind in der Wintermessung gewisse Änderungen der Relationen der Graphen zueinander durchaus zu erkennen, beispielsweise in der Annäherung der in Klappenstall und Massivstall neuerer Bauart gemessenen Werte. An den Graphen der Sommermessung ist dies nicht nachvollziehbar, da angesichts der hohen gemessenen Werte in Natur- und neuem Massivstall die Werte der anderen Stallformen auf der Nulllinie konfluieren.

In allen Stallformen, die den Einfall von Tageslicht erlauben, war im Winter ultraviolette Strahlung zu messen. Dies ist grundsätzlich positiv zu sehen, da somit eine Stimulation aller vier Farbkanäle des Tetrachromaten „Huhn“ gegeben ist. Im untersuchten Naturstall waren vergleichsweise etwas höhere Werte zu messen, was aller Wahrscheinlichkeit nach durch die dünnen Kunststoffvorhänge bedingt ist, die eine deutlich dünnere Filterschicht darstellen als beispielsweise das Fensterband des Massivstalles. Beim Vergleich der Winter- mit der Sommermessung zeigen sich hier eklatante Unterschiede zwischen den Stallformen. Lag im Winter der höchste gemessene Werte im Bereich von $0,75 \mu W/m^2$, so wurde im Sommer im Naturstall ein Maximum der UVA-Strahlung von annähernd $90 \mu W/m^2$ gemessen. Dies entspricht einer Steigerung um mehr als den Faktor 100 und lässt die oben besprochenen graduellen Differenzen zwischen den Stallformen bedeutungslos erscheinen. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang erscheint, dass auch im Naturstall neuerer Bauart mit Fensterband der gemessene Wert der UVA-Strahlung gegen Null geht. Dies ist darauf zurückzuführen dass einzig im Naturstall im Sommer

direkte Sonneneinstrahlung gegeben ist, ohne Filterung durch Fenster o.ä. optische Medien, die UV-Strahlung absorbieren.

Bei der Messung der Farbtemperatur (dargestellt in Abbildung 30) konnte sommers wie winters insbesondere im Klappenstall ein ausgesprochen konstanter Wert erhoben werden. Dies spricht für eine gut konzipierte und insbesondere gleichmäßige Beleuchtung in diesem Stall, was auch bei der Lichtintensität bereits zu sehen ist (s.o., Wintermessung). Ein ähnlicher Kurvenverlauf ist bei der Farbtemperatur des Massivstalles neuerer Bauart zu erkennen, was zeigt, dass in diesen neuen und groß angelegten Stallanlagen vergleichsweise mehr Aufwand bei der Konzeption und beim Einbau der Beleuchtung getrieben wurde, als dies z.B. noch beim Naturstall oder dem Massivstall ohne Fenster der Fall war.

Die absoluten Werte der Farbtemperatur schwanken stark zwischen ca. 2500 K, also Licht, das deutlich im sogenannten warm-weißen Bereich liegt, im Massivstall älterer Bauart und ca. 5000 K, also deutlich kühler wirkendes Licht im Naturstall bei der Wintermessung und ca. 3500 bis zu ca. 9500 bei der Sommermessung. Letztgenannter Wert wurde im Naturstall im Bereich der direkten Sonneneinstrahlung erhoben.

Die vorgenannten Kurven der Wintermessung weisen einen deutlich U-förmigen Verlauf auf, was sich im Falle des Massivstalles aus der Verteilung der Leuchtmittel mit unterschiedlicher Lichtfarbe ergibt (mittig im Abteil ein Strang Energiesparlampen, jeweils rechts und links im Abstand von ca. 2,5 m ein Strang dimmbarer Glühbirnen). Beim Naturstall dürfte sich der Verlauf der Kurve mit dem Einfall von Tageslicht auf beiden Seiten des Stalles durch die grünlich eingefärbten, transparenten Vorhänge erklären lassen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es sich bei obiger Aufarbeitung der gemessenen Werte aus vier Stallungen nicht um eine abschließende Betrachtung dieser Stallformen hinsichtlich der Beleuchtungsumgebung handelt, vielmehr wurden die Fragestellungen, die in Zukunft im Hinblick auf die Stallbeleuchtung wichtig werden könnten, in vier typischen Stallungen exemplarisch betrachtet. Im Vordergrund der Diskussion wird künftig die tierartspezifische Helligkeitsmessung stehen müssen. Deren Werte fallen grundsätzlich ähnlich den in Lux gemessenen Werten aus, zeigen jedoch, bedingt durch eine veränderte Gewichtung der gemessenen Globalstrahlung, stärkere Ausschläge dort, wo Tageslichteinfall

gegeben ist. Dies lässt sich deutlich in den im Abschnitt „3.1.3.3 Spektrometrische Erfassung der Beleuchtung“ dargestellten Graphen nachvollziehen.

Die ausgeprägten Unterschiede in den absoluten Werten innerhalb eines Stalles lassen verschiedene Denkansätze in der Bewertung zu:

Einerseits könnte es sinnvoll sein, im gesamten Stall auf Augenhöhe der Tiere für eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung zu sorgen, wie es auch vom Gesetzgeber gefordert wird. Es ist zu erwarten, dass diese Maßnahme auch zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Tiere im Stall führen dürfte. Andererseits wird von einigen Autoren eine Zonierung des Stalles mit Hilfe unterschiedlicher Lichtfarben und Beleuchtungsumgebungen als möglicher Ansatzpunkt einer tierschutzgerechteren Stallgestaltung angesehen (NUBOER 1994), auch im Sinne einer Gestaltung der visuellen Ökologie der Haltungsumgebung ähnlich jener der Stammform des Haushuhns, wie sie beispielsweise bei Théry (2001) beschrieben ist. Es wird postuliert, eine Gestaltung nach diesen Kriterien könnte den Tieren eine gewisse Wahlfreiheit in der Nutzung der von Ihnen bevorzugten Bereiche zubilligen und würde insbesondere auch die Gestaltung von Rückzugs- und Ruhebereichen ermöglichen.

Unter den Restriktionen der intensiven Geflügelmast mit hohen Besatzdichten und hohem wirtschaftlichen Verlustpotential im Falle einer Havarie (Panik) scheint jedoch der zuerst aufgeführte Ansatz einer möglichst gleichmäßigen Ausleuchtung der gesamten Fläche geboten. Dies geht Hand in Hand mit der Forderung nach konsequenter Umsetzung eines Lichtprogrammes mit ausreichend Dunkelphasen, insbesondere bei hohen Besatzdichten (SANOTRA et al. 2002).

Ein weiterer zentraler Ansatzpunkt bei der Betrachtung von Lichtumgebungen ist die Integration der UVA-Strahlung in die Bewertung der Tiergerechtigkeit der jeweiligen Haltungsform. In mehreren Stallformen ist – wie ausgeführt – ein gewisser Einfall von UVA-Strahlung auf die von den Tieren genutzte Fläche gegeben. Es könnte vorteilhaft sein, dies in allen Stallungen regelmäßig einzuführen, beispielsweise über zusätzliche UVA-emittierende Leuchtmittel, da nur so für die mit einer tetrachromatischen Farbwahrnehmung ausgestatteten Vögel der Eindruck von weißem Licht entstehen kann. In diesem Bereich bleibt Abklärungsbedarf bestehen, inwieweit es von Vorteil ist, sich an die extrem hohen Werte der im Sommer gemessenen UV-Strahlung anzunähern.

Aus diesen Forderungen ist auch abzuleiten, dass hinsichtlich der Verwendung von UV-transmissiblen und –reflektierenden Baumaterialien in der Geflügelhaltung – denn diese Ausführungen lassen sich auf jegliches Geflügel übertragen – noch Erfassungs- und Forschungsbedarf besteht. Anzustreben wäre beispielsweise ein Katalog der verschiedenen standardmäßig verwendeten Baustoffe, in welchem diese gezielt nach ihrer Eignung überprüft werden, in einer unter den oben besprochenen Gesichtspunkten tiergerechten Geflügelhaltung eingesetzt zu werden.

4.2 Teil 2 – Überprüfung zweier Lichtprogramme

Grundsätzlich ist bei der Bewertung der Ergebnisse der vorgestellten Studie zu berücksichtigen, dass sämtliche Daten in praxi unter Bedingungen der intensiven Hähnchenmast erhoben wurden. Gegenüber Versuchen, die unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden, bringt dies zahlreiche Störfaktoren mit sich, jedoch sind die auf diesem Wege gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit in die Praxis unmittelbarer anzuwenden. Hervorzuheben ist einerseits die erhebliche Streubreite der Besatzdichten, wie sie tabellarisch auf Seite 89 dargestellt wurde, andererseits die Tatsache, dass sämtliche Managementmaßnahmen, wie beispielsweise die Umstellung der verschiedenen Fütterungsphasen oder die Ausstattung, produktionsorientiert erfolgten. Die Anzahl der Behandlungen mit antibiotisch wirksamen Stoffen, wie sie auf Seite 126 zusammengefasst sind, ist ein deutlicher Indikator für den Infektionsdruck, dem die Herden unterlagen und zeigt, dass die unterschiedlichen Behandlungsstrategien individualspezifisch auf die Situation der einzelnen Herde angepasst werden mussten.

Eine Beleuchtung unter Nutzung von Glühbirnen entspricht nicht mehr dem Stand der Technik, ist jedoch, wie aus der Bestandserhebung hervorging (Seite 65), immer noch weit verbreitet. Gleiches gilt für die Stalltechnik im Versuchsstall (Luftführung, Raumvolumen, Ein- und Ausstattungslogistik).

Die vorgestellte Messmethodik mit Erfassung der Lichtintensität in Lux auf Augenhöhe der Tiere am dunkelsten Punkt zwischen zwei Beleuchtungssträngen und Orientierung des Sensors zur Decke hin ist auf die spezifischen Bedingungen des Versuchstalles abgestellt. Eine einheitliche Vorgabe bezüglich der Messmethodik oder der zu verwendenden Geräte existiert nicht, was sicherlich ein großer Schwachpunkt bei der Würdigung unterschiedlicher Beleuchtungsumgebungen ist, ebenso wie die Verwendung der Einheit „Lux“ anstelle einer an die spezifische spektrale Empfindlichkeit der Vögel angepassten tierartspezifischen Einheit (KRISTENSEN 2004, PRAYITNO 1997, BARBER et al. 2006).

Wie aus den Graphen auf Seite 97 zu erkennen ist, waren am Erfassungspunkt trotz einheitlicher Aufstellung der Stationen, klarer Managementvorgaben und Einstellung

der Lichtintensität zu Beginn eines jeden Durchganges erhebliche Abweichungen möglich. Eine einheitliche Lichtintensität auf der gesamten Stallfläche ist offensichtlich bei dieser Verteilung und vergleichsweise geringen Anzahl der Lichtquellen nicht zu erreichen, vielmehr ist von einem bestimmten Korridor auszugehen, in welchem sich die Lichtintensität bewegen wird. An dieser Stelle sei nochmals auf Abbildung 64 verwiesen.

Wie zu erwarten war, konnte Strahlung im UVA-Bereich nicht gemessen werden. Dies zeigt, dass einerseits der von den Leuchtmitteln emittierte Anteil an kurzweiliger Strahlung unter der Nachweisgrenze der genutzten Messgeräte lag und andererseits der geringe Tageslichteinfall durch die Lüftungsöffnungen den Einfall von UV-Strahlung verhinderte. Somit ist im Versuchsstall von einer Umgebungswahrnehmung der Hühner in Falschfarben auszugehen. Dies demonstriert, wie Konzeption und Bau der Stallungen auf menschliche Bedürfnisse abstellen und sich primär am menschlichen Sensorium orientieren.

Die Messung des Intraokulardruckes (IOP) nach dem standardisierten Procedere wie es von Braun (1995) beschrieben wurde, erbrachte Ergebnisse von hinreichender Genauigkeit. Bei Betrachtung der entsprechenden Boxplots auf den Seiten 99 und 100 fällt auf, dass der Verlauf des IOP in beiden Gruppen grundsätzlich gleich war, jedoch war der Anstieg der Gruppe unter 20 lx Mindestlichtintensität am Masttag (MT) 14, i.e. einen Tag nach Umstellung der Beleuchtung in den Abteilen, die dem LP2 unterworfen waren, sichtbar stärker. Der entsprechende Maximalwert der Gruppe, die einer Mindestlichtintensität von 5 lx ausgesetzt war, war erst mit dem 21. Masttag erreicht.

Allgemein gültige Referenzwerte für den Intraokulardruck beim Jungmastgeflügel sind nicht publiziert, ein Vergleich mit den Werten verschiedener Publikationen (BRAUN 1995; LAUBER et al. 1972, LAUBER und KIVETT 1981, SCHMID et al. 2003) zeigt jedoch, dass ein Korridor von 8,5 bis 18 mmHg als physiologischer Bereich beim adulten Haushuhn zu betrachten sein dürfte (bezeichnet mit grünen Linien in Abbildung 43). Die gemessenen Werte lagen im Median und Mittelwert innerhalb dieses Bereiches. Auch der Verlauf deckt sich in etwa mit dem von Schmid et al. (2003) beschriebenen, auf einen initialen Anstieg auf bis zu 18 mmHg folgte ein sukzessiver Abfall der Werte. Ein deutlicher Unterschied ist einzig in den

Ausgangswerten zu finden, die in der vorliegenden Untersuchung erheblich niedriger waren, als von Schmid et al. berichtet.

Die Unterschiede zwischen den Verläufen des IOP über die Zeit sind signifikant, was darauf hinweist, dass die unterschiedlichen Beleuchtungsintensitäten messbare Auswirkungen auf die Entwicklung des Sehorgans haben. Die gemessenen absoluten Differenzen sind jedoch gering, die biologische Relevanz hinsichtlich einer Einschränkung des Wohlbefindens im LP2 muss angezweifelt werden.

Bei den Augenmaßen zeigt sich ein klarer Trend dahingehend, dass die Augen der unter LP2 mit einer Mindestlichtintensität von 5 lx gehaltenen Tiere konsistent größer waren als die der Referenzgruppe. In der Schwermast war dieser Unterschied ebenfalls hochsignifikant. Diese Ergebnisse sind eindeutig und zeigen, dass im vorliegenden Fall die Beleuchtung einen modulierenden Effekt auf die Entwicklung des Sehorgans hatte. Klar ist jedoch angesichts der geringen Unterschiede, die sich im Bereich einiger 1/10 mm bewegen auch, dass die vorgefundenen Alterationen nicht das anatomisch-morphologische Substrat der von Lauber (1987) als „Dim light buphtalmos“ beschriebenen extremen Veränderungen darstellten. Möglicherweise ist von einem kompensatorischen Wachstum in geringem Maße auszugehen. Die biologische Relevanz der gemessenen Zunahmen in den dunklen Abteilen bleibt ebenfalls fraglich.

Im Verhältnis zur gesamten Körpermasse flugfähiger Vögel ermittelten Brooke et al. (1999) folgende speziesunabhängig anwendbare Regressionsgleichung:

$$\log(\text{Augenmasse}) = 0,68 \times \log(\text{Körpermasse}) - \log(23,9)$$

Formel 2: Regressionsgleichung Augenmasse in Abhängigkeit von Gewicht

Exemplarisch angewandt auf Masthühner mit einem Lebendgewicht von 1500, respektive 2000 g, wie sie im Untersuchungsgut vorkamen, wäre somit eine absolute Augenmasse zwischen 6,06 g und 7,31 g zu erwarten. In der vorgestellten Untersuchung wurden je nach Mastverfahren (Normal- oder Schwermast) Maximalwerte von ca. 1,5-2 g pro Auge, also etwa 3-4 g pro Tier ermittelt, also um ca. 30 % niedrigere Werte. Dies dürfte sich aus der Verschiebung der Körperproportionen zugunsten eines extremen Fleischansatzes durch intensivste züchterische Bearbeitung der Masthybridenlinien erklären lassen.

Einschränkend muss gesagt werden, dass in der vorliegenden Studie das Hauptaugenmerk auf den Auswirkungen der Lichtintensität lag. Als ein weiterer Faktor in der Genese lichtinduzierter Pathologien des Auges ist jedoch die Dauer der Hellphase anzusehen (Review bei LAUBER 1987; cf. auch KORBEL 1996). Dies konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht weiter bearbeitet werden. Hinzu kommt die Frage nach den Auswirkungen des Lichtprogrammes auf die zirkadiane Rhythmizität der Tiere (LAUBER et al. 1986, GWINNER 1996), die, wie weiter oben bereits diskutiert, möglicherweise auch als objektiver Indikator für das tatsächliche Lichtbedürfnis der Hühner herangezogen werden könnte (ENGMANN 2004; MACK und UNSELM 1997).

Im Verhalten zeigten sich in den Funktionskreisen Ruhen und Aktives Verhalten signifikante Unterschiede dahingehend, dass die „dunklen“ Gruppen an den Tagen 21 und 24 mehr Zeit ruhend verbrachten, wohingegen die Tiere in den hellen Stallabteilen an den Tagen 7, 14 und 35 signifikant mehr Aktives Verhalten an den Tag legten. Dies entspricht im Wesentlichen der Arbeitshypothese, dass eine hellere Umgebung zu mehr Aktivität und weniger Ruheverhalten der Tiere führe und deckt sich mit den Ergebnissen der Verhaltensstudien, die von Boshouwers und Nicaise an Legehennen (1987) durchgeführt wurden.

Einschränkend ist hier zu sagen, dass Unterschiede am Tag 7 nicht auf das Lichtprogramm zurückzuführen sein können, da die Differenzierung in zwei Gruppen erst am 13. Masttag erfolgt.

Futteraufnahmeverhalten war an den Tagen 21 und 24 in den hellen Abteilen signifikant erhöht. Dies mag auf die beschriebene höhere Aktivität der Tiere oder auch auf eine höhere Attraktivität des Futters unter der helleren Beleuchtung zurückzuführen sein. Die Beobachtung der Wasseraufnahme ergab ein uneinheitliches Bild mit höherem Anteil dieses Verhaltens in der 5lx-Gruppe am Tag 7 und in der 20lx-Gruppe am Tag 21.

Am Tag 24 war in den Abteilen mit einer Mindestlichtintensität signifikant häufiger Verhalten des Funktionskreises „Komfortverhalten“ zu beobachten, was für ein höheres Wohlbefinden unter diesen Bedingungen sprechen könnte.

Hinsichtlich Aggression waren keine Unterschiede erkennbar, Erkundungsverhalten war am Tag 14, also einen Tag nach Umstellung der Beleuchtung, in der hellen

Gruppe, in signifikant höherem Umfang zu beobachten, dieser Unterschied nivellierte sich jedoch im weiteren Verlauf der Mast.

Zusammenfassend ergaben die Verhaltensbeobachtungen, dass in den Abteilen unter LP1 mit einer Mindestlichtintensität von 20 lx signifikant mehr aktives Verhalten sowie mehr Explorations- und Komfortverhalten bei weniger Ruheverhalten vorlag. Die Unterschiede waren jedoch nicht über den gesamten Untersuchungszeitraum nachzuverfolgen, sondern manifestieren sich primär bis zum Masttag 24 (siehe Tabelle 9, Seite 103). Einzige Ausnahme ist hier das Verhalten des Funktionskreises „Aktiv“, das auch am Masttag 35 in einem signifikant höheren Anteil zu beobachten war. Dies legt nahe, dass ab dem Überschreiten eines bestimmten Lebendgewichtes exogene Stimuli nicht mehr ausreichen, um zu signifikanten Unterschieden im Verhalten der Tiere zu führen, sondern dass ab dem Überschreiten einer Körpermasse von ca. 1000 g (vgl. Abbildung 67) Ruheverhalten in den Vordergrund tritt.

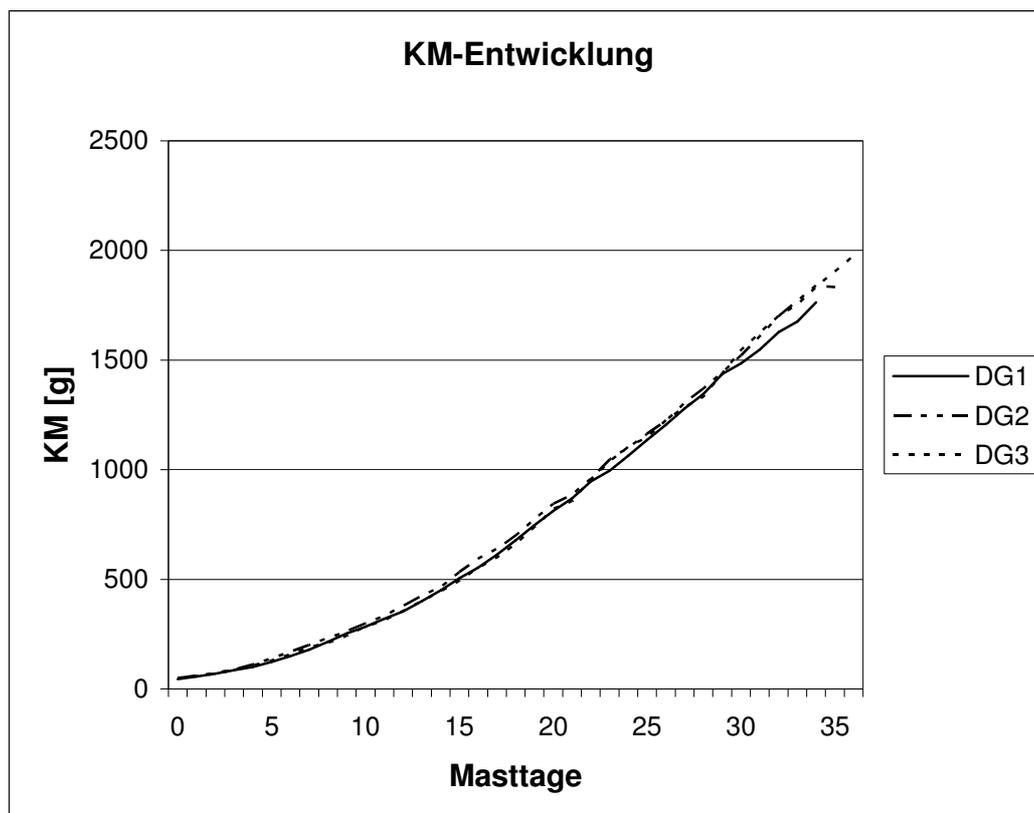


Abbildung 67: Entwicklung der Körpermasse in Versuchsherden

Absolut gesehen decken sich die Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen in etwa mit den von Bessei (1992) in einem Review zusammengefassten Werten, wobei in

der vorliegenden Untersuchung an den Masttagen 7 und 14 deutlich mehr aktives Verhalten beobachtet wurde (Abbildung 53: Verhalten über die Zeit). Erst mit dem 24. Masttag übertraf das Ruheverhalten alle anderen Verhaltensweisen anteilmäßig.

Das Gewicht der Karkassen war bei den Tieren der ersten Ausstellung an den Masttagen 31 und 32 in den hellen Abteilen um ca. 30 g höher als in den dunklen. Dieser Unterschied war signifikant, auch unter Berücksichtigung des Lebensalters. Bei den Tieren, die erst am Ende der Mast ausgestellt wurden (sog. „Schwermast“), zeigte sich der gegenteilige Effekt, die Tiere unter LP2 mit 5 lx Mindestlichtintensität waren um 50 g schwerer. Auch dieser Unterschied war signifikant. Vom Standpunkt der Vermarktung spricht dies sicherlich für eine Haltung unter LP2 mit geringerer Lichtintensität. Hochgerechnet auf 100.000 Tiere handelt es sich um ein Plus von ca. 5000 kg vermarktungsfähiger Ware, das unter LP2 zu verzeichnen war.

Auch die Auswertung der amtlichen Erhebung bezüglich des Verwurfes ergab ein klares Bild: Die Arbeitshypothese, dass das LP1 zu einer höheren Inzidenz von Verwurf infolge Nekrotisierender Dermatitis führe, konnte statistisch abgesichert werden. Unter LP1 erhöhte sich das Risiko für dieses Ereignis – auch unter Berücksichtigung potentieller Störfaktoren wie Mastverfahren (Rausfang- oder Schwermast) oder der Wartezeit – um mehr als das Dreifache. Ein weiterer begünstigender Faktor für das Auftreten des Krankheitsbildes Tiefe Dermatitis ist das Mastverfahren Schwermast an sich. Es steht zu vermuten, dass dies durch die auf Seite 89 beschriebenen hohen Besatzdichten mit bedingt sein könnte (BESSEI 1993).

Eine Aussage der Statistik ist, dass bei einer Zunahme der Wartezeit eine geringere Inzidenz der Verwurfsursachen „Nekrotisierende Dermatitis“ sowie „Kachexie“ zu erwarten ist. Dieser statistisch signifikante Einfluss der Wartezeit auf die Inzidenz dieser Verwurfsgründe ist jedoch aus klinisch-pathologischer Sicht in keinem Fall nachzuvollziehen. Allenfalls wäre eine Zunahme der Inzidenz des Verwurfs infolge der so genannten „Unterhautvereiterung“ vorstellbar, zumal das Auftreten serosanguinöser Entzündungen bereits sechs Stunden nach einer Zusammenhangstrennung der Haut und Inokulation von *E. coli* beschrieben wurde. Charakteristische fibrinöse Plaques können binnen 18 Stunden nach Eindringen von *E. coli* auftreten (NORTON et al. 1997).

Die maximalen Standzeiten der Hähnchen in der Schlachtereierie betragen 3:28 Stunden, das Minimum 28 Minuten. Rechnet man hierzu eine Fahrzeit von einer Stunde sowie die Zeit des Verladens und die Zeit, während der durch vorbereitende Managementmaßnahmen (Futterbahnen aus Reichweite der Tiere entfernen, eventuell Zeiten ohne die Möglichkeit Futter aufzunehmen) Änderungen in der gewohnten Haltungsumwelt der Tiere herbeigeführt werden, so können durchaus sechs und mehr Stunden erreicht werden, in denen die Masthähnchen extremem Stress ausgesetzt sind und fallweise in Panik geraten könnten, was wiederum Anlass zu Verletzungen geben könnte.

Weiterhin wurde ein signifikanter Unterschied bei den Verwurfsgründen „schorfige Haut“, „Septikämie“ sowie „maschinenbedingte Verletzungen“ festgestellt, jeweils dahingehend, dass diese Verwurfsgründe in der Schwermast seltener vorkamen als in der Rausfangmast. Für die ersten beiden Verwurfsursachen ist nachvollziehbar, dass die entsprechenden Tiere im Rahmen der täglichen Selektion durch den Farmleiter gemerzt wurden und in der zweiten Schlachtung nicht mehr auftauchten. Bei den maschinenbedingten Schäden ist offensichtlich, dass sie in keinem Zusammenhang mit den Vorgängen auf der Farm stehen.

Was die Ergebnisse des Pododermatitis-Scorings angeht, so war das gegenteilige Ergebnis erwartet worden. Arbeitshypothese war gewesen: „Das LP2 führt durch geringere Lichtintensität zu geringerer Aktivität der Tiere, was eine höhere Inzidenz an Sohlenballengeschwüren nach sich zieht.“ Dies konnte so nicht bestätigt werden, vielmehr zeigte sich, dass zwischen den Versuchsgruppen zum Zeitpunkt der ersten Schlachtung kein signifikanter Einfluss des Lichtprogrammes bestand, sehr wohl jedoch der Anzahl von Kokzidienoozysten pro Gramm Kot (OPG), die als Ausdruck für die Belastung der Tiere mit Kokzidien anzusehen sind. Dieser Befall führt zu Enteritis und feuchter Einstreu, was wiederum der Entstehung von Pododermatitis Vorschub leisten kann (EKSTRAND 1998). Zum Zeitpunkt der zweiten Schlachtung war ein signifikanter Zusammenhang zwischen heller Beleuchtung und erhöhter Inzidenz von Pododermatitis nachzuweisen, der Einfluss der OPG am Tag 25 blieb signifikant. Diese Ergebnisse sind jedoch mit großer Vorsicht zu interpretieren, da ein kausaler Zusammenhang nicht ohne weiteres herzustellen ist, sie decken sich jedoch bemerkenswerterweise mit den Ergebnissen der ebenfalls unter Praxisbedingungen durchgeführten Untersuchungen von De Baere und Zoons (2004). Letztere

verglichen ebenfalls Lichtprogramme mit 5 lx und 20 lx Lichtintensität, wobei in den helleren Versuchsabteilen (Leuchtmittel Neonröhren) signifikant mehr Erkrankungen der Ständer festzustellen waren, als in den dunkleren Abteilen (Leuchtmittel Glühbirnen).

Beim Auftreten von Kratzern auf den Tierkörpern waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Dieses Ergebnis (siehe Seiten 94 und 122) ist eindeutig und zeigt, dass hinsichtlich der optischen Schlachttierkörperqualität kein Vorteil des LP2 mit niedrigen Lichtintensitäten messbar war.

Die berührungsfreie Messung ausgeschiedener Stresshormone fand über die gesamte Mastdauer statt. Hierzu bestehen nach unserer Kenntnis im Bereich der Hähnchenmast noch keine Untersuchungen. Die Resultate vergleichbarer Versuche mit Kot als Probenmaterial bei Hühnervögeln sind in untenstehender Tabelle 15 zusammengefasst. Beim Vergleich der absoluten Werte ist Vorsicht geboten, da verschiedene Testsysteme mit unterschiedlicher Empfindlichkeit für Corticosteron und dessen ausgeschiedene Metaboliten verwendet wurden, so dass Werte nur innerhalb eines Assays vergleichbar sind.

Die Ergebnisse unserer Messungen lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass in beiden Gruppen im Kükenalter Basalwerte von ca. 350 nmol/kg Kot gemessen wurden. Mit zunehmendem Lebensalter erfolgte ein Anstieg auf etwa 500-600 nmol/kg, zum Ende der Mast hin war wiederum ein deutlicher Abfall zu erkennen. Dies ergibt eine glockenförmige Kurve mit einem Maximum zwischen dem 14. und dem 30. Masttag. Dieser Verlauf entspricht in etwa auch der bei der Messung des IOP ermittelten Kurven sowie dem Verlauf der maximalen Aktivität der Tiere. Insgesamt spiegeln diese Kurven die Zeiten während eines Mastdurchganges wieder, während derer der höchste Metabolismus des Lebenszyklus' der Tiere bestand.

Nach Umstellung der Lichtintensität, insbesondere ab dem Masttag 24 wird eine Aufspaltung der Kurven deutlich, wobei in den dunklen Abteilen im Mittel höhere Werte gefunden wurden als in den hellen. An den Masttagen 24 und 30 waren diese Differenzen grenzwertig nicht signifikant mit $p = 0,103$, respektive $p = 0,120$. Am Masttag 35 schließlich fand eine signifikant erhöhte Ausscheidung von Corticosteron-Metaboliten statt. Bei ansonsten identischen Haltungsbedingungen ist dies als

Hinweis darauf zu werten, dass die dunkle Haltungsumgebung in direktem Zusammenhang mit einer erhöhten Ausscheidung von Glucocorticoiden steht. Dies lässt die begründete Vermutung zu, dass die Beleuchtung in diesem Falle als chronischer Stressor wirkte, was sich vorrangig ab Beginn der vierten Mastwoche bemerkbar machte.

Von Interesse sind in diesem Zusammenhang die gemessenen absoluten Werte. Mit einem Mittelwert von 379 (5 lx) und 341 (20 lx) nmol / kg Kot liegen sie deutlich über den von Rettenbacher et al. (2004) an Legehennen ermittelten Werten (siehe unten). Inwieweit altersbedingte Effekte hier eine Rolle spielen, bleibt unklar. Die Differenzen der Mittelwerte zueinander ab Masttag 24 liegen zwischen ca. 60 und ca. 130 nmol / kg. Dieser Unterschied ist angesichts der Absolutwerte beträchtlich, so dass eine biologische Relevanz der erhobenen Werte in Betracht zu ziehen ist. Die Bewertung dieser Fakten wird durch die erhebliche Streuung der gemessenen Werte (siehe Abbildung 56 bis Abbildung 58) erschwert. In untenstehender Tabelle sind publizierte Corticosteronkonzentrationen aus Kotproben zusammengefasst. Im Vergleich mit den Werten der untersuchten Mastdurchgänge fällt auf, dass letztere – je nach Untersuchungszeitpunkt – teilweise deutlich höher liegen als publizierte Werte. Eine Ursache hierfür liegt in der Verwendung unterschiedlicher Assays, die nicht standardisiert sind. Ein Vergleich sollte daher stets innerhalb eines Testsystems erfolgen.

Quelle	Methode	Tiermaterial	Alter Tiere	ermittelte Basalwerte
Baltic et al. 2005	Cortison-EIA	Birkwild (Tetrao tetrix), zahm, ♂/♀	7 Monate	454 +/- 31 nmol/kg
Baltic et al. 2005	Cortison-EIA	Birkwild (Tetrao tetrix), wildlebend, ♂/♀	unbekannt	62-1993 nmol/kg
Dawkins et al. 2004	Cortison-RIA	Legehennen ISA Brown	29-34 Wochen	20,5-31 ng/g (57-86 nmol/kg)
Dehnhard et al. 2002	EIA (Ak gegen 4-pregnen-11b,21-diol-3,20-dione-21-BSA)	Hühner, ♀	unbekannt	35-45 ng/g (97-125 nmol/kg)
Fraisse und Cockrem 2006	Corticosteron-RIA	Legehennen in kommerzieller Käfighaltung (White Leghorn, Brown Hyline)	während Legetätigkeit	12,45 +/- 1,29 ng/g (35,93 +/- 3,72 nmol/kg) und 12,31 +/- 0,66 ng/g (35,53 +/- 1,90 nmol/kg)
Rettenbacher et al. (Poster)	Cortison-EIA *	Legehennen, Käfighaltung	legereif	ca. 100-150 nmol/kg
Rettenbacher et al. 2004	Cortison-EIA *	Legehennen ISA Brown, Käfighaltung, ♂/♀	20-34 Wochen	♂: 221 +/- 59 nmol/kg ♀: 124 +/- 38 nmol/kg

* gleicher Assay wie er in vorliegender Untersuchung verwendet wurde.

Tabelle 15: Vergleich publizierter Corticosteronwerte aus Kot

Einer gesonderten Interpretation bedürfen die an den Proben des Masttages 21 erhobenen Werte. In den Durchgängen 1 und 3 sind die oben besprochenen Tatsachen nachzuvollziehen, im Durchgang 2 steht zu vermuten, dass die Tiere, die unter 20 lx gehalten wurden, auf einen externen Stressor deutlich stärker reagierten als die Versuchsgruppe unter 5 lx (siehe Abbildung 57). Möglicherweise spiegelt dies eine stärkere Anfälligkeit der Masthähnchen unter 20 lx gegenüber Stress durch exogene Stimuli wieder.

Neben den höheren absoluten Werten ist in den dunklen Versuchsabteilungen eine Tendenz zu einer höheren Streuung der gemessenen Werte zu erkennen. Dies könnte ebenfalls als dezente Reaktion auf Stressoren zu interpretieren sein.

Insgesamt betrachtet zeigt die vorliegende Feldstudie, dass ein Lichtprogramm mit niedrigeren Lichtintensitäten von ca. 5 lx geeignet sein kann, das Risiko für das Entstehen so genannter Unterhautvereiterungen zu verringern. Dies ist vom wirtschaftlichen Standpunkt her sehr positiv zu sehen. Eine Verringerung der Inzidenz dieser schweren Erkrankung dient auch der Vermeidung von Schmerzen, Leiden und Schäden. Höchstwahrscheinlich ist dies auf eine Reduktion der

allgemeinen Aktivität der Tiere sowie einer Zunahme des Ruheverhaltens und somit einer Beruhigung der Herde während des zweiten Drittels der Mast zurückzuführen.

Eine unmittelbare Umsetzung dieser Ergebnisse in praxi sollte jedoch nach Möglichkeit einer weiteren Überprüfung unterzogen werden. In nahezu allen Interaktionen des Vogels mit seiner Umwelt spielt der Sehsinn eine zentrale Rolle: Orientierung, Futtersuche, soziale Interaktion sowie Partnersuche. Die niedrigen Lichtintensitäten die in der vorliegenden Studie zur Verwendung kamen, werden seitens des Tierschutzes sowie von Teilen der Wissenschaft als unzureichend angesehen. Es wird postuliert, diese Lichtintensitäten können sich negativ auf Individualerkennung der Tiere untereinander und auf die Interpretation visueller Signale, insbesondere im Zusammenhang mit agonistischem Verhalten, auswirken (PRESCOTT und WATHES 1999). Zudem wurden sowohl beim intraokulären Druck als auch bei den post mortem gemessenen okulären Dimensionen subtile aber teilweise signifikante Veränderungen festgestellt. Deren biologische Relevanz per se muss aufgrund der geringen Ausprägung als fraglich eingestuft werden. In Zusammenhang mit dem oben besprochenen Trend zur erhöhten Ausscheidung von Corticosteronmetaboliten ergeben sich somit Hinweise dass die untersuchten geringen Lichtintensitäten mit vermehrtem chronischen Stress verbunden sein könnten.

Klar ist: Der Primat des Tierschutzes muss gewahrt bleiben. Unter den Bedingungen der intensiven Geflügelmast kann jedoch – wie dies in vorliegender Studie der Fall war – die Verringerung der Lichtintensität einen Beitrag zur Herdengesundheit und damit zur tierschutzgerechten Haltung leisten. Negative Effekte der dunkleren Umgebung können nicht ausgeschlossen werden. In der Abwägung scheinen jedoch beim derzeitigen Stand des Wissens die Vorteile dieser Beleuchtung zu überwiegen.

Ein weiterer zentraler Punkt, der in der Diskussion um Lichtintensitäten in der Broiler- sowie allgemein in der Geflügelmast ist die Tatsache, dass die Einheit Lux zur Helligkeitsmessung in Geflügelställen de facto nur eingeschränkt geeignet ist. Wie der Teil 1 der vorliegenden Arbeit deutlich zeigt, bestehen zwischen den Messungen in Lux und Gallilux deutliche Unterschiede. Dabei sollten weniger die absoluten Werte betrachtet werden, denn dies wäre wieder der sprichwörtliche Vergleich von Äpfeln mit Birnen, vielmehr auch die Relationen von Maximal- und Minimalwerten zueinander. Um eine bessere Vergleichbarkeit verwendeter Lichtintensitäten zu

ermöglichen, sollte die Lichtmessung mittelfristig daher auf eine tierartangepasste Einheit umgestellt werden, da die Diskussion um Lux-Werte am Kern der Fragestellung nach einer vom Standpunkt des Tierschutzes guten Praxis in der Beleuchtung vorbeigeht.

Die vorliegende Untersuchung wurde als Feldstudie konzipiert und durchgeführt. Dies bringt neben dem Vorteil der unmittelbaren Umsetzbarkeit auf die Gegebenheiten der Praxis gewisse Einschränkungen mit sich, da sämtliche Untersuchungen betriebsorientiert terminiert und durchgeführt werden müssen. Um diese Sachverhalte auf einer auch theoretisch fundierteren Grundlage bearbeiten zu können, sollten die als praxisrelevant angesehenen Lichtprogramme auch unter kontrollierten Bedingungen, die möglichst nah an der kommerziellen Haltung, jedoch frei von managementbedingten Störfaktoren sind, untersucht werden.

5 Zusammenfassung

Im Zeitraum zwischen April 2006 und Februar 2007 wurde eine zweiteilige Feldstudie zum Themenkomplex Stallbeleuchtung in der Hähnchenmast durchgeführt.

Teil 1 umfasste eine Bestandserhebung beleuchtungsrelevanter Sachverhalte in süddeutschen Hähnchenmastbetrieben ($n = 187$ Stallungen mit einer Gesamtfläche von 276.337 m^2). Diese wurde mittels eines auf die Broilerhaltung abgestimmten Fragebogens durchgeführt. Das Hauptaugenmerk bei der Erhebung der Daten lag auf der Erfassung tierschutzrelevanter Charakteristika der Stallbeleuchtung.

Hierbei wurde ermittelt, dass in der konventionellen Junghühnermast rundum geschlossene Gebäude (Massivstallungen) den größten Anteil der Bausubstanz ausmachen, sowohl was die Anzahl als auch was die Gesamtfläche betrifft. Ein großer Bestand an Altstallungen zeigt, dass diese landwirtschaftlichen Gebäude oftmals über Jahrzehnte unverändert genutzt werden. Einmal vorgenommene Weichenstellungen hinsichtlich der Beleuchtung wirken über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes fort. Die Haltungsumgebung in geschlossenen Stallungen stellt primär auf logistische und arbeitswirtschaftliche Erfordernisse des Bedienpersonals ab. Wissenschaftliche Erkenntnisse zur visuellen Perzeption des Geflügels wurden und werden in der Bausubstanz kaum systematisch umgesetzt, obgleich die Stallbeleuchtung einen zentralen Managementfaktor darstellt, der Verhalten und Gesundheit der Tiere in hohem Maße beeinflussen kann. Eine Ausnahme bildet hierbei die weitgehende Elimination von Leuchtstofflampen mit einer Flackerfrequenz von 100 Hz , die vom Huhn vermutlich als diskontinuierliche Stroboskopbeleuchtung wahrgenommen wird.

Anschließend wurde die Beleuchtungsumgebung in charakteristischen Stalltypen untersucht. Erhoben wurde Lichtintensität, Strahlungsintensität, UVA-Strahlung sowie Farbtemperatur in einer Sommer- und einer Wintermessung.

Die Ergebnisse der Sommer- und Wintermessung unterscheiden sich stark, besonders was den Einfall ultravioletter Strahlung betrifft. Auch zwischen Stalltypen mit und ohne Sonneneinfall bestehen erhebliche Unterschiede. Aufgrund der spezifischen visuellen Leistungen der Vögel ist davon auszugehen, dass die derzeit zur Helligkeitsmessung genutzten Verfahren, insbesondere die Verwendung der SI-Einheit lux, für die Hühnerhaltung nur bedingt geeignet sind.

In Teil 2 der Studie wurde die Auswirkung zweier Lichtprogramme, die sich ausschließlich hinsichtlich der Lichtintensität ab dem 13. Masttag unterschieden (Gruppe 1: 20 lx, Gruppe 2: 5 lx) auf die Mastküken untersucht. Folgende Parameter wurden nach Gruppen getrennt erfasst und ausgewertet:

- ▶ Verlauf des intraokulären Druckes
- ▶ Entwicklung der Augenmaße der Tiere
- ▶ Verhaltensmuster über die Zeit
- ▶ Ausscheidungsprofile von Glucocorticoiden (Corticosteron)
- ▶ Unterschiede hinsichtlich vermarktungs- und leistungsrelevanter Parameter

Unter 5 lx war eine Modulation des intraokulären Druckes zu erkennen. Die Augen der unter 5 lx gehaltenen Tiere waren zudem in allen erfassten Maßen signifikant größer. Biologische Relevanz der ermittelten Differenzen im Sinne von Schmerzen, Leiden und Schäden kann mit großer Wahrscheinlichkeit verneint werden.

Unter 20 lx zeigten die Tiere phasenweise höhere Aktivität sowie mehr Explorations- und Komfortverhalten als unter 5 lx. Diese Ergebnisse weisen auf eine Verringerung der globalen Aktivität durch eine geringe Lichtintensität hin.

Unter 5 lx war zum Ende der Mast hin, insbesondere am Masttag 35, eine Tendenz zur erhöhten Ausscheidung von Glucocorticoiden vorhanden, was ein Hinweis darauf sein könnte, dass die dunkle Haltung in direktem Zusammenhang mit einer höheren Ausschüttung von Stresshormonen zum Ende der Mast steht.

Das Lichtprogramm mit einer Mindestlichtintensität von 20 lx erhöhte das Risiko für das Auftreten der nekrotisierenden Dermatitis um mehr als das Dreifache. Auch das Mastverfahren „Schwermast“ (Mastdauer ca. 37-39 Tage) wirkte prädisponierend für ein erhöhtes Auftreten von Unterhautvereiterungen. Die Sohlenballengesundheit verbesserte sich unter 5 lx. Weitere leistungsrelevante Auswirkungen des Lichtprogrammes konnten nicht belegt werden.

Diese Ergebnisse geben Grund zu der Annahme, dass eine Haltung unter 5 lx ab dem Beginn der dritten Lebenswoche geeignet sein kann, die Mastleistung zu verbessern und Hauterkrankungen der Tiere vorzubeugen. Diese geringen Lichtintensitäten können jedoch mit erhöhtem Stress verbunden sein. Dieser Aspekt der Haltung bedarf weiterer Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen.

6 Summary

A field study on lighting in the production of meat-type-chickens was conducted between April 2006 and February 2007.

Part 1 comprised a survey on lighting practices in a substantial number of broiler farms in southern Germany (n = 187 broiler stables covering a total area of 276.337 m²). It was carried out on the basis of a questionnaire adapted to broiler management. The focus of data collection was put on animal welfare issues of lighting.

It was found that in conventional broiler farming closed buildings, with or without windows, are the most common kind of facility used. This applies to the number of farms as well as to the total area. A comparatively high proportion of stables from the early days of poultry farming in Germany shows that these agricultural buildings often remain in use unchanged for decades. Thus, once taken, decisions on lighting have practical consequences over the whole life-cycle of an agricultural building. The surroundings in closed stables are primarily conceived to accommodate the need of farm staff for work-efficiency and workplace-safety. Scientific findings on visual perception of poultry have not been implemented systematically in poultry farming, yet even though lighting constitutes a central management factor which can influence behaviour and health of the animals to a substantial degree. An exception is the fact that conventional fluorescent lights with a flicker frequency of 100 Hz, which poultry may perceive as discontinuous, have largely been eliminated from the farms we examined.

Subsequently the lighting environments of characteristic types of broiler sheds were examined by means of spectrophotometry. Data were collected on illuminance, irradiance, UVA-irradiance and colour temperature in summer as well as in winter.

Substantial differences were found between the two sampling dates, particularly where ultraviolet radiation was concerned. Additionally considerable differences between the type of building (with or without daylight) could be described.

Taking into consideration the enlarged sensory facilities of birds (perception of ultraviolet radiation, flicker fusion frequency higher than 100 Hz), it can be concluded that the currently used methods for sampling light intensity, particularly the lux-unit, are suitable for poultry to a limited extent only.

Part 2 was a study on the effects of two lighting programmes which differed exclusively in intensity (5 lx and 20 lx) from the 13th day of the fattening period. The following parameters were collected and evaluated under field conditions:

- ▶ Development of intraocular pressure
- ▶ Development of eye measures
- ▶ Behaviour and time-budget
- ▶ Excretion of glucocorticoids (corticosterone)
- ▶ Performance parameters

Under 5 lx a modulation of intraocular pressure was observed. Moreover all eye measures were larger under 5 lx than under 20 lx. A biological relevance of these differences, which were very slight, can be denied with a high certainty.

The animals kept under 20 lx showed phases of higher activity and more explorative and comfort behaviour than the group raised under 5 lx. These results could be interpreted as a decrease in global activity due to the low light intensity.

The lighting programme with an intensity of 5 lx resulted in a tendency for a higher excretion of fecal corticosterone, which was significant on day 35 only. This could be interpreted as a direct influence of dark surroundings on glucocorticoid metabolism.

Bright lighting (20 lx) increased the risk for necrotic dermatitis (inflammatory process) by a factor of more than three. A prolonged fattening time of 37-39 days predisposed the animals to the development of necrotic dermatitis as well. Pododermatitis score was better under dim lighting. Further effects of lighting on production parameters could not be found.

Taken together, these results give strong hints that a decrease of light intensity to approximately 5 lx at the beginning of the third week of a production cycle may constitute a tool to improve performance and prevent skin damage. Nonetheless these low light intensities could be stressful for the animals.

These results were collected under field conditions and under certain restrictions. More research under controlled conditions remains therefore to be done.

7 Résumé

Une étude pilote traitant du thème de l'éclairage dans l'élevage de poulets de chair, fut conduite en deux parties successives d'Avril 2006 à Février 2007.

La première partie de l'étude consista à faire un recensement de la situation actuelle de l'éclairage dans l'élevage de poulets de chair (n=187 poulaillers avec une superficie totale de 276.337 m²) au sud de l'Allemagne. Un questionnaire conçu pour l'élevage «Broiler» et permettant particulièrement de relever les aspects caractéristiques de l'éclairage ayant trait à la protection des animaux, fut utilisé pour ce recensement.

Il se révéla que dans l'élevage conventionnel de poulets de chair la plus grande partie des poulaillers (que se soit en nombre ou en superficie) sont des bâtiments clos et construits en dur. La plupart sont d'anciens bâtiments de ferme n'ayant subi aucun renouvellement depuis des dizaines d'années. Ainsi tout ce qui a trait à l'éclairage est resté inchangé depuis sa conception. Les techniques utilisées lors de l'installation de ces poulaillers visaient en premier lieu à satisfaire les besoins économiques et logistiques du personnel. Les nouvelles théories scientifiques sur la perception visuelle de la volaille ne furent et ne sont pas encore prises en considération lors de la construction des bâtiments, quoique l'éclairage représente au niveau des directives d'entreprise un élément central qui peut beaucoup influencer le comportement et la santé des animaux. L'élimination presque totale des lampes en tissus avec une fréquence de vacillation de 100 Hz, qui est probablement perçue par le poulet comme lumière stroboscopique discontinue, est ici une exception.

Ensuite tout ce qui a trait à l'éclairage fut examiné dans des poulaillers caractéristiques. L'intensité de la lumière, l'intensité des rayonnements y compris rayons UVA et l'effet température/couleur furent évalués en été et en hiver.

Les résultats diffèrent énormément entre les deux saisons, particulièrement en ce qui concerne l'impact des rayons ultraviolets. Les différences sont également grandes entre les poulaillers situés au soleil et ceux n'ayant pas de soleil. Vu les caractéristiques visuelles spécifiques des oiseaux on peut postuler que les méthodes de mesures de l'intensité lumineuse dans les poulaillers, en particuliers celles utilisant l'unité lux du Système International, ne sont pas très adéquates.

La deuxième partie de l'étude visa à évaluer l'influence de l'intensité de la lumière à partir du 13ème jour d'élevage en comparant l'impact de deux intensités lumineuses (20 lx pour le groupe 1 et 5 lx pour le groupe 2) sur les paramètres suivants.

- ▶ courbe de la pression intraoculaire
- ▶ évolution de la dimension des yeux
- ▶ comportement typique temporaire
- ▶ courbe d'élimination des glucocorticoïdes (corticostérone)
- ▶ divergence entre les paramètres ayant trait à la commercialisation et ceux relevant de la performance

Sous 5 lx une modulation de la pression intraoculaire fut observée et de plus les dimensions des yeux augmentèrent de façon significative. Il est très probable que les différences observées n'ont aucune signification biologique, en ce qui concerne la douleur, la souffrance et l'état sanitaire. Sous 20 lx les animaux manifestèrent périodiquement une plus grande activité et un comportement plus explorateur et des signes de plus grand confort que sous 5 lx. Cela signifie qu'une intensité lumineuse médiocre conduit à une diminution d'activité globale. Sous 5 lx vers la fin de la période d'élevage, en particulier au 35ème jour l'élimination des Glucocorticoïdes était sensiblement plus élevée. Cela pourrait indiquer que dans les poulaillers sombres une corrélation directe existe entre le manque de lumière et la production d'hormones de stress à la fin de l'élevage.

Sous une intensité lumineuse d'au moins 20 lx le risque d'être atteint de dermatite nécrosée augmenta d'au moins trois fois. L'alourdissement jusqu'à environ 37 à 39 jours se montra également facteur de risques d'augmentation de suppuration sous-cutanée. Sous 5 lx l'état de la pododermatite des animaux s'améliora. Dans les différents programmes d'éclairage, aucun paramètre supplémentaire influençant la performance ne fut détecté.

Ces résultats suggèrent que l'utilisation d'une intensité lumineuse de 5 lx à partir d'un âge de deux semaines est un moyen capable d'améliorer la performance de l'élevage de poulets de chair et joue un rôle prophylactique contre les maladies de la peau. En outre cette intensité lumineuse minimale pourrait être en rapport avec une augmentation du stress. Cet aspect de l'élevage a besoin d'être approfondi par des études ultérieures sous conditions contrôlées.

8 Resumen

Entre abril de 2006 y febrero de 2007 se llevó a cabo un estudio sobre el terreno con relación a la iluminación en la producción de pollos de carne.

La primera parte incluyó una encuesta sobre los métodos de iluminación en una cifra considerable de granjas de pollos de carne del sur de Alemania (n = 187 gallineros de pollos de carne, con un área total de 276.337 m²) que se llevó a cabo a partir de un cuestionario adaptado a la gestión de los pollos de carne. La recogida de datos se centró en los asuntos relativos a la iluminación en referencia al bienestar de los animales.

La encuesta puso de manifiesto que el tipo de instalación más habitual en las granjas de pollos de carne convencionales son los edificios cerrados, con o sin ventanas. Este dato es aplicable tanto a las distintas granjas como al área total. De los gallineros que están en funcionamiento desde los inicios de la industria avícola en Alemania, un cantidad relativamente importante de ellos revela que estos edificios agrícolas a menudo se siguen utilizando inalterados durante décadas. Por lo tanto, las decisiones que se toman en relación con la iluminación tienen consecuencias prácticas durante todo el ciclo de vida de un edificio agrícola. Las zonas situadas alrededor de los gallineros cerrados se conciben principalmente para acomodar las necesidades del personal de la granja en vistas a mejorar la eficacia laboral y la seguridad en el puesto de trabajo. En las granjas avícolas no se han aplicado de forma sistemática los descubrimientos científicos sobre la percepción visual de las aves de corral, a pesar de que la iluminación constituye uno de los principales factores de gestión que pueden influir en el comportamiento y la salud de los animales en una medida considerable.

Constituye una excepción la eliminación que se ha llevado a cabo, en gran parte de las granjas examinadas, de las luces fluorescentes convencionales con una frecuencia de parpadeo de 100 Hz, que las aves de corral pueden percibir como discontinuas.

Posteriormente se examinaron mediante espectrometría los entornos luminosos de determinados tipos de cobertizos de pollos de carne. Se recogieron datos sobre iluminancia, irradiancia, irradiancia UVA y temperatura de color, tanto en verano como en invierno.

Se detectaron diferencias considerables entre las dos fechas de muestreo, especialmente por lo que concierne a la radiación ultravioleta. Se podrían describir, asimismo, otras diferencias considerables entre los distintos tipos de edificios (con o sin luz del día).

Teniendo en cuenta las características visuales aumentadas de las aves (percepción de la radiación ultravioleta, frecuencia de fusión del parpadeo superior a 100 Hz), se puede llegar a la conclusión de que los métodos utilizados en la actualidad para el muestreo de la intensidad de la luz, especialmente la unidad en lux, solo son adecuados para las aves de corral en cierta medida.

La segunda parte consistió en un estudio sobre los efectos de dos programas de iluminación que se diferenciaban exclusivamente en la intensidad (5 lx y 20 lx) a partir del 13.º día del periodo de engorde. Se recogieron y evaluaron los siguientes parámetros sobre el terreno:

- ▶ Evolución de la presión intraocular
- ▶ Evolución de las dimensiones oculares
- ▶ Evolución temporal del comportamiento
- ▶ Excreción de glucocorticoides (corticosterona)
- ▶ Parámetros de actuación

Con 5 lx se observó una modulación de la presión intraocular. Asimismo, todas las dimensiones oculares fueron mayores con 5 lx que con 20 lx. Se puede rechazar con un alto grado de certeza la relevancia biológica de dichas diferencias respecto a dolor, sufrimiento y lesiones.

Los animales criados con 20 lx mostraron fases de mayor actividad y un comportamiento más explorador y de mayor comodidad que el grupo criado con 5 lx.

Tales resultados podrían interpretarse como un descenso de la actividad global como consecuencia de la menor intensidad luminosa.

El programa de iluminación con una intensidad de 5 lx tuvo como resultado una tendencia a una mayor excreción de corticosterona fecal, que solo fue significativa el 35º día y que podría interpretarse como una influencia directa de los entornos oscuros sobre el metabolismo glucocorticoide.

La iluminación brillante (20 lx) triplicó el riesgo de dermatitis necrótica (proceso inflamatorio). Asimismo, un tiempo de engorde prolongado de entre 37 y 39 días predispuso a los animales al desarrollo de dermatitis necrótica. El índice de pododermatitis mejoró en condiciones de iluminación tenue. No se pudieron encontrar otros efectos de la iluminación sobre los parámetros de la producción.

Considerados en conjunto, estos resultados indican en gran medida que una disminución de la intensidad lumínica hasta aproximadamente 5 lx a principios de la tercera semana de un ciclo de producción puede constituir una herramienta para mejorar los resultados y prevenir lesiones en la piel. No obstante, estas menores intensidades luminosas podrían resultar estresantes para los animales.

Los presentes resultados se recogieron sobre el terreno y estuvieron sometidos a determinadas restricciones. En consecuencia, quedan más investigaciones por hacer en condiciones controladas.

9 Literaturverzeichnis

1. Anonym. Bündnis Tierschutz. Stellungnahme zum Entwurf einer Richtlinie über Mindestanforderungen zum Schutz von Masthühnern vom 06.12.2005a
2. Anonym. Bundeseinheitliche Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Jungmasthühnern (Broiler, Masthähnchen) und Mastputen vom 02. September 1999
3. Anonym. Empfehlungen des Europäischen Übereinkommens zum Schutz von Tieren in landwirtschaftlichen Tierhaltungen - Empfehlungen in Bezug auf Haushühner der Art Gallus Gallus. Angenommen vom Ständigen Ausschuß am 28. November 1995
4. Anonym. Geflügelfleischhygiene-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Dezember 2001 (BGBl. I S. 4098; 2003 I S. 456), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 8. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3353)
5. Anonym. Rat der Europäischen Union. Richtlinie 98/58/EG des Rates vom 20. Juli 1998 über den Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere. Amtsblatt Nr. L 221 vom 08.08.1998 S. 0023-0027
6. Anonym. Reaktion von COPA/COGECA, AVEC, EHA und EPEXA auf den Vorschlag der Kommission für eine Richtlinie des Rates mit Mindestanforderungen zum Schutz von Masthähnchen (KOM(05)221 ENDG). 2005b. (zitiert vom 15. Januar 2006). <http://www.cogeca.be/pdf/pr_05_119F1_1d.pdf>
7. Anonym. The welfare of chickens kept for meat production (broilers). European Commission, Health & Consumer Protection Directorate-General. SANCO.B.3/AH/R15/2000. Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. Adopted 21.03.2000
8. Anonym. Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206,1313), geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 21. Dezember 2006a (BGBl. I S. 3294)
9. Anonym. Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung neugefasst

- durch B. v. 22.08.2006 BGBl. I 2043; zuletzt geändert durch Artikel 1 V. v. 30.11.2006b BGBl. I S. 2759
10. Anonym. Vorschlag für eine Richtlinie des Rates mit Mindestvorschriften zum Schutz von Masthühnern. KOM(2005) 221. 2005c (zitiert vom 15.01.2006). <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/de/com/2005/com2005_0221de01.pdf>
 11. Applebury ML, Hargrave PA. Molecular biology of the visual pigments. *Vision Res.* 1986; 26: 1881-95
 12. Arrese CA, Hart NS, Thomas N, Beazley LD, Shand J. Trichromacy in Australian Marsupials. *Curr. Biol.* 2002; 12: 657-60
 13. Aschoff J, von Saint Paul U. Brain temperature in the unanaesthetized chicken: its circadian rhythm of responsiveness to light. *Brain Res.* 1976; 101: 1-9
 14. Bailey MJ, Cassone VM. Opsin photoisomerases in the chick retina and pineal gland: characterization, localization, and circadian regulation. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2004; 45: 769-75
 15. Baltic M, Jenni-Eiermann S, Arletta R, Palme R. A noninvasive technique to evaluate human-generated stress in the black grouse. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 2005; 1046: 81-95
 16. Barber CL, Prescott NB, Jarvis JR, LeSueur C, Perry GC, Wathes CM. A comparative study of photopic spectral sensitivity of domestic ducks (*Anas platyrhynchos domesticus*), turkeys (*Meleagris gallopavo gallopavo*) and humans. *Br. Poult. Sci.* 2006; 47: 365-74
 17. Barber CL, Prescott NB, Wathes CM, Le Sueur C, Perry GC. Preferences of growing ducklings and turkey poults for illuminance. *Anim.Welf.* 2003; 13: 211-14
 18. Barber CL, Prescott NB, Wathes CM, Le Sueur C, Perry GC. Preferences of growing ducklings and turkey poults for illuminance. *Anim.Welf.* 2003; 13: 211-24
 19. Barbera S, Video image analysis and animal welfare on farm. *Anim. Welf.* 2003; 513-15

20. Bennett ATD, Cuthill IC, Norris KJ. Sexual selection and the mismeasurement of colour. *Am. Nat.* 1994; 144: 848-60
21. Bennett ATD, Cuthill IC, Partridge JC, Maier EJ. Ultraviolet vision and mate choice in zebra finches. *Nature* 1996; 380: 433-35
22. Bercowitz AB, Harrison PC, Leary GA. Light-induced alterations in growth pattern of the avian eye. *Vision Res.* 1972; 12: 1253-59
23. Bergmann V, Koglin K, Valentin A. Hauterkrankungen als Verwurfsursache bei geschlachteten Masthähnchen. *Tierärztl. Prax.* 1995 Aug; 23(4): 374-80
24. Berk J. Light-choice by broilers. In: Rutter SM, Rushen J, Randle HD, Eddison JC (eds). *Proceedings of the 29th International Congress of the Society for Applied Ethology* pp 25-26. Universities Federation for Animal Welfare: Potters Bar, UK
25. Bessei H, Bessei W. Eine Messanlage zur Überwachung der lokomotorischen Aktivität von Hühnern in Bodenhaltung. *Arch. Geflügelk.* 1974; 3: 94-99
26. Bessei W. Das Verhalten von Broilern unter intensiven Haltungsbedingungen. *Arch. Geflügelk.* 1992; 56 (1): 1-7
27. Bessei W. Der Einfluss von Besatzdichte auf Leistung, Verhalten und Gesundheit von Broilern - Literaturübersicht. *Arch. Geflügelk.* 1993; 57: 97-102
28. Bezold, W v. Beobachtungen über die Dämmerung. *Ann. Phys.-Leipzig* 1864; 123: 240-76
29. Biewener AA, Bertram JEA. Structural response of growing bone to exercise and disuse. *J. Appl. Physiol.* 1994; 76: 946-55
30. Bizeray D, Leterrier C, Constantin P, Picard M, Faure JM. Early locomotor behaviour in genetic stocks of chickens with different growth rates. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2000; 68: 231-42
31. Bloemen H, Aerts J-M, Berckmans D, Goedsels V. Image analysis to measure activity index of animals. *Equine Vet. J. Suppl.* 1997; 23: 16-19
32. Blokhuis HJ. Rest in poultry. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1984; 12: 289-303

-
33. Boschma M, Joaris A, Vidal C. Konzentration der Produktion tierischer Erzeugnisse (zitiert vom 23.11.2006). <http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/de/live_de/report.htm>
 34. Boshouwers FMG, Nicaise E. Artificial light sources and their influences on physical activity and energy expenditure of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 1993; 34: 11-19
 35. Boshouwers FMG, Nicaise E. Automatic gravimetric calorimeter with simultaneous recording of physical activity for poultry. *Br. Poult. Sci.* 1985; 26: 531-41
 36. Boshouwers FMG, Nicaise E. Physical activity and energy expenditure of laying hens as affected by light intensity. *Br. Poult. Sci.* 1987; 28: 155-63
 37. Boshouwers FM, Nicaise E. Responses of broiler chickens to high-frequency and low-frequency fluorescent light. *Br. Poult. Sci.* 1992; 33: 711-17
 38. Bowmaker JK, Knowles A. The visual pigments and oil droplets of the chicken retina. *Vision Res.* 1997; 17: 755-64
 39. Braun J. Weiterführende Untersuchungen zur Bestimmung des Intraokulardruckes bei Vögeln mit einem elektronischen Tonometer (TONOPEN® XL). *Vet. Diss. LMU, München* 1995
 40. Brooke MdL, Hanley S, Laughlin SB. The scaling of eye size with body mass in birds. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 1999; 266: 405-12
 41. Bryant SL. A case for dawn and dusk for housed livestock. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1987; 18: 379-382
 42. Burkhart CA, Cherry JA, van Krey HP, Siegel PB. Genetic selection for growth rate alters hypothalamic satiety mechanisms. *Behaviour genetics* 1983; 13: 295-300
 43. Buyse J, Adelsohn DS, Decuypere E, Scanes CG. Diurnal-nocturnal changes in food intake, gut storage of ingesta, food transit time and metabolism in growing broiler chickens: a model for temporary control of energy balance. *Br. Poult. Sci.* 1993; 34: 699-709

44. Buyse J, Kühn ER, Decuypere E. The use of intermittent lighting in broiler raising. 1. Effect on broiler performance and efficiency of nitrogen retention. *Poult. Sci.* 1996a; 75: 589-94
45. Buyse J, Simons PCM, Boshouwers FMG, Decuypere E. Effect of intermittent lighting, light intensity and source on the performance and welfare of broilers. *Worlds Poult. Sci. J.* 1996b; 52: 121-30
46. Cain JR, Wilson WO. The influence of specific environmental parameters on the circadian rhythms of chickens. *Poult. Sci.* 1974; 53: 1438-47
47. Carsia RV, Harvey S. Adrenals. In: Whittow GC (Hrsg.) *Sturkie's Avian Physiology*. 5. Aufl. San Diego: Academic Press 2000
48. Charles RG, Robinson FE, Hardin RT, Yu MW. Growth, body composition, and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimens of photoperiod and light intensity. *Poult. Sci.* 1992; 71: 1595-1605
49. Chiu PSL, Lauber JK, Kinnear A. Dimensional and physiological lesions in the chick eye as influenced by the light environment. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1975; 148: 1223-59
50. Classen HL, Riddel C. Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. *Poult. Sci.* 1989; 873-79
51. Classen HL, Riddell C, Robinson FE. Effects of increasing photoperiod length on performance and health of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 1991; 32: 21-29
52. Coulombre AJ, Coulombre JL. The role of intraocular pressure in the development of the chick eye: III. Ciliary body. *Am J Ophthalmol.* 1957; 44: 85-93
53. Coulombre AJ, Steinberg SN, Coulombre JL. The Role of Intraocular Pressure in the Development of the Chick Eye V. Pigmented epithelium. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1963; 2: 83-89
54. Damme (Hrsg.): *Geflügeljahrbuch 2006*. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co. 2006
55. Dartnall HJA, Bowmaker JK, Mollon JD. Human visual pigments: microspectrophotometric results from the eyes of seven persons. *Proc. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 1983; 220: 115-30

56. Davis NJ, Prescott NB, Savory CJ, Wathes CM. Preferences of growing fowls for different light intensities in relation to age, strain and behaviour. *Anim. Welf.* 1999; 3: 193-203
57. Dawkins MS, Donnelly CA, Jones T A. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 2004; 427: 342-44
58. Dawkins MS, Edmond A, Lord A, Solomon S, Bain M. Time course of changes in egg-shell quality, faecal corticosteroids and behaviour as welfare measures in laying hens. *Anim. Welf.* 2004; 13: 321-27
59. D'Eath, R. B. Can video images imitate real stimuli in animal behaviour experiments? *Biol. Rev.* 1998; 73: 267-92
60. DeBaere K, Zoons J. Lichtsterkte en lichtkleur bij vleeskuikens. *Pluimvee* nr. 38. 2004; 1-7
61. Dehnhard M, Schreer A, Krone O, Jewgenow K, Krause M, Grossmann R. Measurement of plasma corticosterone and fecal glucocorticoids in the chicken (*Gallus domesticus*), the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and the goshawk (*Accipiter gentilis*). *Gen. Comp. Endocrinol.* 2003; 131: 345-52
62. Deng C, Rogers LJ. Social recognition and approach in the chick: Lateralization and effect of visual experience. *Anim. Behav.* 2002; 698-706
63. De Wet L, Vranken E, Chedad A, Aerts JM, Ceunen J, Berckmans D. Computer-assisted image analysis to quantify daily growth rates of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 2003; 44: 524-32
64. Dieterich CE, Dieterich HJ, Spycher MA, Pfautsch M. Fine structural observations of the pecten oculi capillaries of the chicken. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 1973;146: 473-89.
65. Ekstrand C, Carpenter TE, Andersson I, Algers B. Prevalence and control of foot-pad dermatitis in broilers in Sweden. *Br. Poult. Sci.* 1998; 39: 318-24
66. Elfadil AA, Vaillancourt JP, Meek AH, Gyles CL. A prospective study of cellulitis in broiler chickens in southern Ontario. *Avian Dis.* 1996; 40: 677-89
67. Elfadil AA, Vaillancourt JP, Meek AH, Julian RJ, Gyles CL. Description of cellulitis lesions and association between cellulitis and other categories of condemnation. *Avian Dis.* 1996; 40: 690-98

68. Elfadil AA, Vaillancourt JP, Meek AH. Farm management risk factors associated with cellulitis in broiler chickens in southern Ontario. *Avian Dis.* 1996 Jul-Sep; 40(3):699-706
69. Emmerton J, Schwemer J, Muth J, Schlecht P. Spectral transmission of the ocular media of the pigeon (*Columba livia*). *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1980; 19: 1382-87
70. Engelmann C. Sinnesorgane. In: Mehner A, Hartfield W (Hrsg): *Handbuch der Geflügelphysiologie - Teil 1.* München, Paris, London, New York, Tokyo, Sydney: Karger 1983; 353-79
71. Engmann, C. Untersuchungen zur Melatoninrhythmik beim Hausschwein (*Sus scrofa f. domestica*) unter Anwendung einer neu entwickelten HPLC-Methode. *Vet. Diss. LMU, München* 2004
72. Fejer Z, Rohlich P, Szel A, David C, Zadori A, Manzano MJ, Vigh B. Comparative ultrastructure and cytochemistry of the avian pineal organ. *Microsc. Res. Tech.* 2001; 53: 12-24
73. Finger E, Burkhardt D. Biological aspects of bird colouration and avian colour vision including ultraviolet range. *Vision Res.* 1994; 34: 1509-14
74. Fòa A, Menaker M. Contribution of pineal and retinae to the circadian rhythms of circulating melatonin in pigeons. *J. Comp. Physiol. A* 1988; 164: 25-30
75. Foss DC, Carew LB Jr., Arnold EL. Physiological development of cockerels as influenced by selected wavelengths of environmental light. *Poult. Sci.* 1972; 51: 1922-27
76. Fraise F, Cockrem JF. Corticosterone and fear behaviour in white and brown caged laying hens. *Br. Poult. Sci.* 2006; 47: 110-19
77. Frankelson EN, Lauber JK, Boyd TAS. The role of angle closure in light-induced avian glaucoma. *Can. J. Ophtalmol.* 1969; 4: 59-63
78. Franz-Odendaal T, Vickaryous MK. Skeletal Elements in the Vertebrate Eye and Adnexa: Morphological and Developmental Perspectives. *Dev. Dyn.* 2006; 235: 1244–55

-
79. Garner JP, Taylor GK, Thomas ALR. On the origin of birds: The sequence of character acquisition in the evolution of avian flight. *Proc. R. Soc. Lond. B* 1999; 266: 1259-66
 80. Glasser A, Howland HC. A history of studies of visual accommodation in birds. *Q. Rev. Biol.* 1996; 71: 475-509
 81. Glasser A, Murphy CJ, Troilo D, Howland HC. The mechanism of lenticular accommodation in chicks. *Vision Res.* 1995; 35:1525-40
 82. Glasser A, Troilo D, Howland HC. The mechanism of corneal accommodation in chicks. *Vision Res.* 1994; 34:1549-66.
 83. Goldsmith TH. Ultraviolet receptors and color vision: Evolutionary implications and a dissonance of paradigms. *Vision Res.* 1994; 34: 1479-87
 84. Guido ME, Carpentieri AR, Garbarino-Pico E. Circadian phototransduction and the regulation of biological rhythms. *Neurochem. Res.* 2002; 27: 1473-89
 85. Gwinner und Hau. The pineal gland, circadian rhythms, and photoperiodism. In: Whittow GC (Hrsg.) *Sturkie's Avian Physiology*. 5. Aufl. San Diego: Academic Press 2000; 557-65
 86. Gwinner E. Melatonin in the control of avian circadian rhythms. *Ital. J. Anat. Embryol.* 1996; 101: Suppl. 1, 73
 87. Gwinner E, Schwabl-Benziger I, Schwabl H, Dittami J. Twenty-four hour melatonin profiles in a nocturnally migrating bird during and between migratory seasons. *Gen. Comp. Endocrinol.* 1993; 90: 119-24
 88. Halevy O, Piestun Y, Rozenboim I, Yablonka-Reuveni Z. In-ovo exposure to monochromatic green light promotes skeletal muscle cell proliferation and affects myofiber growth in posthatch chicks. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2005; 290: 1062-70
 89. Harrison PC, Bercovitz AB, Leary GA. Development of eye enlargement of domestic fowl subjected to low intensity light. *Int. J. Biometeorol.* 1968; 12: 351-58
 90. Harrison PC, McGinnis J. Light-induced exophthalmos in the domestic fowl. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1967; 126: 308-12

91. Hart NS. Vision in the peafowl (aves: *Pavo cristatus*). *J. Exp. Biol.* 2002; 205: 3925-35
92. Hart NS, Partridge JC, Cuthill IC. Retinal asymmetry in birds. *Curr. Biol.* 2000; 10: 115-17
93. Hart NS, Partridge JC, Cuthill IC. Visual pigments, cone oil droplets, ocular media and predicted spectral sensitivity in the domestic turkey (*Meleagris gallopavo*). *Vis. Res.* 1999; 39: 3321-28
94. Hart NS. The visual ecology of avian photoreceptors. *Prog. Retin. Eye. Res.* 2001; 20 (5): 675-703
95. Harvey S, Hall TR. Hormones and stress in birds: Activation of the hypothalamo-pituitary-adrenal axis. In: Epple A, Scanes CG, Stetson MH (Hrsg.) *Progress in Comparative Endocrinology*. New York: Wiley-Liss. 453-60
96. Hughes BO, Black AJ, The effect of environmental factors on activity, selected behaviour patterns and "fear" of fowls in cages and pens. *Br. Poult. Sci.* 1974; 15: 375-80
97. Hyer J. Looking at an oft-overlooked part of the eye: A new perspective on ciliary body development in chick. *Dev. Neurosci.* 2004; 26: 456–65
98. Jacobs GH, Deegan JF II. Sensitivity to ultraviolet in the gerbil (*Meriones unguiculatus*): Characteristics and mechanisms. *Vision Res.* 1994; 34: 1433-41
99. Jacobs GH, Neitz J, Deegan JF II. Retinal receptors in rodents maximally sensitive to ultraviolet light. *Nature* 1991; 353: 655-56
100. Jacobs GH. The distribution and nature of colour vision among the mammals. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 1993; 68: 413-71
101. Jacobs GH. UV vision in vertebrates. *Am. Zool.* 1992; 32: 544-54
102. Jarvis JR, Taylor NR, Prescott NB, Meeks I, Wathes CM. Measuring and modelling the photopic flicker sensitivity of the chicken (*Gallus gallus domesticus*). *Vision Research* 2002; 42: 99-106
103. Jensen AB, Palme R, Forkmann B. Effect of brooders on feather pecking and cannibalism in domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2006; 3-4: 287-300

-
104. Jensen LS, Matson WE. Enlargement of avian eye by subjecting chicks to continuous incandescent illumination. *Science* 1957; 125: 741
 105. Johnsen PF, Kristensen HH. Effect of brooder quality on the early development of feather pecking behaviour in domestic chicks. *Proceedings fo the 6th European Symposium on Poultry Welfare, Zollikofen, Switzerland; 2001: 209-12*
 106. Jones E, Prescott NB, Wathes CM, Cook P. Social signalling in the domestic fowl: role of UVA light in mating and mate choice. *Br Poult Sci.* 1999; 40 Suppl: S12-14
 107. Jones RB. The tonic immobility reaction of the domestic fowl: a review. *World Poult. Sci. J.* 1986; 42: 82-96
 108. Kiama S. et al. Functional morphology of the pecten oculi in the nocturnal spotted eagle owl (*Bubo bubo africanus*), and the diurnal black kite (*Milvus migrans*) and domestic fowl (*Gallus gallus v. domesticus*). *J. Zool.* 2001; 254: 521-28
 109. Kinnear A, Lauber JK, Boyd TAS. Genesis of light-induced avian glaucoma. *Invest. Ophtalmol.* 1974; 13: 872-75
 110. Kinnear A, Lauber JK. Biochemical studies of the chicken vitreous in light-induced avian glaucoma. *Comp. Biochem.* 61: 107
 111. König HE, Liebich HG. *Anatomie und Propädeutik des Geflügels.* 1. Aufl. Stuttgart: F.K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH 2001
 112. Korbelt R, Sturm K. Review on lightsources under artificial light circumstances. *Proceedings 6th Scientific ECAMS Meeting; 2005: 7-8*
 113. Korbelt R, Sturm K. Review on light sources for birdhousing under artificial light circumstances under special consideration of turkey farming. *Abstracts of 3rd International Symposium on Turkey Production: Prospects on future developments.* Berlin 2005
 114. Korbelt R, Stütz S. Untersuchungen zur Elektroretinographie bei Mäusebussarden (*Buteo buteo L., 1758*). *Tierärztl. Prax. (K)* 1999; 27: 255-62
 115. Korbelt R. *Augenheilkunde beim Vogel.* Habil-Schrift, München 1996

-
116. Korbelt R, Redig P, Jones R. Untersuchungen zur Fluoreszenzangiographie am Greifvogelauge. *Tierärztl. Prax.* 1999; 27(K): 396-407
 117. Korbelt R, Sturm K. Review on light sources for birdhousing under artificial light circumstances under special consideration of turkey farming. Abstracts of 3rd International Symposium on Turkey Production: Prospects on future developments. Berlin 2005
 118. Korbelt R. Restraint methods for bird patients. Theoretical principles and practical implementation. Part 1. *Tierärztl. Prax.* 1992 a; 20: 59-64
 119. Korbelt R. Restraint methods for bird patients. Theoretical principles and practical implementation. Part 2. *Tierärztl. Prax.* 1992 b; 20: 164-70
 120. Korbelt RT, Szölgényi W. Vision-related aspects of animal welfare in aviculture. Abs. 4th Scientific ECAMS Meeting, Munich/Germany 2001; 9-10
 121. Kristensen HH, Aerts JM, Leroy T, Berckmans D, Wathes CM. Using light to control activity in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 45 (Supplement 1) 2004a; 30-38
 122. Kristensen HH, Perry GC, Prescott NB, Ladewig J, Ersbøll AK, Wathes CM. Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *Br. Poult. Sci.* 2006; 47: 257-63
 123. Kristensen HH, Perry G, Prescott NB, Ladewig J, Wathes CM. Light quality and the production of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 44 (Supplement 1) 2003; S8-S9
 124. Kristensen HH, Prescott NB, Ladewig J, Perry GB, Johnsen PF, Wathes CM. Light quality preferences of broiler chickens. Proceedings of the spring meeting of the world's Poult. Sci. association, UK Branch, 9-10 April 2002, UK. 2002
 125. Kristensen HH. The behaviour and welfare of broiler chickens in different light environments. Ph.D. Thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen, Denmark 2004
 126. Kuller R., Thorbjørn L. Impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance, and physiological arousal. *Ergonomics* 1998; 41: 433-47
 127. Kumar V, Singh BP, Rani S. The bird clock: A complex, multi-oscillatory and highly diversified system. *Biol. Rhythm Res.* 2004; 35: 121-44

128. Lauber JK, Boyd JE, Boyd TAS. Aqueous humor inflow in normal and glaucomatous avian eyes. *Exp. Eye Res.* 1972; 13: 77-82
129. Lauber JK, Boyd J, Boyd TAS. Intraocular pressure aqueous outflow in light-induced avian buphtalmia. *Exp. Eye Res.* 1970; 9: 181-87
130. Lauber JK, Boyd TAS, Boyd J. A method of measuring aqueous inflow in experimental animals. *Can. J. Ophtalmol.* 1969; 4:55-58
131. Lauber JK, Kivett VK. Environmental control of the rearing conditions and early preglaucomatous lesions in chicks. *Exp. Eye Res.* 1981; 32: 501-09
132. Lauber JK, McGinnis J, Boyd J. Influence of miotics, Diamox, vision occluders on light-induced buphtalmos in domestic fowl. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1965; 120: 572
133. Lauber JK, McGinnis J. Eye lesions in domestic fowl reared under continuous light. *Vision Res.* 1966; 6: 619-26
134. Lauber JK, Oishi T. Lid suture myopia in chicks. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1987; 28:1851-58
135. Lauber JK, Oishi T, Vriend J. Plasma melatonin rhythm lost in preglaucomatous chicks. *J. Ocul. Pharmacol.* 1986; 2: 205-13
136. Lauber JK. Review: Light-induced avian glaucoma as an animal model for human primary glaucoma. *J. Ocul. Pharmacol.* 1987; 3: 77-100
137. Lauber JK, Schultz JV, McGinnis J. Effects of exposure to continuous light on the eye of the growing chick. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1961; 106: 871-72
138. Levy B, Sivak JG. Mechanisms of accomodation in the bird eye. *J. Comp. Physiol.* 1980; 267-72
139. Lewis NJ, Hurnik JF. Locomotion of broiler chickens in floor pens. *Poult. Sci.* 1990; 69: 1087-93
140. Lewis P, Morris T. *Poultry Lighting - The theory and practice.* 1st ed. Trowbridge, Wiltshire: Northcot 2006
141. Lewis PD, Morris TR. Responses of domestic poultry to various light sources. *Worlds Poult. Sci. J.* 1998; 54: 7-25

-
142. Lewis PD, Perry GC. Glossary of avian photoperiodic terminology and methods of expressing lighting regimens. *Br. Poult. Sci.* 1990; 31: 677-84
 143. Lewis PD, Perry GC, Tuddenham A. Noise output of hens subjected to interrupted lighting regimens. *Br. Poult. Sci.* 1987; 28: 535-40
 144. Li T, Howland HC, Troilo D. Diurnal illumination patterns affect the development of the chick eye. *Vision Res.* 2000; 40: 2387-93.
 145. Li T, Troilo D, Glasser A, Howland HC. Constant light produces severe corneal flattening and hyperopia in chickens. *Vision Res.* 1995; 35: 1203-09
 146. Mack AC, Unshelm J. Circadian rhythm of the light-dependant hormone melatonin as an indicator for the photicrequirement of domestic pigs. *Proc 9th International Congress in Animal Hygiene, Helsinki, 1997; 1: 216-20*
 147. Maddocks SA, Goldsmith AR, Cuthill I. The influence of flicker rate on plasma corticosterone levels of european starlings, *sturnus vulgaris*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2001; 124: 315-20
 148. Maier E J. Das UV-Sehen der Vögel: Neue Ergebnisse über den spektralen Sehbereich der Vögel. *J. Ornithol.* 1994; 135: 179-92
 149. Maier EJ. Ultraviolet vision in a passeriform bird: From receptor spectral sensitivity to overall spectral sensitivity in *Leiothrix lutea*. *Vision Res.* 1994; 34: 1415-18
 150. Manser CE. Effects of lighting on the welfare of domestic poultry: A review. *Anim Welf* 1996; 5: 341-60
 151. Martin G. Eye. In: King AS, McLelland J (eds): *Form and function in birds*. Vol. 3. London, Orlando, San Diego, New York, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo: Academic Press 1985; 311-73
 152. Martin P, Bateson P. *Measuring behaviour, an introductory guide*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press 1993
 153. Martrenchar A, Huonnic D, Cotte JP, Boilletot E, Morisse JP. Influence of stocking density, artificial dusk and group size on the perching behaviour of broilers. *Br. Poult. Sci.* 2000; 41: 125-30
 154. May JD, Lott BD. Effects of light and temperature on anticipatory feeding by broilers. *Poult. Sci.* 1994; 73: 1398-1403

-
155. Menaker, M. Circadian photoreception. *Science* 2003; 299: 214-15
 156. Möstl E, Palme R. Hormones as indicators of stress. *Domest. Anim. Endocrinol.* 2002; 23: 67-74
 157. Murphy CJ, Glasser A, Howland HC. The Anatomy of the Ciliary Region of the Chicken Eye. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1995; 36: 889-96.
 158. Nakanishi K. 11-cis-retinal, a molecule uniquely suited for vision. *Pure Appl. Chem.* 1991; 63: 161-70
 159. Natesan A, Geetha L, Zatz M. Rhythm and soul in the avian pineal. *Cell Tissue Res.* 2002; 309: 35-45
 160. Newberry RC, Hunt JR, Gardiner EE. Influence of light intensity on behavior and performance of broiler chickens. *Poult. Sci.* 1988; 67: 1020-25
 161. Newberry RC, Hunt JR, Gardiner EE. Light intensity effects on performance, activity, leg disorders and sudden death syndrome of roaster chickens. *Poult. Sci.* 1986; 65: 2232-38
 162. Nickel R, Schummer A, Seiferle E.(Hrsg.): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band IV. 3. Auflage.* Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey 1991
 163. Norton RA, Bilgili SF, Mc Murtrey, BC. A reproducible model for the induction of avian cellulitis in broiler chickens. *Avian Dis.* 1997 Apr-Jun; 41(2): 422-28
 164. Norton RA, Macklin KS, McMurtrey BL. Evaluation of scratches as an essential element in the development of avian cellulitis in broiler chickens. *Avian Dis.* 1999; 43: 320-25
 165. Norton RA, Macklin KS, McMurtrey. The association of various isolates of *Escherichia coli* from the United States with induced cellulitis and colibacillosis in young broiler chickens. *Avian Pathol.* 2000; 29: 571-74
 166. Nuboer JFW, Coemans MAJM, Vos JJ. Artificial lighting in poultry houses: are photometric units appropriate for describing illumination intensities. *Br. Poult. Sci.* 1992a; 33: 135-40
 167. Nuboer JFW, Coemans MAJM, Vos JJ. Artificial lighting in poultry houses: do hens perceive the modulation of fluorescent lamps as flicker? *Br. Poult. Sci.* 1992b; 33: 123-133

168. Nuboer J. Visual ecology in poultry houses. In: Savory CJ, Hughes BO (eds.). Proceedings of the 4th European Symposium on Poultry Welfare. Pp. 39-44. Universities Federation for Animal Welfare: Potters Bar, UK 1994
169. Oppenheim RW. Prehatching and hatching behaviour: a comparative and physiological consideration. In: Behavioural Embryology. Vol. 1 (ed: G. Gottlieb), pp. 163-244. New York: Academic Press
170. Olanrewaju HA, Thaxton JP, Dozier WA, Purswell WB, Branton SL. A Review of lighting programs for broiler production. International Journal of Poultry Science 2006; 5: 301-08
171. Osorio D, Vorobyev M, Jones CD. Color vision of domestic chicks. J. Exp. Biol. 1999; 202: 2951-59
172. Palme R, Fischer P, Schildorfer H, Ismail MN. Excretion of infused ¹⁴C-steroid hormones via faeces and urine in domestic livestock. Anim. Reprod. Sci. 1996; 43: 43-63
173. Palme R, Rettenbacher S, Touma C, El-Bahr SM, Möstl E. Stress Hormones in Mammals and Birds. Ann. N.Y. Acad. Sci. 2005 a; 1040: 162-71
174. Palme R. Measuring fecal steroids - Guidelines for practical application. Ann. N.Y. Acad. Sci. 2005 b; 1046: 75-80
175. Pardue MT, Sivak JG. The functional anatomy of the ciliary muscle in four avian species. Brain Behav. Evol. 1997; 49: 295-311
176. Prayitno D, Phillips CJC. Equating the perceived intensity of coloured lights to hens. Br. Poult. Sci. 1997; 38: 136-41
177. Prayitno DS, Phillips CJC, Omed H. The effects of color of lighting on the behavior and production of meat chickens. Poult. Sci. 1997a; 76: 452-57
178. Prayitno DS, Phillips CJC, Stokes DK. The effect of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens. Poult. Sci. 1997b; 76: 1674-81
179. Prescott NB, Barber CL, Wathes WM. The effect of light and vision on the behaviour of the turkey. Proceedings of the 26th Technical Turkey Conference; 16-17
180. Prescott NB, Jarvis JR, Wathes CM. Light, vision and the welfare of poultry. Anim. Welf. 2003; 12: 269-88

-
181. Prescott NB, Jarvis JR, Wathes CM. Vision in the laying hen. Welfare of the laying hen 2004; 27: 155-64
 182. Prescott NB, Wathes CM. Preference and motivation of laying hens to eat under different illuminances and the effect of illuminance on eating behaviour. Br. Poult. Sci. 2002; 43: 190-95
 183. Prescott NB, Wathes CM. Reflective properties of domestic fowl (*Gallus g. domesticus*), the fabric of their housing and the characteristics of the light environment in environmentally controlled poultry houses. Br. Poult. Sci. 1999; 40: 185-93
 184. Reiter K, Bessei W. Einfluß der Laufaktivität auf die Knochenentwicklung und Beinschäden bei Broilern. Arch. Geflügelk. 1998a; 62: 247-53
 185. Reiter K, Bessei W. Möglichkeiten zur Verringerung von Beinschäden bei Broilern und Puten (Übersicht). Arch. Geflügelk. 1998b; 62: 145-49
 186. Renden JA, Bilgili SF, Kincaid SA. Comparison of restricted and increasing light programs for male broiler performance and carcass yield. Poult. Sci. 1993; 72: 378-82
 187. Rettenbacher S, Ghareeb K, Möstl E, Hackl R, Palme R. Evaluation of stressful situations via a non-invasive technique in chickens. Poster
 188. Rettenbacher S, Möstl E, Hackl R, Ghareeb K, Palme R. Measurement of corticosterone metabolites in chicken droppings. Br. Poult. Sci. 2004; 45: 704-11
 189. Riedstra B. Development and social nature of feather pecking. Ph.D. Thesis. Rijksuniversiteit Groningen, Netherlands 2003
 190. Riedstra B, Groothuis TGG. Prenatal light exposure affects early feather-pecking behaviour in the domestic chick. Anim. Behav. 2004; 67: 1037-42
 191. Rogers LJ. Development of Brain and Behaviour in the Chicken. Wallingford: CABI Publishing 1995
 192. Rosiak J, Zawilska JB. Near-ultraviolet light perceived by the retina generates the signal suppressing melatonin synthesis in the chick pineal gland-an involvement of NMDA glutamate receptors. Neurosci. Lett. 2004; 379: 214-17

193. Rozenboim I, Biran I, Chaiseha Y, Yahav S, Rosenstrauch A, Sklan D, Halevy O. The effect of a green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. *Poult. Sci.* 2004; 83: 842-45
194. Rozenboim I, Biran I, Uni Z, Robinzon B, Halevy O. The effect of monochromatic light on broiler growth and development. *Poult. Sci.* 1999a; 78:135-38
195. Rozenboim I, Robinzon B, Rosenstrauch A. Effect of light source and regimen on growing broilers. *Br. Poult. Sci.* 1999b; 40: 452-57
196. Rozenboim I, Zilberman Y, Gvaryahu G. New monochromatic light source for laying hens. *Poult. Sci.* 1998; 77: 1695-98
197. Rüsse I, Sinowatz F. *Lehrbuch der Embryologie der Haustiere*. 1. Aufl. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey 1991
198. Samuelson DA, Ganesh KC, Miles SM, Zivotofsky AZ, Zivotofsky D, Lewis PA. Morphology and Histochemistry of Bowman's Layer in Selected Vertebrates. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2005; 46: E-Abstract 2181.
199. Sanotra GS, Lund D, Vestergaard KS. Influence of light-dark schedules and stocking density on behaviour, risk of leg problems and occurrence of chronic fear in broilers. *Br. Poult. Sci.* 2002; 43: 344-54
200. Savory CJ. Broiler growth and feeding behaviour in three different lighting regimes. *Br. Poult. Sci.* 1976; 17: 557-60
201. Savory CJ. Diurnal feeding patterns in domestic fowls: A review. *Appl. Anim. Ethol.* 1980; 6: 71-82
202. Savory CJ, Duncan IJH. Voluntary regulation of lighting by domestic fowls in skinner boxes. *Applied Animal Ethology* 1982/83; 9: 73-81
203. Scanes CG. Introduction to endocrinology: Pituitary gland. In: Whittow GC (Hrsg.) *Sturkie's Avian Physiology*. 5. Aufl. San Diego: Academic Press 2000; 1-19
204. Schaeffel F, Howland HC. Corneal accommodation in chick and pigeon. *J. Comp. Physiol. A Neuroethol. Sens. Neural. Behav. Physiol.* 1987; 160: 375-84

-
205. Schatz S, Palme R. Measurement of faecal cortisol metabolites in cats and dogs: a non-invasive method for evaluating adrenocortical function. *Vet. Res. Commun.* 2001; 25: 271-87
 206. Schmid KL, Hills T, Abbott M, Humphries M, Pyne K, Wildsoet C. Relationship between intraocular pressure and eye growth in chick. *Ophtal. Physiol. Opt.* 2003; 23: 25-33
 207. Sedlacková M, Bilcik B, Kostal L. Feather pecking in laying hens: Environmental and endogenous factors. *Acta Vet. Brno* 2004; 73: 521-31
 208. Sherwin CM, Devereux CL. Preliminary investigations of ultraviolet-induced markings on domestic turkey chicks and a possible role in injurious pecking. *Br. Poult. Sci.* 1999; 40: 429-33
 209. Sherwin CM. Domestic turkeys are not averse to compact fluorescent lighting. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1999; 64: 47-55
 210. Sherwin CM. Light intensity preferences of domestic male turkeys. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1998; 58: 121-30
 211. Shi Y, Yokoyama S. Molecular analysis of the evolutionary significance of ultraviolet vision in vertebrates. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2003; 100: 8308-13
 212. Slauch BT, Johnston NP, Ritz CW. Effect of intermittent and continuous photoperiods on fly population. *Poult. Sci.* 1990; 69: 867-69
 213. Smith ME, Becker B, Podos S. Light-induced angle-closure glaucoma in the domestic fowl. *Invest. Ophthalmol.* 1969; 8: 213-21
 214. Stafford KA, Lewis PD, Coles GC. Preliminary study of intermittent lighting regimens for red mite (*Dermanyssus gallinae*) control in poultry houses. *Vet. Rec.* 2006; 158: 762-63
 215. Steigerwald K. Sehleistung des Vogelauges - Perspektiven und Konsequenzen für die Haltung von Zier- und Wirtschaftsgeflügel unter Kunstlichtbedingungen. *Vet Diss. München* 2006
 216. Stoianov P, Baikov BD, Georgiev GA. Effect of fluorescent lighting on the growth of broiler chickens. *Vet. Med. Nauki.* 1978; 15: 89-95

-
217. Sullivan LH. The tall office building artistically considered. Lippincott's Magazine, March 1896.
218. Szölgvény W, Korbelt R, Huener K-H. Wie Hühner sehen - Schlußfolgerungen für eine artgemäße Haltung. Proc. 7. Tagung Freilandhaltung, Wien 2000; 22-26
219. Tanaka T, Hurnik JF. Behavioral responses of hens to simulated dawn and dusk periods. Poult. Sci. 1991; 70: 483-88
220. Taylor PE, Scott GB, Rose P. The ability of domestic hens to jump between horizontal perches: effect of light intensity and perch colour. Appl. Anim. Behav. Sci. 2003; 83: 99-108
221. Taylor NR, Prescott NB, Jarvis JR, Wathes CM. Can domestic fowl detect the flicker of fluorescent lights? Br. Poult. Sci. 2002; 43: S13-S14
222. Tedesco RC, Calabrese KS, Smith RL. Architecture of the ciliary muscle of *Gallus domesticus*. Anat. Rec. A Discov. Mol. Cell Evol. Biol. 2005; 284: 544-49
223. Tiemeier O. The Os opticus of birds. J Morphol. 2005; 86: 25-46
224. Tovée MJ. Ultraviolet photoreceptors in the animal kingdom: their distribution and function. Trends in Ecology and Evolution 1995; 10: 455-60
225. Vaillancourt JP, Barnes HJ. Coliform Cellulitis (Inflammatory Process). In: Saif YM (ed.) Diseases of poultry. 11th ed. Ames, Iowa: Iowa State Press 2003
226. Vehse, K. Lichtwahrnehmung und -verarbeitung sowie Einfluß auf Wachstum, sexuelle Reifung, Verhalten und Gesundheit bei der Pute - eine bewertende Literaturübersicht. Vet Diss. Hannover 1998
227. Vestergaard KS, Sanotra GS. Relationships between leg disorders and changes in the behaviour of broiler chickens. Vet. Rec. 1999; 144: 205-09
228. von Holst D. The concept of stress and its relevance for animal behaviour. Adv. Study Behav. 1998; 27: 1-131
229. von Horst C, Reese S, Liebich H.-G. Anatomische Untersuchungen zur Vaskularisation des aviären Bulbus oculi. (zitiert vom 28.5.2007). <http://www2.vetmed.uni-muenchen.de/anat1//2002_cvh1.pdf>

-
230. von Saint Paul U, Aschoff J. Gehirntemperatur als Maß der Erregung bei Hühnern. *Z. Tierpsychol.* 1974; 35: 132-46
231. Weeks C, Butterworth A. (eds.): *Measuring and auditing broiler welfare*. 1st ed. Wallingford, Oxfordshire: CABI Publishing 2004
232. Wenzel, Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit, Ernährung und Verbraucherschutz. Schreiben an Regierungen bezüglich Tierschutz; Haltung von Masthähnchen und Mastputen vom 11. Juni 2002
233. Whitley RD, Albert RA, Brewer RN, McDaniel GR, Pidgeon GL, Mora EC. Photoinduced buphthalmic avian eyes: II. Continuous darkness. *Poult Sci.* 1984; 63: 1537-1542
234. Whitley RD, Albert RA, McDaniel GR, Brewer RN, Mora EC, Henderson RA. Photoinduced buphthalmic avian eyes. 1. Continuous fluorescent light. *Poult Sci.* 1985; 64:1869-74.
235. Widowski TM, Duncan IJH. Laying hens do not have a preference for high-frequency versus low-frequency compact fluorescent light sources. *Can. J. Anim. Sci.* 1996; 76: 177-81
236. Williams NS. Stress and the behaviour of domestic fowl. *Worlds Poult. Sci. J.* 1984; 40: 215-21
237. Winter Y, López J, v. Helversen O. Ultraviolet vision in a bat. *Nature* 2003; 425: 612-15
238. Yeates NTM. The activity pattern in poultry in relation to photoperiod. *Anim. Behav.* 1963; 11: 287-89
239. Yi-Ping L, Gui-Sheng W, Yong-Gang Y, Yong-Wang M, Luikarte G, Mumtaz B, Beja-Pereirae A, Zhao-Li D, Palanichamyb MG, Ya-Ping Z. Multiple maternal origins of chickens: Out of the Asian jungles. *Mol. Phylogenet. Evol.* 2005; 38: 12-19
240. Yokoyama S. Molecular evolution of vertebrate visual pigments. *Prog. Retin. Eye Res.* 2000; 19: 385-419
241. Yoshizawa T. The road to colour vision: structure, evolution and function of chicken and gecko visual pigments. *Photochem. Photobiol.* 1992; 56: 859-67

242. Zeman M, Gwinner E. Rhythmic melatonin production in chick and quail embryos. Proceedings XIX World's Poultry Congress, Amsterdam 1992: 647-51

10 Anhang

10.1 Fragebogen Haltungsumgebung

Allgemeines zur Haltung

Betrieb Nr.: _____ Name: _____

Adresse: _____

Tel. Nr. für Rückfragen: _____

Wieviele Ställe sind auf dieser Betriebseinheit vorhanden?
Anmerkung: Ein Stall = 1 separates Gebäude mit X identischen Abteilen auf Y Etagen;

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 |
| <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 | <input type="checkbox"/> 8 |

Welche Fläche (alle Abteile zusammen) und wie viele Etagen haben die einzelnen Ställe? (bitte kurz angeben, um welchen Stall es sich handelt); für Bemerkungen:

_____ m	x	_____ m	_____ Etagen	Stall Nr.: _____	_____
_____ m	x	_____ m	_____ Etagen	Stall Nr.: _____	_____
_____ m	x	_____ m	_____ Etagen	Stall Nr.: _____	_____
_____ m	x	_____ m	_____ Etagen	Stall Nr.: _____	_____
_____ m	x	_____ m	_____ Etagen	Stall Nr.: _____	_____
_____ m	x	_____ m	_____ Etagen	Stall Nr.: _____	_____
_____ m	x	_____ m	_____ Etagen	Stall Nr.: _____	_____
_____ m	x	_____ m	_____ Etagen	Stall Nr.: _____	_____

Welche Stallform wird genutzt, wann wurde der Stall gebaut?

Stall 1	Baujahr	Stall 2	Baujahr
<input type="checkbox"/> Massivstall geschlossen (Altbau)	_____	<input type="checkbox"/> Massivstall geschlossen (Altbau)	_____
<input type="checkbox"/> Massivstall mit Tageslichteinfall (Neu, 3% Fenster)	_____	<input type="checkbox"/> Massivstall mit Tageslichteinfall (Neu, 3% Fenster)	_____
<input type="checkbox"/> Naturstall / Klappenstall	_____	<input type="checkbox"/> Naturstall / Klappenstall	_____
<input type="checkbox"/> Haltung mit Auslaufmöglichkeit	_____	<input type="checkbox"/> Haltung mit Auslaufmöglichkeit	_____
Stall 3		Stall 4	
<input type="checkbox"/> Massivstall geschlossen (Altbau)	_____	<input type="checkbox"/> Massivstall geschlossen (Altbau)	_____
<input type="checkbox"/> Massivstall mit Tageslichteinfall (Neu, 3% Fenster)	_____	<input type="checkbox"/> Massivstall mit Tageslichteinfall (Neu, 3% Fenster)	_____
<input type="checkbox"/> Naturstall / Klappenstall	_____	<input type="checkbox"/> Naturstall / Klappenstall	_____
<input type="checkbox"/> Haltung mit Auslaufmöglichkeit	_____	<input type="checkbox"/> Haltung mit Auslaufmöglichkeit	_____
Stall 5		Stall 6	
<input type="checkbox"/> Massivstall geschlossen (Altbau)	_____	<input type="checkbox"/> Massivstall geschlossen (Altbau)	_____
<input type="checkbox"/> Massivstall mit Tageslichteinfall (Neu, 3% Fenster)	_____	<input type="checkbox"/> Massivstall mit Tageslichteinfall (Neu, 3% Fenster)	_____
<input type="checkbox"/> Naturstall / Klappenstall	_____	<input type="checkbox"/> Naturstall / Klappenstall	_____
<input type="checkbox"/> Haltung mit Auslaufmöglichkeit	_____	<input type="checkbox"/> Haltung mit Auslaufmöglichkeit	_____
Stall 7		Stall 8	
<input type="checkbox"/> Massivstall geschlossen (Altbau)	_____	<input type="checkbox"/> Massivstall geschlossen (Altbau)	_____
<input type="checkbox"/> Massivstall mit Tageslichteinfall (Neu, 3% Fenster)	_____	<input type="checkbox"/> Massivstall mit Tageslichteinfall (Neu, 3% Fenster)	_____
<input type="checkbox"/> Naturstall / Klappenstall	_____	<input type="checkbox"/> Naturstall / Klappenstall	_____
<input type="checkbox"/> Haltung mit Auslaufmöglichkeit	_____	<input type="checkbox"/> Haltung mit Auslaufmöglichkeit	_____

Fortsetzung nächste Seite

Spezielles zur Beleuchtung

Welche Leuchtmittel werden genutzt? (Wenn mehr als 4 Ställe pro untersuchter Betriebseinheit bitte Zusatzblatt verwenden); Wieviele Lichtlinien sind pro Stall vorhanden? Wenn sich die Beleuchtungsformen in den Abteilen eines Stalles unterscheiden, bitte a

<p>Stall 1</p> <p style="text-align: center;">Anzahl Lichtlinien 1</p> <p><input type="checkbox"/> nur Glühbirnen <input type="checkbox"/> 2</p> <p><input type="checkbox"/> nur Energiesparlampen <input type="checkbox"/> 3</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Energiesparlampen <input type="checkbox"/> 4</p> <p><input type="checkbox"/> Neonröhre mit konventionellem Vorschaltgerät</p> <p><input type="checkbox"/> Neonröhre dimmbar mit elektron. Vorschaltgerät</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Neonröhren nicht dimmbar (mit KVG)</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Neonröhren dimmbar (mit EVG)</p>	<p>Stall 2</p> <p style="text-align: center;">Anzahl Lichtlinien 2</p> <p><input type="checkbox"/> nur Glühbirnen <input type="checkbox"/> 2</p> <p><input type="checkbox"/> nur Energiesparlampen <input type="checkbox"/> 3</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Energiesparlampen <input type="checkbox"/> 4</p> <p><input type="checkbox"/> Neonröhre mit konventionellem Vorschaltgerät</p> <p><input type="checkbox"/> Neonröhre dimmbar mit elektron. Vorschaltgerät</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Neonröhren nicht dimmbar (mit KVG)</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Neonröhren dimmbar (mit EVG)</p>
--	--

<p>Stall 3</p> <p style="text-align: center;">Anzahl Lichtlinien 3</p> <p><input type="checkbox"/> nur Glühbirnen <input type="checkbox"/> 2</p> <p><input type="checkbox"/> nur Energiesparlampen <input type="checkbox"/> 3</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Energiesparlampen <input type="checkbox"/> 4</p> <p><input type="checkbox"/> Neonröhre mit konventionellem Vorschaltgerät</p> <p><input type="checkbox"/> Neonröhre dimmbar mit elektron. Vorschaltgerät</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Neonröhren nicht dimmbar (mit KVG)</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Neonröhren dimmbar (mit EVG)</p>	<p>Stall 4</p> <p style="text-align: center;">Anzahl Lichtlinien 4</p> <p><input type="checkbox"/> nur Glühbirnen <input type="checkbox"/> 2</p> <p><input type="checkbox"/> nur Energiesparlampen <input type="checkbox"/> 3</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Energiesparlampen <input type="checkbox"/> 4</p> <p><input type="checkbox"/> Neonröhre mit konventionellem Vorschaltgerät</p> <p><input type="checkbox"/> Neonröhre dimmbar mit elektron. Vorschaltgerät</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Neonröhren nicht dimmbar (mit KVG)</p> <p><input type="checkbox"/> Glühbirnen + Neonröhren dimmbar (mit EVG)</p>
--	--

Bemerkungen: Beleuchtungstechnik in allen Abteilen identisch

Auf welcher Höhe über dem Boden (in m) sind die Lampen angebracht? (bitte kurz angeben, um welchen Stall es sich handelt; wenn sich verschiedene Abteile eines Stalles unterscheiden bitte in "Bemerkungen" angeben; wenn wegen Dachneigung uneinheitliche Höhe

Stall Nr.:	Höhe über dem Boden:	Stall Nr.:	Höhe über dem Boden:
_____	_____	_____	_____
Stall Nr.:	Höhe über dem Boden:	Stall Nr.:	Höhe über dem Boden:
_____	_____	_____	_____
Stall Nr.:	Höhe über dem Boden:	Stall Nr.:	Höhe über dem Boden:
_____	_____	_____	_____
Stall Nr.:	Höhe über dem Boden:	Stall Nr.:	Höhe über dem Boden:
_____	_____	_____	_____

Bemerkungen:

Farbe und Material des Stallinneren

Decke

Trapezbleche gestrichen Trapezbleche Alu Paneele hell andere, nämlich: _____

Wände

weiß gestrichen betongrau Holz andere, nämlich: _____

Geht bei Lichtprogramm dem Hell-Dunkel-Wechsel eine Dämmerphase voraus? Wie lange dauert diese?

Ja Dauer bei Dunkel-Hell: _____, Dauer bei Hell-Dunkel: _____

Nein

Nutzt der Farmleiter ein Luxmeter, um die Lichtintensität im Stall zu erfassen?

Ja, eigenes Gerät Ja, durch Außendienst Nein

Wird während des Fangens/Verladens Blaulicht eingesetzt, um die Tiere ruhig zu halten?

Ja, ausschließlich Ja, gemeinsam mit abgedunkelter Hauptbeleuchtung Nein

Fortsetzung nächste Seite

Besteht in den Stallungen Tageslichteinfall?

Während der Starterphase

- Ja, durch Fenster
- Ja, direkt ohne Fenster
- Ja, durch Lüftungsöffnungen, Sommerlüfter etc.
- Nein, Tageslichteinfall ist ausgeschlossen (z.B. Nutzung von Lichtfallen)

Im Stall/Abteil Nr.:

Bemerkungen:

Während der Aufzuchtphase

- Ja, durch Fenster
- Ja, direkt ohne Fenster
- Ja, durch Lüftungsöffnungen, Sommerlüfter etc.
- Nein, Tageslichteinfall ist ausgeschlossen (z.B. Nutzung von Lichtfallen)

Während der Endmastphase

- Ja, durch Fenster
- Ja, direkt ohne Fenster
- Ja, durch Lüftungsöffnungen, Sommerlüfter etc.
- Nein, Tageslichteinfall ist ausgeschlossen (z.B. Nutzung von Lichtfallen)

Werden spezielle Lichtquellen genutzt, wie z.B. Biolux-Neonröhren oder Energiesparlampen mit Tageslichtähnlichkeit, die besondere Lichtbereiche ausstrahlen?

- Ja
- Nein

Wenn ja, welche? _____

Wenn ja, in welchen Abständen werden diese ausgetauscht?

- bei Ausfall
- alle _____ Monate
- alle _____ Jahre

10.2 Futtermittel für Versuchsherden

Hähnchenfutter-Programm ROSS

MEGA Straubing

MEGA Tierernährung GmbH & Co. KG
94315 Straubing

Futtermittel Bestellung:
Tel: 0 94 21 / 78 18 - 11
Fax: 0 94 21 / 78 18 - 30



Name:	Hähnchen- starter	Hähnchen-aufzucht	Hähnchen-aufzucht mit Säure	EG H.-aufzucht zu 20% Weizen	Hähnchen- finisher	Hähnchen finisher energiearm - Mehl -
Artikelnr.	1000	1600	1601	2600	2200	2240
Inhaltsstoffe:						
Rohprotein	21,5	20,5	20,5	22,8	19,0	19,5
Methionin	0,58	0,55	0,55	0,65	0,52	0,48
Calcium	1,00	0,90	0,90	1,10	0,80	0,80
Phosphor	0,65	0,60	0,60	0,70	0,55	0,60
Natrium	0,14	0,14	0,14	0,16	0,15	0,15
MJ ME / kg	12,6	13,0	13,0	13,0	13,2	12,2
Zusatzstoffe:						
Vitamin A I.E./kg	13.500	12.000	12.000	15.000	9.000	6.000
Vitamin D3 I.E./kg	5.000	4.400	4.400	5.600	3.400	2.200
Vitamin E mg/kg	100	40	40	50	80	20
Kokzidiostatikum	Nar./Nic.	Mon.-Na	Nar./Nic	Mon.-Na	--	--
NSP-spaltende Enzyme	+	+	+	+	+	+
Phytase	+	+	+	+	+	+

Stand: 02/07

Änderungen vorbehalten!

10.3 Tabellarische Aufstellung der verwendeten Lichtprogramme

**Lichtprogramm 1 (LP1), derzeit Standard
Tiermaterial Ross, Schwermast mit Vorgreifen**

Uhrzeit	4:00-12:00	12:00-16:00	16:00-24:00	24:00-4:00	
Tag 1	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	Starterphase
Tag 2	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 3	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 4	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 5	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 6	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 7	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 8	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	Aufzuchtphase
Tag 9	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 10	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 11	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 12	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 13	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 14	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 15	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 16	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 17	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 18	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 19	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 20	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 21	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 22	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 23	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 24	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 25	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	Endmastphase
Tag 26	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 27	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 28	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 29	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 30	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 31	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 32	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 33	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 34	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 35	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 36	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 37	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	

Leuchtmittel: Kombination von flackerfreien Energiesparlampen und handelsüblichen Glühbirnen.

**Lichtprogramm 2 (LP2), getestete Alternative
Tiermaterial Ross, Schwermast mit Vorgreifen**

Uhrzeit	4:00-12:00	12:00-16:00	16:00-24:00	24:00-4:00	
Tag 1	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	Starterphase
Tag 2	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 3	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	
Tag 4	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 5	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 6	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 7	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 8	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	Aufzuchtphase
Tag 9	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 10	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 11	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 12	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	
Tag 13	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 14	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 15	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 16	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 17	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 18	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 19	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 20	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 21	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	
Tag 22	5 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 23	5 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 24	5 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.	
Tag 25	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	Endmastphase
Tag 26	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 27	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 28	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 29	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 30	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 31	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 32	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 33	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 34	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 35	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 36	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	
Tag 37	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	

Leuchtmittel: Kombination von flackerfreien Energiesparlampen und handelsüblichen Glühbirnen.

10.4 Beprobungsplan Ermittlung der Augenmaße in Schlachtereien

Schritt 1	Entnahme Tierkörper nach Blutraum (jedes 20. Tier in Chargen von 6)
Schritt 2	Verwiegen Tierkörper
Schritt 3	Entnahme Kopf
Schritt 4	Freipräparieren Auge (50 % OD, 50 % OS)
Schritt 5	Wiegen Auge
Schritt 6	Positionierung Auge gemäß anatomischen Verhältnissen in vivo (Sehnervenstumpf auf 4:30, respektive auf 7:30 Uhr)
Schritt 7	Vermessung Auge; Einzelmaße: <ol style="list-style-type: none">1. Äquatorialer Durchmesser dorsoventral2. Äquatorialer Durchmesser laterolateral3. Axiale Länge des Bulbus4. Axiale Länge des Auges5. Vorderkammertiefe (rechnerisch aus 4.-3.)6. Diameter Cornea
Wenn beendet weiter bei Schritt 1	

10.5 Erläuterungen zur beiliegenden DVD

Picken Einstreu:

16:08:15 Diverses Komfortverhalten (Gefiederpflege, Flügelschlagen)

16:08:20 Picken Einstreu in Bildmitte

Nota: Engste Belegung der Fressplätze, dort heftiges Gedränge

Wasseraufnahme:

16:07:33-16:08:03 Sämtliche Tränkenippel sind belegt

Nota: Engste Belegung der Fressplätze, dort heftiges Gedränge, Tiere steigen übereinander um an das Futter zu gelangen.

Futteraufnahme:

16:05:50-16:06:03 Kurz nach Beginn der Photoperiode, Futteraufnahme, Flügelschlagen, Laufen

Beginn Hellphase, Erster Aktivitätspeak:

16:03:20 Beginn des Lichttages der Mastküken

16:03:25 Ruhen

16:03:40 Strecken, Flügelschlagen

16:03:50 Futter- und Wasseraufnahme

16:04:10 Strecken in Bildmitte

16:04:25 Komfortverhalten, Gefiederpflege

16:04:40 Diverses Komfortverhalten

Aggression:

16:11:45-16:11:55 Bildmitte Aggressives Verhalten, erst 2 Tiere, dann 3 Tiere

Anm.: Zum Betrachten der DVD wird z.B. der Windows Media Player empfohlen. Die einzelnen Unterkapitel können über das Hauptmenü abgerufen werden.

Nach Ablauf eines Unterkapitels werden anschließend ohne Pause die weiteren Unterkapitel abgespielt.

10.7 Untersuchungsablauf während eines Mastdurchganges

Masttag	Aktion												
-10													
-9													
-8													
-7													
-6													
-5													
-4	Aufbau & Programmierung Meß- und Beobachtungsstationen; ggf. Spektrophotometrie												
-3													
-2													
-1													
0	Einstellung	Lichtprogramm 1				Lichtprogramm 2							
1		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	Starterphase	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	Starterphase		
2		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx			
3		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx			
4		20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	Starterphase	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	Starterphase		
5		20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.		20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.			
6		20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.		20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.			
7	Verhalten (Video), Tonometrie, Kot sammeln	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.		20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.			
8		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx			
9		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	Aufzuchtphase	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	Aufzuchtphase		
10		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx			
11		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx			
12	Kot sammeln (vormittag), Umstellung LP2 auf 5 Lux (nachmittag)	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx			
13		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx			
14	Kot sammeln, Verhalten (Video)	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx			
15		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx			
16		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx			
17		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx			
18		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx		5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx			
19		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx				
20		20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx				
21	Verhalten (Video), Tonometrie, Kot sammeln	20 lx	0-2 lx	20 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx	5 lx	0-2 lx				
22		20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.				
23		20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.				
24	Verhalten (Video), Tonometrie, Kot sammeln	20 lx	0-2 lx 1 Std.	20 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.	5 lx	0-2 lx 1 Std.				
25		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	Endmastphase	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx	Endmastphase		
26		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx		5 lx	5 lx	5 lx	5 lx			
27		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx		5 lx	5 lx	5 lx	5 lx			
28		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx		5 lx	5 lx	5 lx	5 lx			
29		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx		5 lx	5 lx	5 lx	5 lx			
30	Verhalten (Video), Tonometrie, Kot sammeln	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx		5 lx	5 lx	5 lx	5 lx			
31		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx		5 lx	5 lx	5 lx	5 lx			
32	Vorgreifen, je ca. 3300 Tiere, anatom. Vermessung Augen, Erfassung Leistungsdaten	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx				
33		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx				
34		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx				
35	Verhalten (Video), Tonometrie, Kot sammeln	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx				
36		20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx				
37	Ausstellung, anatom. Vermessung Augen, Erfassung Leistungsdaten	20 lx	20 lx	20 lx	20 lx	5 lx	5 lx	5 lx	5 lx				

11 Danksagung

Mein Dank gilt an allererster Stelle meinen Eltern und meiner Frau Petra, ohne deren uneingeschränkte Unterstützung in jeder Hinsicht diese Arbeit nicht in der vorliegenden Form zustande gekommen wäre.

Mein Doktorvater, Prof. Dr. R. Korb, hat mir die Möglichkeit und Gelegenheit gegeben mich mit einem wesentlichen Teilaspekt der Haltung Wirtschaftsgeflügel intensiv zu befassen. Ich danke herzlich, dass er mich für die Thematik „Licht und Sehen“ begeistert hat, für die Überlassung des interessanten Themas und die intensive Begleitung des Promotionsvorhabens.

Besonders danken möchte ich Herrn Dr. J. Bachmeier für den fundierten fachlichen Input und seine umfangreiche und wohlwollende Unterstützung, die diese Arbeit im gegebenen Rahmen möglich machte.

Weiterhin danke ich meinen Freunden, die mich mit logistischer Unterstützung und Aufmunterung in Fragen der Dissertation und allen anderen wesentlichen Dingen versehen haben, besonders sei hier Jan erwähnt, Merci für Aufmunterung, Feierabendbier und zahlreiche Ausdrücke - amicus certus in re incerta cernitur.

Bei den Übersetzungen der Zusammenfassung erhielt ich tatkräftige Unterstützung von Dr. T. Le Bris und Frau Dr. B. Bachmeier. Hierfür möchte ich an dieser Stelle meinen herzlichen Dank aussprechen.

Mein Dank gebührt außerdem den Angestellten der Brüterei Süd und der Schlachtereier Bogen. Insbesondere meinem Namensvetter, Herrn Heinrich Schifferstein, der mir vor Ort mit seinem großen Einsatz die Durchführung aller Untersuchungen sehr erleichtert hat. Ihm und allen anderen, die mich mit gutem Willen, Logistik und Überstunden unterstützt haben, ein herzliches Dankeschön.