

# Beleuchtungskörper in der Legehennenhaltung

Schriftenreihe, Heft 16/2015



# Einfluss des Lichtspektrums von Beleuchtungskörpern in der Legehennenhaltung

Romi Wehlitz, Dr. Ulf Müller, Christin Huhnstock, Andrea Schneider

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielstellung</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Literatur</b>	<b>10</b>
2.1	Sehvermögen von Hühnervögeln	10
2.1.1	Anatomie und Physiologie des Hühnerauges	10
2.1.2	Leistungsfähigkeit des Vogelauges	13
2.2	Lichtquellen im Vergleich	17
2.2.1	Definitionen	18
2.2.2	Sonnenstrahlung und Tageslicht	19
2.2.3	Künstliche Lichtquellen	20
2.2.3.1	Glühlampen	21
2.2.3.2	Halogen-Glühlampen	21
2.2.3.3	Leuchtstofflampen/Niederdruck-Entladungslampen	21
2.2.3.4	Hochdruckentladungslampen (HID)	22
2.2.3.5	Leuchtdioden (Licht emittierende Dioden = LED)	23
2.2.4	Lichtqualität von Lampen im Vergleich	24
2.2.4.1	Glühlampen	24
2.2.4.2	Halogen-Glühlampen	24
2.2.4.3	Leuchtstofflampen	25
2.2.4.4	Hochdruckentladungslampen (HID)	27
2.2.4.5	Leuchtdioden (Licht emittierende Dioden = LED)	28
2.3	Einfluss der Beleuchtung auf Hühnervögel	32
2.3.1	Tierische Leistungen	32
2.3.1.1	Lichtprogramm	32
2.3.1.2	Flickereffekt	32
2.3.1.3	Lichtfarbe	32
2.3.2	Tiergesundheit	33
2.3.3	Verhalten (insbesondere Federpicken und Kannibalismus)	34
2.3.3.1	Lichtintensität	34
2.3.3.2	Beleuchtungsdauer	35
2.3.3.3	Flickereffekt	35
2.3.3.4	Wellenlängenspektrum bzw. Lichtfarbe	36
<b>3</b>	<b>Material und Methode</b>	<b>38</b>
3.1	Versuchsbedingungen	38
3.1.1	Standort 1	38
3.1.1.1	Tiermaterial	38
3.1.1.2	Ausstattung und Management	39
3.1.2	Standort 2	43
3.1.2.1	Tiermaterial	43
3.1.2.2	Ausstattung und Management	43
3.2	Datenerfassung und angewandte Messmethodik	47
3.2.1	Stallparameter	47
3.2.2	Verhaltensbeobachtungen	47
3.2.3	Spektrale Messungen	49
3.3	Statistische Auswertung	51
<b>4</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>53</b>
4.1	Stallbuchdaten	53
4.1.1	Standort 1	53
4.1.2	Standort 2	75
4.2	Verhalten	96

4.2.1	Standort 1 .....	96
4.2.2	Standort 2 .....	99
4.3	Spektrale Messungen .....	101
4.3.1	Vergleich zu Herstellerangaben .....	101
4.3.2	Vergleich der Lampen .....	104
4.3.3	Alterungseffekte .....	105
4.3.4	Einfluss der Dimmung .....	108
4.3.5	Einfluss des Verschmutzungsgrades der Lampen .....	111
4.3.6	Einfluss der Lampenabdeckung .....	113
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>117</b>
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen/Ausblick</b> .....	<b>119</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>120</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>124</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufbau des Auges beim Huhn und beim Mensch .....	11
Abbildung 2:	Vergleich der spektralen Empfindlichkeit von Mensch und Huhn .....	17
Abbildung 3:	Sonnenstrahlung oberhalb und auf der Erdoberfläche .....	19
Abbildung 4:	Spektrum des natürlichen Tageslichtes .....	20
Abbildung 5:	Spektrenvergleich Tageslicht (bunte Fläche) und Glühlampe .....	24
Abbildung 6:	Spektrum einer Halogen-Glühlampe .....	25
Abbildung 7:	Spektrum einer 3-Banden-Leuchtstofflampe im Vergleich zum Tageslicht .....	25
Abbildung 8:	Spektrum einer Vollspektrum-Leuchtstofflampe im Vergleich zum Tageslicht .....	26
Abbildung 9:	Lampenspektrum und energetische Verteilung einer Xenonlampe .....	27
Abbildung 10:	Spektrum einer monochromatischen blauen LED .....	28
Abbildung 11:	Spektrum einer weißen LED .....	30
Abbildung 12:	Volierenquerschnitt der Natura 60 .....	40
Abbildung 13:	Beleuchtung im System Natura 60 .....	41
Abbildung 14:	Volierenquerschnitt der Natura-Nova (Quelle: Big Dutchman 2009) .....	44
Abbildung 15:	Verlauf der Legeleistung bzw. des Eigewichts .....	71
Abbildung 16:	Verlauf der Verlegerate während der Legeperiode .....	73
Abbildung 17:	Verlauf der Verlegerate während der Legeperiode im Durchgang 1 .....	94
Abbildung 18:	Verhaltensbeobachtungen in Anzahl/Bestand * 1.000.000 (Standort 1) .....	98
Abbildung 19:	Verhaltensbeobachtungen in Anzahl/Bestand * 1.000.000 (Standort 2) .....	100
Abbildung 20:	Spektrenvergleich: eigene Messung – Hersteller beim Lampentyp A .....	102
Abbildung 21:	Spektrenvergleich: eigene Messung – Hersteller beim Lampentyp B .....	102
Abbildung 22:	Spektrenvergleich: eigene Messung – Hersteller beim Lampentyp X .....	103
Abbildung 23:	Gemessene spektrale Zusammensetzung der verwendeten Lampen .....	105
Abbildung 24:	Vergleich der Lampentypen A, X und Y hinsichtlich der Alterung .....	106
Abbildung 25:	Vergleich der Lampentypen B und C hinsichtlich der Alterung .....	107
Abbildung 26:	Dimmung bei Lampentyp A (keine Abdeckung) .....	109
Abbildung 27:	Dimmung bei Lampentyp X (keine Abdeckung) .....	110
Abbildung 28:	Verschmutzungsgrad bei Lampentyp A (keine Dimmung) .....	112
Abbildung 29:	Abdeckung bei Lampentyp A (keine Dimmung) .....	114
Abbildung 30:	Abdeckung bei Lampentyp X (keine Dimmung) .....	115
Abbildung 31:	Abdeckung bei Lampentyp Y (keine Dimmung) .....	116

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Lichtintensitätswahrnehmung von Mensch (Lux) und Geflügel (Gallilux).....	15
Tabelle 2:	Angaben zum sichtbaren Wellenlängenbereich bei Hühnervogel und Mensch .....	16
Tabelle 3:	Charakterisierung des Lichtes über die Farbtemperatur (K) (Quelle: STEIGERWALD 2006) .....	18
Tabelle 4:	Materialsysteme der LED verschiedener Farben .....	28
Tabelle 5:	Lampentypen im Vergleich (STEIGERWALD 2006) .....	31
Tabelle 6:	Tiermaterial am Standort 1 .....	39
Tabelle 7:	Stallklimadaten am Standort 1 (Durchschnitt der täglichen Messungen) .....	40
Tabelle 8:	Grunddaten zum Standort 1.....	42
Tabelle 9:	Tiermaterial am Standort 2 .....	43
Tabelle 10:	Stallklimadaten am Standort 2 (Durchschnitt der täglichen Messungen) .....	44
Tabelle 11:	Grunddaten zum Standort 2.....	46
Tabelle 12:	Erfasste Daten (beide Standorte) .....	47
Tabelle 13:	Beginn und Ende der Videoaufzeichnungen .....	48
Tabelle 14:	Verhaltenskategorien zur Auswertung der Verhaltensmuster .....	48
Tabelle 15:	Versuchsdesign zur spektralen Vermessung der einzelnen Lampentypen.....	50
Tabelle 16:	Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1).....	54
Tabelle 17:	B-Ware je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1).....	55
Tabelle 18:	Verlegte Eier je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1) .....	56
Tabelle 19:	Futtermittelverbrauch in kg je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1) .....	57
Tabelle 20:	Futtermittelverbrauch in kg je 1.000 Eier (Standort 1, Durchgang 1).....	58
Tabelle 21:	Wasserverbrauch in l je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1) .....	59
Tabelle 22:	Wasserverbrauch in l je 1.000 Eier (Standort 1, Durchgang 1) .....	60
Tabelle 23:	Verluste in % je Tag (Standort 1, Durchgang 1) .....	61
Tabelle 24:	Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)* .....	62
Tabelle 25:	B-Ware je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)* .....	63
Tabelle 26:	Verlegte Eier je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)* .....	64
Tabelle 27:	Futtermittelverbrauch in kg je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)* .....	65
Tabelle 28:	Futtermittelverbrauch in kg je 1.000 Eier (Standort 1, Durchgang 2)* .....	66
Tabelle 29:	Wasserverbrauch in l je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)* .....	67
Tabelle 30:	Wasserverbrauch in l je 1.000 Eier (Standort 1, Durchgang 2)* .....	68
Tabelle 31:	Verluste in % je Tag (Standort 1, Durchgang 2)* .....	69
Tabelle 32:	Ergebnisse der Varianzanalyse und Multipler Mittelwertvergleich für den Standort 1 .....	70
Tabelle 33:	Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1).....	77
Tabelle 34:	B-Ware je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1).....	78
Tabelle 35:	Verlegte Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1) .....	79
Tabelle 36:	Futtermittelverbrauch in kg je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1).....	80
Tabelle 37:	Futtermittelverbrauch in kg je 1.000 Eier (Standort 2, Durchgang 1).....	81
Tabelle 38:	Wasserverbrauch in l je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1) .....	82
Tabelle 39:	Wasserverbrauch in l je 1.000 Eier (Standort 2, Durchgang 1) .....	83
Tabelle 40:	Verluste in % je Tier (Standort 2, Durchgang 1) .....	84
Tabelle 41:	Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2).....	85
Tabelle 42:	B-Ware je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2).....	86
Tabelle 43:	Verlegte Eier je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2) .....	87

Tabelle 44:	Futtermittelverbrauch in kg je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2).....	88
Tabelle 45:	Futtermittelverbrauch in kg je 1000 Eier (Standort 2, Durchgang 2).....	89
Tabelle 46:	Wasserverbrauch in l je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2).....	90
Tabelle 47:	Wasserverbrauch in l je 1000 Eier (Standort 2, Durchgang 2).....	91
Tabelle 48:	Verluste in % je Tag (Standort 2, Durchgang 2).....	92
Tabelle 49:	Ergebnisse der Varianzanalyse und Multipler Mittelwertvergleich für den Standort 2.....	93
Tabelle 50:	Verhaltensbeobachtungen in Anzahl/Bestand * 1.000.000 <sup>(*)</sup> (Standort 1).....	97
Tabelle 51:	Ergebnisse der Varianzanalyse für Verhaltensmerkmale am Standort 1.....	97
Tabelle 52:	Verhaltensbeobachtungen in Anzahl/Bestand * 1.000.000 <sup>(*)</sup> (Standort 2).....	99
Tabelle 53:	Ergebnisse der Varianzanalyse für Verhaltensmerkmale am Standort 2.....	101
Tabelle 54:	Farbtemperatur und Farbwiedergabeindex.....	104

## Abkürzungsverzeichnis

Ø	Mittelwert
A	Beleuchtung im Volierensystem
ad lib.	ad libitum (zur freien Verfügung)
AM 1.5G Spektrum	Standardspektrum auf der Erde (300 nm bis 1.100 nm)
B-Ware	Knick- und Schmutzeier
CCT	correlated colour temperature (ähnlichste Farbtemperatur in K)
CRI	colour rendering index (Farbwiedergabeindex)
D	Deckenbeleuchtung
DG	Durchgang
EierGes.	Legeleistung pro Tier und Tag
EVG	Elektronisches Vorschaltgerät
FuV	Futtermverbrauch
FuV1000	Futtermverbrauch je 1.000 Eier
Gallilux	Beleuchtungsstärke in Chicken Lux (Clux, Gallilux), basierend auf einer tierartsspezifischen spektralen Empfindlichkeitskurve nach LEWIS & MORRIS (2006)
Hz	Hertz (Frequenz - Anzahl der Schwingungen pro Sekunde)
IAPP	Institut für Angewandte Photophysik
K	Kelvin (Farbtemperatur)
KVG	Konventionelles Vorschaltgerät
LED	Light Emitting Diode (elektronisches Halbleiter-Bauelement)
lm	Lumen (Lichtstrom $\phi$ )
LSL	Lohmann Selected Leghorn (weißer Legehennenhybrid)
LW	Lebenswoche
lx	Lux, Beleuchtungsstärke
max	Maximum
min	Minimum
n	Anzahl an Probanden/Messwerten etc.
nm	Nanometer (Längeneinheit, entspricht $10^{-9}$ m)
p	probability of error (Irrtumswahrscheinlichkeit)
Q1	23.–29. LW
Q2	30.–39. LW
Q3	40.–49. LW
Q4	50. LW und älter
s	standard deviation (Standardabweichung)
TUD	Technische Universität Dresden
UV-Strahlung	Ultraviolette Strahlung
Verl E	Verlegte Eier
VVG	Verlustarmes Vorschaltgerät
WaV	Wasserverbrauch
WaV1000	Wasserverbrauch je 1.000 Eier

# 1 Einleitung und Zielstellung

Das Sehvermögen von tagaktiven Vögeln und damit auch des Wirtschaftsgeflügels unterscheidet sich sehr stark zu dem des Menschen. So sehen Vögel z. B. neben den Farbkanälen Rot, Grün, Blau (Trichromasie) auch UV-Licht und Schillerfarben, die durch besondere Strukturen hervorgehoben werden (Pentachromasie) (BERK et al. 2009).

Die Rolle des UVA-Lichtes scheint sich beim Wirtschaftsgeflügel auf retinaler Ebene abzuspielen. Es steuert somit weniger extraretinale und endogene Abläufe wie Wachstum, Futterumsetzung, Fertilität und Eiproduktion (HOGSETTE et al. 1997; KRISTENSEN et al. 2003), sondern eher Verhaltensweisen wie Partnererkennung, Attraktivität, Aufbau von Sozialgefügen, Aggressivität, Erkundungsdrang und Aktivität (LEWIS et al. 2000 und JONES et al. 2001, zit. bei STEIGERWALD 2006).

Fehlt im Lichtspektrum der UV-Anteil, so werden beim Vogel nur die blauen, grünen und roten Rezeptoren gereizt. Eine für den Menschen weiß erscheinende Oberfläche wird vom Vogel demzufolge farbig gesehen, weil die Gegenfarbtheorie zum Tragen kommt (BURKHARDT 1996).

Nach KORBEL (2011) ist außerdem davon auszugehen, dass bei Fehlen des UV-Anteiles in künstlichen Lichtquellen das Geflügel seine Haltungsumgebung in der Komplementärfarbe, also in „Falschfarben“ wahrnimmt. Des Weiteren sehen Vögel bei UV-Anteil im Lichtspektrum (natürliches Tageslicht oder künstliche Lichtquellen mit UV-Anteil) ihre Umgebung auch wesentlich heller. Die herkömmliche Kunstlichtbeleuchtung in Geflügelställen ist nach KORBEL (2011) auf rein menschliche Sehgewohnheiten ausgerichtet und trägt den spezifischen Sehleistungen des Vogelauges nur wenig Rechnung. Aus Sicht der wissenschaftlichen Grundlagenforschung entsprechen Leuchtstofflampen ohne UV-Anteil im Lichtspektrum nicht den Anforderungen an eine tiergerechte Beleuchtung in Legehennenställen. Dies gilt nicht nur für alte Ställe ohne Tageslichteinfall, sondern auch für die Ställe, die nach dem 13. März 2002 in Benutzung genommen wurden und laut Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzTV) über Lichtöffnungen verfügen müssen, deren Fläche 3 % der Stallgrundfläche beträgt. Die Lichtbänder geben zwar Tageslicht, dessen UV-Anteil wird jedoch in Abhängigkeit der verwendeten Fenstergläser in der Regel mehr oder weniger gefiltert.

Ziel der Untersuchungen war es zu ermitteln, inwieweit sich Leuchtmittel mit einem erhöhten UV-Anteil im Spektrum im Vergleich zu tageslichtähnlichen Lampen ohne UV-Anteil und herkömmlicher Beleuchtung im Stall auf die Leistung, den Futter- und Wasserverbrauch, die Tierverluste und das Verhalten von Legehennen auswirken.

# 2 Literatur

## 2.1 Sehvermögen von Hühnervögeln

Das Vogelauge besitzt zum Teil spezielle funktionale Anpassungen an die Umwelt. Unter den Wirbeltieren verfügen Vögel über das leistungsfähigste Sehorgan (BERK et al. 2009). Es dient der Erkundung der Umwelt, dem Auffinden von Futter und Wasser, dem Schutz vor Raubtieren, dem Aufsuchen geeigneter Nistplätze und der Unterscheidung von Artgenossen und damit der Ausbildung einer Hackordnung.

### 2.1.1 Anatomie und Physiologie des Hühnerauges

Die Morphologie des Vogelauges ähnelt prinzipiell der anderer Wirbeltiere und damit auch des Menschen (Abbildung 1), spiegelt jedoch auch eine Vielzahl von Adaptationsvorgängen an Lebensraum und Lebensform der Vögel wider (KORBEL 1997; BURKHARDT et al. 1997).

Bei Vögeln, die selbst als Beute dienen – dazu zählen auch Hühner –, sind die Augen seitlich angeordnet, wodurch ihr Gesichtsfeld mit einem Sehwinkel von etwa 160 Grad groß ist (MARTIN et al. 2005). Andererseits überschneidet sich ihr Sehfeld aber nur wenig, wodurch das räumliche Sehvermögen sehr gering ausgeprägt ist (geringer binokularer Bereich). Dieser Nachteil wird durch ein erhöhtes Rotationsvermögen des Kopfes bzw. bei Hühnern durch das typische Kopfnicken ausgeglichen (BOHNET 2007; GRASHORN 2005). Im Gegensatz dazu sitzen bei jagenden Vögeln die Augen eher frontal und ermöglichen so ein gutes räumliches Sehen.

Verglichen mit dem menschlichen Auge ist das der Vögel relativ zu den Schädelabmessungen deutlich größer. Bei Hühnerküken beträgt der Gewichtsanteil der Augäpfel 12 % der gesamten Schädelmasse und bei adulten Hühnervögeln 7 bis 8,5 %, beim Menschen lediglich 1 % (WEISE 2007).

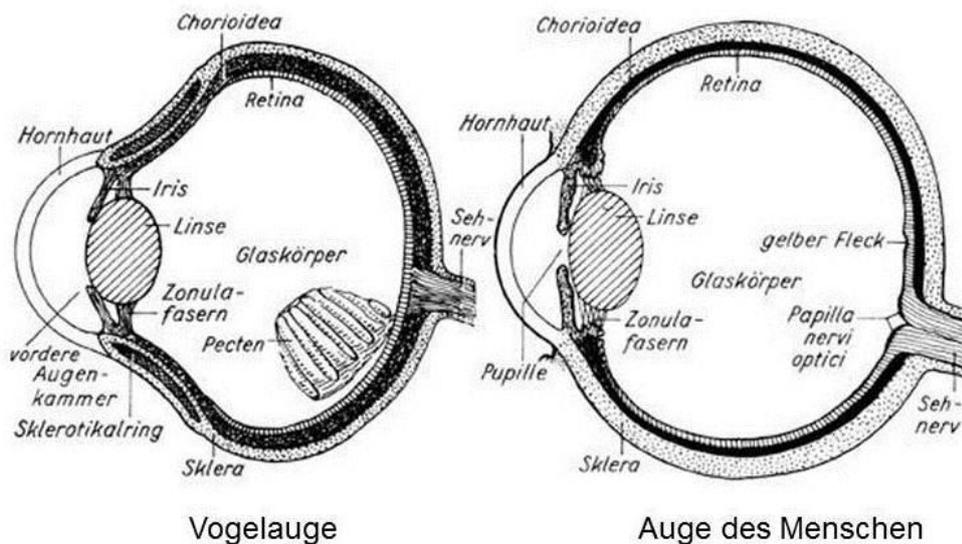
Das Sehorgan besteht aus dem Augapfel und den Nebenorganen des Auges (Augenlider, Augenmuskel, Tränenapparat). Die Form des **Augapfels** ist durch den schmalen Kopf des Huhnes relativ flach gehalten. Bei anderen Vogelarten kann die Gestalt des Augapfels je nach Kopfform und Tag- bzw. Nachtaktivität auch anders ausgeprägt sein (BOHNET 2007). Das Vogelauge ist tief in der Augenhöhle eingebettet, sodass nur ein kleiner Teil von außen sichtbar ist. Somit ist es vor mechanischen Einflüssen gut geschützt.

Zusätzlich schützen die **Augenlider**, wobei das untere Lid größer und mobiler ist als das obere. Der Lidabschluss erfolgt somit hauptsächlich durch das untere Lid (BOHNET 2007). Weil das Vogelauge ein sehr empfindliches Organ ist, hat sich im Laufe der Evolution bei den Vögeln ein drittes, inneres Augenlid gebildet, die so genannte Nickhaut. Sie kann seitlich geöffnet und geschlossen werden. Das eigentliche Blinzeln zur Verteilung des Tränenfilms auf der Hornhaut erfolgt bei den Vögeln mit der Nickhaut. Sie dient daher insbesondere beim Flug zum Schutz vor Austrocknung des Auges und soll zusätzlich die Auskühlung des Gehirns verhindern (BOHNET 2007).

Vögel besitzen wie der Mensch vier gerade (M. rectus dorsalis, M. rectus, ventralis, M. rectus temporalis, M. rectus nasalis) und zwei schräge Augenmuskeln (M. obliquus dorsalis, M. obliquus ventralis). Zusätzlich besitzen Vögel zwei kräftige Muskeln (Mm. quadratus et pyramidalis membranae nictitantes), die der kaudalen Fläche des Augapfels anliegen. Diese Muskeln sind für die Bewegung der Nickhaut zuständig. Die Bewegung des oberen und unteren Augenlides wird durch drei Muskeln gesteuert (M. levator palpebrae dorsalis, M. depressor palpebrae ventralis, M. orbicularis oculi) (BOHNET 2007).

Der **Tränenapparat**, der u. a. der Benetzung der Hornhaut dient, besteht aus Tränendrüse, Nickhautdrüse, Nasendrüse und den tränenableitenden Wegen (BOHNET 2007). Wie bei allen Wirbeltieren wird der innere Teil des Augapfels aus drei Gewebsschichten gebildet, der äußeren, der mittleren und der inneren Augenhaut.

Die **äußere Augenhaut** wird unterteilt in einen hinteren Abschnitt, die Sklera oder weiße Augenhaut, und einen vorderen Abschnitt, die transparente Hornhaut (Kornea) (BOHNET 2007). Die Sklera besteht vorwiegend aus kollagenen Fasern (KOMAR & SZUTTER 1968; zit. bei BOHNET 2007) und ist das formgebende und formerhaltende Element des Auges.



Quelle: [www.wissenschaft-online.de](http://www.wissenschaft-online.de)

### Abbildung 1: Aufbau des Auges beim Huhn und beim Mensch

Quelle: verändert nach [http://www.spektrum.de/lexika/showpopup.php?lexikon\\_id=11&art\\_id=1065&nummer=130](http://www.spektrum.de/lexika/showpopup.php?lexikon_id=11&art_id=1065&nummer=130) (letzter Zugriff am 20.6.2014)

Die **Hornhaut** baut sich wie bei anderen Wirbeltieraugen aus fünf Schichten auf. Aufgrund zahlreicher Nervenfasern ist die Hornhaut hoch sensibel. Als Teil des dioptrischen Apparates hat die Hornhaut eine bedeutende Rolle bei der Lichtbrechung und Akkomodation (dynamische Anpassung der Brechkraft des Auges, somit wesentliche Voraussetzung für deutliches Sehen).

Direkt hinter der Hornhaut liegt die **vordere Augenkammer**, die mit Flüssigkeit (Kammerwasser) gefüllt ist. Aus dem Kammerwasser und dem präkornealen Tränenfilm erfolgt über Diffusion die Nährstoffversorgung der Hornhaut (BOHNET 2007). Die Regenbogenhaut (Iris), der Strahlen- oder Ziliarkörper (Corpus ciliare) und die Aderhaut (Chorioidea) bilden die mittlere Augenhaut (WEISE 2007).

Die **Regenbogenhaut** umrahmt die bei Vögeln runde, selten querovale Pupille (Pupilla) und trennt die vordere Augenkammer von der sehr schmalen hinteren Augenkammer ab. Starke Pigmenteinlagerungen gewährleisten, dass das Licht nur durch die Pupille ins Augeninnere strahlt (BOHNET 2007). Kreisförmig um die Linse des Auges angeordnete, elastische Fasern (Zonulafasern) bilden in ihrer Gesamtheit die Zonula ciliaris und verbinden die Linsenkapsel mit dem Ziliarkörper.

Der **Ziliarkörper** ist für die Aufhängung der Linse und ihre Akkommodation verantwortlich. Außerdem ist er an der Produktion des Kammerwassers beteiligt.

Die **Aderhaut** kleidet den Augenhintergrund aus. Sie ist bei Vögeln im Vergleich zum Säugetier relativ dick und stark mit Blutgefäßen durchzogen. Ihre Hauptfunktion besteht in der Ernährung der Netzhaut (Retina). Entsprechend findet sich in dickeren Netzhautbereichen eine Häufung von Blutgefäßen.

Ein Epithel aus lichtempfindlichen Sinneszellen, **Netzhaut** oder **Retina** genannt, bildet die innere Augenhaut, die bei allen Vögeln auffallend dick ist. Aufgrund der großen Anzahl von Nervenzellen können Vögel bereits in der Retina Verknüpfungen bilden, die beim Säugetier höheren nervalen Zentren vorbehalten sind. In der Netzhaut wird das einfallende Licht, nachdem es die Hornhaut, die Linse und den Glaskörper durchquert hat, in Nervenimpulse umgewandelt. Die Netzhaut enthält als Photorezeptoren sowohl Stäbchen als auch Zapfen, wobei einfache und doppelte Zapfen beobachtet werden.

Während die Zapfenzellen das Tag- und Farbsehen (photopisches Sehen) ermöglichen, dienen Stäbchenzellen dem Dämmerungs- und Nachtsehen (skotopisches Sehen) (BOHNET 2007). Die Verteilung von Zapfen und Stäbchen hängt von der jeweiligen Vogelspezies und deren Lebensgewohnheiten ab. Bei tagaktiven Vögeln dominieren Zapfenzellen, die Stäbchenzellen sind nur in geringerer Zahl und nur peripher angeordnet (BOHNET 2007). Bei nachtaktiven Vogelarten hingegen sind die wesentlich lichtempfindlicheren Stäbchen in der Überzahl.

Die Netzhaut von Hühnern als tagaktive Vögel weist zu 90 % Zapfen, davon nach STEIGERWALD (2007) bis zu 45 % Doppelzapfen, und zu 10 % Stäbchen auf. Eine Besonderheit der Vogelnetzhaut – und auch einiger Fische, Amphibien, Reptilien und Kängurus – ist das Vorhandensein von farbigen Öltröpfchen in den Zapfenzellen, die chromatische Filterfunktion besitzen. Zusätzliche farblose Öltröpfchen werden nach BOHNET (2007) mit der Fähigkeit, ultraviolettes Licht zu sehen, in Verbindung gebracht.

Vögel haben eine sehr leicht formbare **Linse**, die aus einem Linsenkörper und einem weichen ringförmigen Linsenkissen (engl. annular pad) besteht. Zwei Muskeln im Ziliarkörper bewirken eine Verschiebung und Verkrümmung der weichen Linse, wodurch eine viel größere Akkommodationsbreite als beim Menschen oder anderen Tierarten möglich ist (<http://www.eyevet.ch/sehvermoegen.html>, letzter Zugriff am 15.01.2014). Die Linse liegt zwischen Iris und Glaskörper.

Als **Glaskörper** wird eine gefäßlose, gelförmige, transparente extrazelluläre Substanz bezeichnet, die zu 99 % aus Wasser besteht. Er ist eingebettet in ein feines Kollagenfibrillengerüst, wodurch der Augeninnendruck und damit die Lage der Retina stabilisiert werden (BOHNET 2007).

Eine Besonderheit des Vogelauges bildet eine kamm-, fächer- oder manchmal zapfenartige Ausstülpung aus Nervenstützgewebe nahe der Eintrittsstelle des Sehnervs in den Glaskörper, der so genannte **Augenkamm** (Pecten oculi) oder auch Augenfächer. Aufgrund seines dichten Netzes von Kapillaren und der Gefäßversorgung über eine eigene Arterie besitzt der Augenkamm eine nutritive Funktion für den Glaskörper und die ebenfalls keine Blutgefäße enthaltende (avaskuläre) Retina (KORBEL 2000).

Die Augen dienen als Lichtsinnesorgane. Das Licht gelangt durch die optischen Augenbestandteile Hornhaut, vordere Augenkammer, Linse und Glaskörper, wird von den Photopigmenten der Retina absorbiert und in neuronale Informationen umgewandelt, die dann über reizableitende periphere und zentrale Leitungsbahnen

zur Verarbeitung in das Sehzentrum der Großhirnrinde geleitet werden (BERK et al. 2009). Bei Vögeln kann das Licht außer von der Retina aber auch durch das Pinealorgan empfangen werden.

### Pinealorgan (Epiphysis cerebri)

Das **Pinealorgan** der Wirbeltiere, auch Zirbeldrüse genannt, entspringt entwicklungsgeschichtlich dem Zwischenhirn und befindet sich anatomisch über ihm (BERK et al. 2009). Das aviäre Pinealorgan wird als photoendokriner Wandler bezeichnet (BERK et al. 2009).

Bei einer Lichtintensität von mehr als 4 lx wird das Licht mit Hilfe von Photorezeptoren direkt durch den Schädel vom Pinealorgan aufgenommen (LEWIS & MORRIS 2006) und neben der neuronalen Information der Retina in ein endokrines Signal übersetzt. Das endokrine Signal ist nach BERK et al. (2009) der Übermittler zyklischer exogener Vorgänge in rhythmische endogene Vorgänge.

Von den Pinealozyten im Pinealorgan (wie auch in der Retina) wird Melatonin produziert. **Melatonin** ist ein Hormon, das nach der Aufnahme der Aminosäure Tryptophan und deren Umwandlung aus Serotonin produziert wird und den Tag-Nacht-Rhythmus steuert (APELDOORN et al. 1999; FAIRCHILD 2001; STEIGERWALD 2006). Seine Bildung wird durch Licht gehemmt. Bei Dunkelheit wird diese Hemmung aufgehoben, die Produktion steigt an und mit ihr auch die Sekretion des Melatonins. Die biologischen Einflüsse des Lichtes sind demnach nicht nur visueller (optischer), sondern auch nicht visueller (energetischer) Art (BERK et al. 2009). Neben dem Sehen von Farben und Formen bestimmt das einfallende Licht auch den zirkadianen Rhythmus und die Saisonalität.

### 2.1.2 Leistungsfähigkeit des Vogelauges

Das Auge ist für Vögel das wichtigste, durch andere Sinnesleistungen nicht ersetzbare Sinnesorgan. Es ist stark spezialisiert und an die jeweiligen Lebensbedingungen angepasst. In folgenden Fähigkeiten unterscheiden sich das Vogelauge und das menschliche Auge:

- **Akkommodationsbreite** (Einstellen der Linse auf Nah- und Weitsehen durch Veränderung der Wölbung): Diese führt dazu, dass ein Objekt, das sich in einer beliebigen Entfernung zwischen dem individuell unterschiedlichen optischen Nah- und Fernpunkt befindet, scharf auf der Netzhautebene abgebildet wird und ist somit eine wesentliche Voraussetzung für deutliches Sehen ([http://de.wikipedia.org/wiki/Akkommodation\\_\(Auge\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Akkommodation_(Auge)), letzter Zugriff am 04.03.2014). Im Allgemeinen ist die Akkommodation, insbesondere die Akkommodationsgeschwindigkeit, bei Vögeln stärker ausgebildet als bei Säugetieren (BOHNET 2007)
- **Sehschärfe**: Die Sehschärfe von Vögeln und Mensch ist im Bereich der Area centralis (Stelle des schärfsten Sehens auf der Netzhaut) nach BOHNET (2007) zwar annähernd gleich, das aviäre Blickfeld ist aber in allen Bereichen gleichmäßig scharf und farbig (BEZZEL & PRINZINGER 1990; zit. bei BOHNET 2007) und nicht wie beim Menschen auf eine Zone besten Sehens in der optischen Achse beschränkt (KING-SMITH 1971; zit. bei BOHNET 2007). Hühner sind kurzsichtig, d. h. bei einer Distanz von über 25 Metern sind sie relativ „blind“. Allerdings können sie bei kurzen Entfernungen sehr scharf sehen.
- **Gesichtsfeld**: Der Ausschnitt der Umgebung, den ein unbewegtes Auge bei fixiertem Kopf sieht, heißt Gesichtsfeld (SILBERNAGEL et al. 1991; zit. bei BOHNET 2007). Aufgrund der bei Hühnern lateral angeordneten Augen sehen diese monokular, was zwar eine gute Übersicht der Umwelt ermöglicht, jedoch mit einer Einschränkung des räumlichen Sehens verbunden ist. Hühnervogel verbessern das räumliche Sehvermögen durch intensives Kopfnicken (BOHNET 2007).

- **Hell-Dunkel-Adaptation:** Beim Vogel erfolgt im Gegensatz zum Säugetier die Adaptation an unterschiedliche Lichtverhältnisse wesentlich schneller, weil durch die quer gestreifte Muskulatur der Iris die Pupillengröße willkürlich steuerbar ist (BOHNET 2007). Zusätzlich wird die schnellere Hell-Dunkel-Adaptation der Vögel dadurch unterstützt, dass in Fortsätzen, die Zellen des Pigmentepithels der Retina besetzen, das Pigment bei der Hell-Dunkel-Adaptation nach innen wandert und die Rezeptorzellen abschirmt (KING & MCLELLAND 1984; zit. bei BOHNE 2007).
  
- **Zeitliches Auflösungsvermögen:** Das zeitliche Auflösungsvermögen ist die Fähigkeit, Lichtblitze oder Bilder pro Zeiteinheit als einzelne Impulse wahrzunehmen. Steigt die Anzahl Bilder bzw. Lichtblitze pro Zeiteinheit, so verschwimmen ab einer bestimmten Frequenz die Einzelbilder zu einem „Film“. Mit bis zu 160 Bildern pro Sekunde (KORBEL 1997) ist das Auflösungsvermögen des Hühnerauges um das Zwei- bis Achtfache größer als das des menschlichen Auges mit 15 bis 80 Hz (GRASHORN 2005). Es ermöglicht, dass Lichtfrequenzen, die für das menschliche Auge kontinuierlich ablaufen, durch das Huhn in einzelnen Bildern wahrgenommen werden und dient vor allem der optischen Fixierung sich schnell bewegender Objekte. Leuchtstoffröhren flackern aufgrund der Wechselstromfrequenz von 50 Hz bzw. 60 Hz (USA). Durch Pulsation pro Halbwellendurchgang erhöht sich die Frequenz auf 100 bzw. 120 Hz. Die Frequenz (Hz), bei der diskontinuierliches Licht einer Lichtquelle nicht mehr als Flackerlicht bewusst wahrgenommen werden kann und dann als kontinuierliches Licht erscheint, wird als Flickerfusionsfrequenz bezeichnet. Sie beruht auf der Trägheit des Auges, ab einer bestimmten Bild- oder Lichtblitzfolge nicht mehr in Einzelphasen zu unterscheiden. Durch Verschmelzung mit dem vorherigen Bild bzw. Lichtblitz entsteht der Eindruck eines kontinuierlichen Bildes bzw. Lichtes (STEIGERWALD 2006). Die Angaben in der Literatur, bis zu welcher Frequenz Leuchtmittel als flackernd vom Huhn wahrgenommen werden, reichen von 87 Hz bis 120 Hz (BERK et al. 2009). Untersuchungen belegen jedoch, dass bei niedrigen Lichtintensitäten, wie sie in Hühnerställen üblich sind, die Wahrnehmungsschwelle für Flickerfrequenz wesentlich niedriger ist als bei hohen Intensitäten. Um die Flackereigenschaft der Leuchtstoffröhren mit Sicherheit auszuschalten, sollten in Geflügelställen Röhren mit Elektronischem Vorschaltgerät (EVG), die mit wesentlich höherer Frequenz (32 bis über 40 kHz) arbeiten, eingesetzt werden.
  
- **Helligkeitsempfinden (Lux/Gallilux):** Hühner nehmen unter photopischen Bedingungen (Tagsehen) Licht mit Ausnahme der spektralen Bereiche 520–540 nm und 580–600 nm heller wahr als der Mensch (LEWIS & MORRIS 2006). So sehen Hühner im Wellenlängenbereich von 320 bis 328 Nanometer (UV-Licht, auch als Schwarzlicht bezeichnet) ihre Umgebung bis zu 40-mal heller als der Mensch (Tabelle 1). Wiederum besitzen die vom Huhn wahrgenommenen Lichtfarben unterschiedliche Helligkeitswerte. In Verhaltensuntersuchungen wurde festgestellt, dass Legehennen rotes Licht (635 nm) dreimal heller wahrnehmen als blaues Licht (415 nm) (PRAYITNO & PHILLIPS 1997, zit. bei BERK et al. 2009). Die Helligkeitswerte sind jedoch auch altersabhängig. Während heranwachsende Hühner bei gelbgrünem Licht am hellsten sehen, ist es bei erwachsenen Tieren die Lichtfarbe gelb (ENGELMANN 1984). Die Einheit für die Beleuchtungsstärke „Lux“, die auf das menschliche Helligkeitsempfinden abgestimmt ist, kann demnach nicht für das Geflügel übernommen werden. Nach KORBEL (2008) sollte vielmehr die Einheit „Gallilux“ oder „Clux“ Anwendung finden. Gallilux wird mit Hilfe von Korrekturfaktoren der Beurteilung des spezifischen Helligkeitsempfindens des Geflügels gerecht.

**Tabelle 1: Lichtintensitätswahrnehmung von Mensch (Lux) und Geflügel (Gallilux)**

(Quelle: verändert nach LEWIS & MORRIS 2006)

Lichtquelle	Strahlung in W/m <sup>2</sup>	Lichtintensität (Lux)	Lichtintensität (Gallilux)
Glühlampe (15 W)	0,03	5,6	8,1
Leuchtstoffröhre (warm)	0,28	120,8	147,2
Leuchtstoffröhre (kalt)	0,30	120,8	159,1
Leuchtstoffröhre (blau, 36 W)	0,42	37,8	196,8
Schwarzlicht (36 W)	0,28	0,7	31,1
Sonnenlicht	487	100.000	163.560

### Spektrale Empfindlichkeit und Farbsehen

Auf die spektrale Empfindlichkeit des Vogelauges soll im Folgenden gesondert eingegangen werden, weil deren Besonderheiten für die Geflügelhaltung von Bedeutung sind und gleichzeitig Gegenstand der erfolgten Untersuchungen waren.

Neben den drei Farbkanälen rot, grün und blau, die der Mensch (Trichromasie) wahrnehmen kann, sehen Vögel auch im ultravioletten Wellenlängenbereich (Tetrachromasie). Zusätzlich beschreibt KORBEL (2008) einen fünften Farbkanal (Pentachromasie), der das Vogelauge gegenüber Schillerfarben, die durch bestimmte Strukturen verursacht werden, sensitiv macht.

Die Wellenlängen des für den Menschen sichtbaren Lichts liegen im Bereich von etwa 400 bis 780 nm. Dabei ist das menschliche Auge jedoch nicht für alle Wellenlängen in diesem Bereich gleich empfindlich. Dafür verantwortlich sind die drei verschiedenen Typen von Zapfen beim Menschen, die jeweils ein anderes Absorptionsmaximum haben. Das sind die Nanometerbereiche um 420 (blau), 534 (grün) und 563 (gelbgrün). Trotz des Farbwertes gelbgrün wird dieser Zapfentyp auch als *Rotrezeptor* bezeichnet, weil er die Hauptleistung in der Wahrnehmung des Rotbereiches übernimmt ([http://de.wikipedia.org/wiki/Zapfen\\_\(Auge\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Zapfen_(Auge)), letzter Zugriff am 04.03.2014). Der Maximalwert der Summe der drei Absorptionskurven, die die Zapfentypen bestimmen, liegt am Tag bei etwa 555 nm und in der Dunkelheit bei 507 nm. Vögel nehmen Wellenlängen von 320 bis 800 nm wahr. Sowohl beim Menschen als auch beim Vogel variiert der sichtbare Wellenbereich je nach Literaturquelle geringfügig (Tabelle 2).

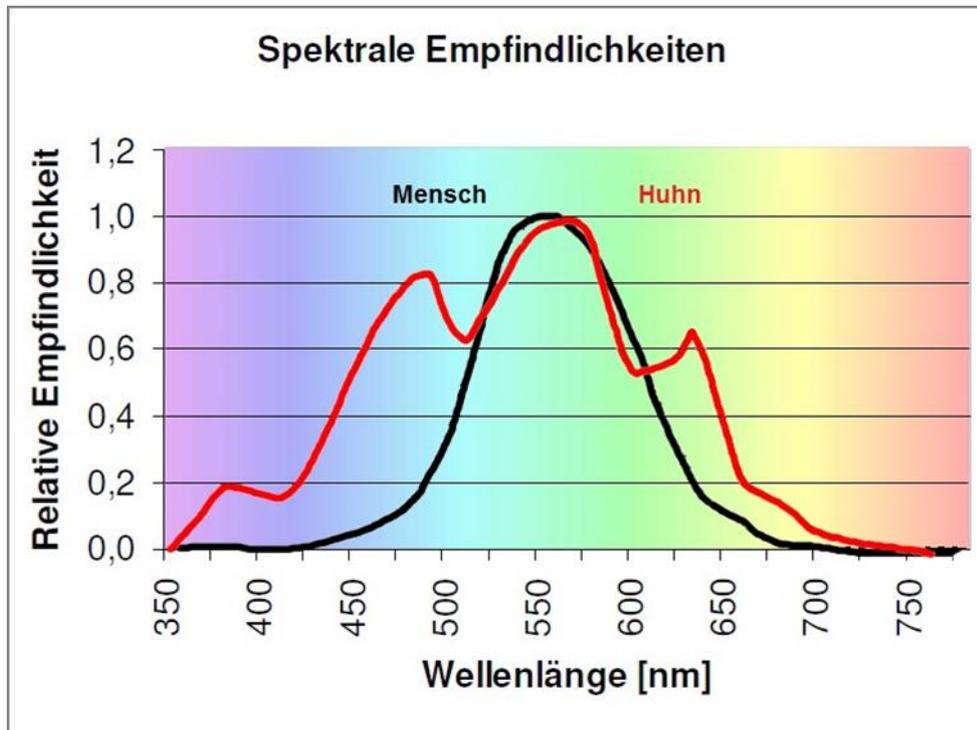
**Tabelle 2: Angaben zum sichtbaren Wellenlängenbereich bei Hühnervogel und Mensch**

Sichtbarer Wellenlängenbereich (nm)		
Hühnervogel	Mensch	Quelle
320 – 680	400 – 680	BOHNET 2007; KORBEL 2009
320 – 700	410 – 680	GRASHORN 2005
350 – 800	400 – 780	STEIGERWALD 2006
360 / 400 – 600 / 700	k. A.	THIELE 2008
360 – 700	k. A.	WEISE 2007
k. A.	400 -700	BENNETT & CUTHILLS 1994

Das Vogelaug verfügt über fünf Zapfensysteme. Auch bei Vögeln gibt es Unterschiede in der Empfindlichkeit auf verschiedene Wellenlängen des Lichts. Die stärksten Reize werden in den Nanometerbereichen um 360 (UV), 450 (blau), 480 (blaugrün), 510 (grün) und 570 (rot) ausgelöst, wobei die maximale Erregung bei 550 nm möglich ist (Abbildung 2). Die spektrale Sensitivitätskurve von Hühnern zeigt des Weiteren, dass sie für Wellenlängen im ultravioletten Bereich bis hin zum rotwelligen Lichtanteil sensitiver ist als die von Menschen und daher pro eingestrahlt Photon mehr Helligkeit empfindet. Lediglich bei den spektralen Bereichen zwischen 520–540 nm und 580–600 nm sind die Menschen dem Hausgeflügel in dem Helligkeitsempfinden überlegen (LEWIS & MORRIS 2006; STEIGERWALD 2006).

Hühnervögel zeigen gegenüber farbigem Licht gewisse Präferenzen, die BERK et al. (2009) auf die ursprünglichen natürlichen Lebensverhältnisse zurückführen. Demnach wird weißem Licht mit einem erhöhten Grünanteil im Spektrum der Vorrang gegeben (PRAYITNO et al. 1997a; zit. bei BERK et al. 2009). Die Bevorzugung von grünem und blauem Licht gegenüber rotlastig-weißem bzw. rotem Licht erfolgt nach BERK et al. (2009) unabhängig von den Lichtbedingungen in der Aufzucht.

Das Sehen der Vögel im UV-Bereich konnte u. a. durch elektroretinographische Untersuchungen belegt werden (KORBEL et al. 2002; zit. bei BOHNET 2007). Ermöglicht wird dies durch die UV-Durchlässigkeit des vorderen dioptrischen Apparates, insbesondere der Linse, und das Vorhandensein spezieller UV-Zapfen der Retina. Menschen können aufgrund einer starken UV-Absorption der transparenten Augenmedien, insbesondere aufgrund der gelblich gefärbten Linse, ultraviolette Wellenlängen nicht wahrnehmen (KENNEDY & MILKMAN 1956; zit. bei BOHNET 2007).



**Abbildung 2: Vergleich der spektralen Empfindlichkeit von Mensch und Huhn**  
(Quelle: LEWIS & MORRIS 2006)

Die Perzeption von ultravioletter Strahlung dient bei Vögeln u. a. der artspezifischen Partnererkennung (durch UV-Reflexion des Gefieders), dem Balzverhalten, dem Erkennen des Reifegrades ihres Futters, der Erkennung von Beute, der Tarnung und Feindvermeidung und hat eine wichtige Zeitgeberfunktion (BURKHARDT 1996; KORBEL 2008, 2011; MAIER 1994). Fehlender UV-Anteil bei künstlicher Beleuchtung kann nach GRASHORN (2005) das Ausüben natürlicher Verhaltensweisen beeinträchtigen. Ultraviolettes Licht ist also ein notwendiger Bestandteil für die artgerechte Haltung von Hühnervögeln. Zudem besteht ein positiver Einfluss ultravioletter Strahlen auf die Fruchtbarkeit (LEWIS 2006), d. h. demnach auf die Legeleistung. Außerdem sehen Vögel Objekte, die nicht im UV-Spektrum beleuchtet werden oder nicht im UV-Bereich reflektieren, durch die fehlende Stimulation eines Farbkanals in ihren Komplementärfarben (KORBEL 2011). Ein Beispiel hierfür wäre, dass gelbes Legehennenfutter bei fehlendem UV-Anteil als blau wahrgenommen wird.

## 2.2 Lichtquellen im Vergleich

Licht ist der für das Auge sichtbare Teil der elektromagnetischen Strahlung. Im elektromagnetischen Spektrum umfasst der Bereich des Lichts Wellenlängen von etwa 380 nm bis 780 nm. Dies entspricht Frequenzen von etwa 789 THz bis 384 THz. Eine genaue Grenze lässt sich nicht angeben, weil die Empfindlichkeit des Auges an den Wahrnehmungsgrenzen nicht abrupt, sondern allmählich abnimmt. Die an das sichtbare Licht angrenzenden Bereiche der Infrarot- (Wellenlängen zwischen 780 nm und 1 mm) und Ultraviolettstrahlung (Wellenlängen zwischen 10 nm und 380 nm) werden häufig ebenfalls als Licht bezeichnet (<http://de.wikipedia.org/wiki/Licht>, letzter Zugriff am 13.03.2014).

## 2.2.1 Definitionen

Die Qualität und Quantität des Lichtes kann durch folgende Parameter beschrieben werden:

- **Colour rendering index (CRI) oder auch Farbwiedergabeindex (RA):** Der CRI oder RA beschreibt die Qualität der Farbwiedergabe von Lichtquellen gleicher korrelierter Farbtemperatur. Das Sonnenlicht als Referenzquelle wird mit einem CRI = 100 angegeben. Künstliche Lichtquellen erreichen diesen Standard nicht. Allerdings ist für das menschliche Auge bei einem CRI > 95 kein Unterschied mehr wahrnehmbar (STEIGERWALD 2006).
- **Farbtemperatur (K):** Die Farbtemperatur ist ein Maß, um den jeweiligen Farbeindruck einer Lichtquelle quantitativ zu bestimmen. Es ist die Temperatur, deren Lichtwirkung bei gleicher Helligkeit und unter festgelegten Beobachtungsbedingungen der zu beschreibenden Farbe am ähnlichsten ist. Die spektrale Verteilung des Lichts von Strahlern mit gleicher Farbtemperatur kann sehr unterschiedlich sein (<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbtemperatur>, letzter Zugriff 12.03.2014). Lichtquellen mit einer niedrigeren Farbtemperatur (ca. 2.000 K) besitzen einen relativ höheren spektralen Energieanteil im langwelligen (roten) Bereich und Lampen mit einer höheren Farbtemperatur (ca. 5.000 K) umgekehrt mehr kurzwellige Strahlung (STEIGERWALD 2006). Licht von Lampen mit einer Farbtemperatur von bis zu 3.200 K wird vom Menschen als warm und Licht von Lampen mit über 4.000 K als kalt empfunden. Die internationale Norm legt für mittleres Sonnenlicht eine Farbtemperatur von 5.500 K fest. Bei der Charakterisierung von Lampenlicht wird daher auch unterschieden in Warmweiß, Neutralweiß und Kaltweiß bzw. Tageslichtweiß (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Charakterisierung des Lichtes über die Farbtemperatur (K)** (Quelle: STEIGERWALD 2006)

	Farbtemperatur (K)	Beispiele
Warmweiß	unter 3.300 K	Kerze, Glühlampe
Neutralweiß	3.300–5.000 K	Halogenlicht, Leuchtstofflampe neutralweiß, Mondlicht
Tageslichtweiß	über 5.000 K	Leuchtstofflampe kaltweiß, natürliches Tageslicht bei Sonnenschein, bei Bewölkung, bei Nebel

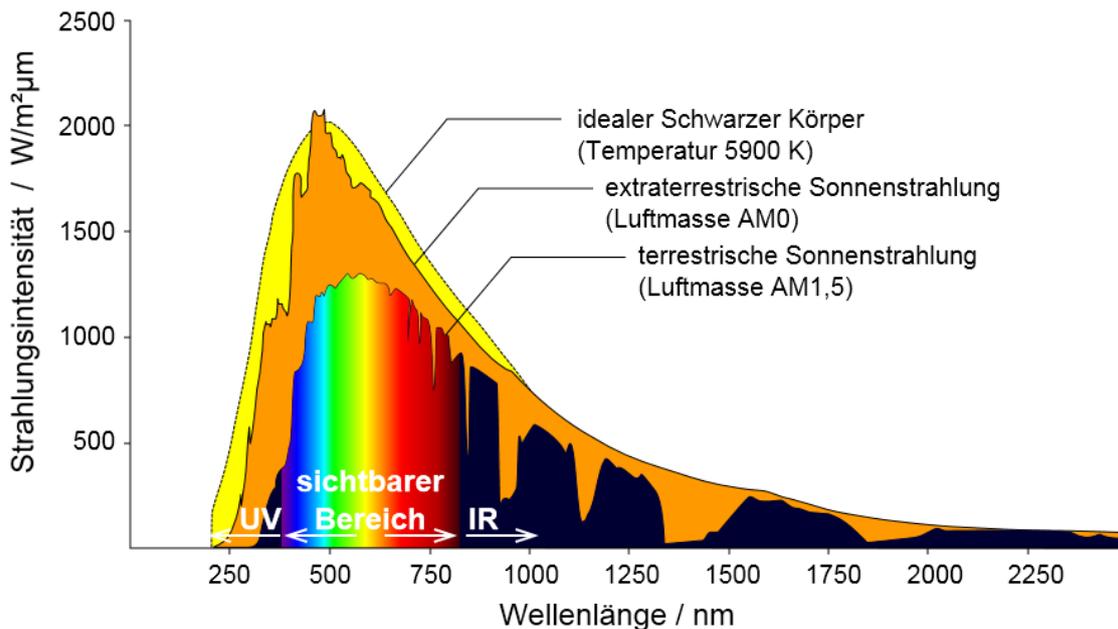
- **Full spectrum index oder Vollspektrumindex(FSI):** Der FSI ist ein mathematischer Ausdruck, der die spektrale energetische Verteilung des Lichts ab einer Wellenlänge von 380 nm bis 730 nm kumulativ berechnet und diese in Relation mit den entsprechenden Berechnungen eines Referenzlichtes setzt. Verglichen mit natürlichem Tageslicht weist ein kleinerer Wert auf ein volleres Spektrum hin (Rensellaer Polytechnic Institut 2003; zit. bei STEIGERWALD 2006).
- **Lichtstrom (Lumen/lm):** Der Lichtstrom ist die Lichtmenge, die pro Zeitintervall von einer Lichtquelle in den Raum ausgesandt wird. Er berücksichtigt die wellenlängenabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Auges (STEIGERWALD 2006).
- **Lichtausbeute (Lumen je Watt/lm je W):** Die Lichtausbeute ist der Quotient aus dem von einer Lampe abgegebenen Lichtstrom und der von ihr aufgenommenen Leistung. Sie beschreibt, mit welcher Wirtschaftlichkeit die aufgenommene elektrische Leistung einer Lichtquelle in Licht umgesetzt wird (STEIGERWALD 2006).
- **Beleuchtungsstärke (Lux/lx):** Die Beleuchtungsstärke ist der Lichtstrom pro Flächeneinheit. Sie beträgt 1 lx, wenn 1 Lumen Lichtstrom auf 1 m<sup>2</sup> Fläche gleichmäßig auftritt, vorausgesetzt, das Licht fällt senkrecht zur Fläche. Sie nimmt mit dem Quadrat der Entfernung zur Lichtquelle ab (doppelte Entfernung = 4-fach geringere Beleuchtungsstärke) (STEIGERWALD 2006).

- **Lichtstärke (Candela/cd):** Die Lichtstärke ist die Strahlungsleistung einer Lichtquelle pro Raumwinkel, gewichtet mit der spektralen Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges (STEIGERWALD 2006).
- **Leuchtdichte (Candela/m<sup>2</sup>):** Die Leuchtdichte ist definiert als Lichtstärke pro Flächeneinheit. Sie ist die Größe, die entscheidet, ob uns eine Fläche hell oder dunkel erscheint. Sie hängt nicht allein von der Beleuchtungsstärke und dem Einstrahlwinkel des Lichts ab, sondern auch vom Reflexionsgrad der Fläche, also ob die Fläche dunkel oder hell ist (STEIGERWALD 2006).

### 2.2.2 Sonnenstrahlung und Tageslicht

Das elektromagnetische Spektrum der Sonne hat die größte Intensität im Bereich des sichtbaren Lichts (**Sonnenlicht**). Abhängig von der Wellenlänge wird die Sonnenstrahlung von der Atmosphäre mehr oder weniger stark absorbiert. Die an der Erdoberfläche eintreffende Intensität ist also geringer als außerhalb der Atmosphäre und hängt zudem stark vom Wetter und vom Sonnenstand ab (Abbildung 3).

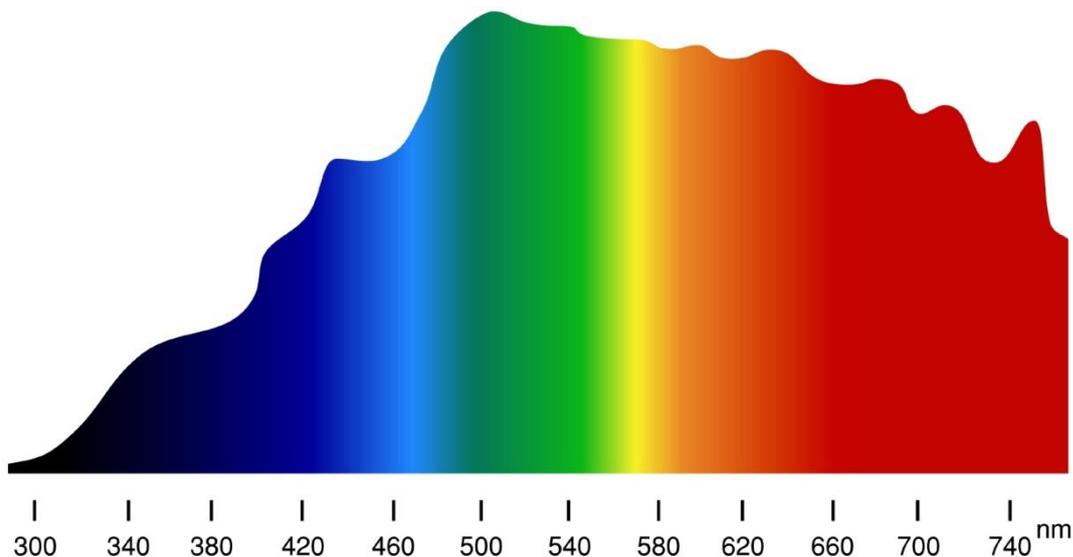
Der visuelle Anteil der solaren Strahlung macht etwa 40 % aus und erreicht bei klarem Wetter und hohem Sonnenstand zum größten Teil die Erdoberfläche. Die nicht sichtbare Strahlung ist zu 50 % nahe Infrarotstrahlung (NIR), von der wiederum etwa ein Viertel in der Atmosphäre absorbiert wird, hauptsächlich durch Wassermoleküle. Von der Ultraviolettstrahlung, die weniger als 10 % der Strahlung ausmacht, dringt UVA weitgehend durch. UVB wird von der Ozonschicht stark absorbiert, UVC vollständig vom Luftsauerstoff (<http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenstrahlung>, letzter Zugriff am 12.03.2014).



**Abbildung 3: Sonnenstrahlung oberhalb und auf der Erdoberfläche**

(Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenstrahlung>, letzter Zugriff 12.03.2014)

Das Spektrum des natürlichen Tageslichtes auf der Erde beinhaltet im sichtbaren Bereich von 380 nm bis 780 nm die Farbskala von Violett, Blau, Grün, Gelb, Orange bis Rot. Aber auch die Strahlung in den nicht sichtbaren Randbereichen Ultraviolett (280 bis 380 nm) und Infrarot (>780 nm) ist ein charakteristischer Bestandteil. Aus Abbildung 4 wird des Weiteren deutlich, dass das natürliche Lichtspektrum kontinuierlich, ohne Lücken verteilt ist.



**Abbildung 4: Spektrum des natürlichen Tageslichtes**

(Quelle: [http://www.naturlicht.de/images/tageslicht\\_diagramm.jpg](http://www.naturlicht.de/images/tageslicht_diagramm.jpg), letzter Zugriff am 12.03.2014)

### 2.2.3 Künstliche Lichtquellen

Die künstliche Beleuchtung in Stallanlagen weicht bei den derzeit überwiegend eingesetzten Lichtquellen stark von der Qualität und Quantität des natürlichen Lichtes ab. STEIGERWALD (2006) stellt drei grundsätzliche Anforderungen an Kunst- und Tageslicht im Legehennenstall.

- Das Spektrum muss sich an den natürlichen Lichtverhältnissen im ursprünglichen Lebensraum orientieren. Das Bankivahuhn als Vorfahre des heutigen Hausgeflügels lebt als Bodenbewohner in den Urwäldern Süd-Asiens (SCHOLTYSSEK 1987). Durch das Chlorophyll der Vegetation werden vorwiegend die kurzen und langen Spektren herausgefiltert. Das Licht ist also sehr grünlastig (STEIGERWALD 2006). Nach PRESCOTT (1999) bevorzugen Hühnervögel daher eine ausgewogene spektrale Verteilung des Lichtes mit einem 5- bis 15-%igen UVA-Anteil zur Ausübung ihrer arttypischen Verhaltensweisen. Bislang existiert keine Vollspektrumtageslichtlampe, die genau diese spektrale Verteilung emittiert (STEIGERWALD 2006). Leuchtstoffröhren wären grundsätzlich dazu in der Lage.
- Das Licht muss flackerfrei sein, damit unter heller Beleuchtung kein Stroboskopeffekt auftritt. Dieser Anforderung entsprechen Glühlampe, Lichtmodule unter Gleichstrombetrieb, z. B. LED, und Leuchtstofflampen unter EVG-Betrieb (Hochfrequenz-Lampen). Die beiden ersten Lampentypen emittieren jedoch ein für das Hausgeflügel weniger geeignetes Spektrum.
- Das Licht muss gleichmäßig im Stall und im System (Voliere, Kleingruppe) verteilt sein. Eine gleichmäßige Lichtverteilung entspricht nach STEIGERWALD (2006) zwar nicht den natürlich vorkommenden Lichtverhältnissen, ist aber aus hygienischer und tierschutzrelevanter Sicht erforderlich. Weil das Wirtschaftsgeflügel Licht erhöhter Intensität oder auch mit erhöhtem UV-Anteil bevorzugt, kann es zu vermehrten Tieransammlungen in diesem Bereich kommen. Die Folgen sind u. a. erdrückte Tiere, eine erhöhte Verschmutzung und damit auch eine erhöhte Ammoniakkonzentration in der Einstreu, verschmutztes Gefieder und Rangordnungskämpfe (STEIGERWALD 2006). Das gleiche Risiko besteht bei Fensteröffnungen für Tageslicht und Ventilationsöffnungen, weil im Bereich der Durchlässe die Lichtintensität stark ansteigt (200 bis 1.000 lx) und die

Hühner diese sonnigen Stellen gern zum Sonnenbaden nutzen. Zu berücksichtigen ist des Weiteren, dass sich mit zunehmendem Abstand von der Lichtquelle die Leuchtdichte verringert. Insbesondere kurzwellige Strahlung (u. a. UV-Licht) kann dabei durch Streuung rasch an Intensität verlieren.

Ergänzend zu STEIGERWALD (2006) muss

- das Kunstlicht optimal, d. h. stufenlos dimmbar sein, um beim ersten Auftreten von aggressivem Federpicken und Kannibalismus schnell reagieren zu können.

In Stallanlagen für die Aufzucht von Junghennen und Ställen für Legehennen kommen entweder Glühlampen, Leuchtstoffröhren oder Energiesparlampen zum Einsatz. Moderne, kostengünstige LED-Technik (Licht emittierende Dioden) wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen, vor allem dann, wenn diese so weiterentwickelt wird, dass mit ihnen Licht in einem größeren Spektralbereich erzeugt werden kann. Hochfrequente Lichttechnik, die Licht fast im natürlichen Spektralbereich erzeugt (True Light Technik), ist zum Teil schon im praktischen Einsatz.

### 2.2.3.1 Glühlampen

In der Vergangenheit wurden in Geflügelställen auf Grund ihres Preisvorteils und ihrer guten Dimmbarkeit überwiegend normale Glühlampen eingesetzt. Die Nachteile sind jedoch ein hoher Stromverbrauch in Relation zur Lichtausbeute (ca. 15 lm/W) und eine relativ geringe Lebensdauer (ca. 1.000 Stunden). Durch die Verordnung (EG) Nr. 244/2009 der Kommission vom 18.03.2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht werden jedoch Glühlampen schrittweise verboten (GRASHORN et al. 2010).

### 2.2.3.2 Halogen-Glühlampen

Halogenglühlampen stellen eine Weiterentwicklung der Glühlampen dar. Mit Hilfe eines Transformators wird die Netzspannung von 230 V in eine 11,2 bis 11,7 V-Betriebsspannung konvertiert. Durch hohen Druck und das halogenhaltige Gas im Kolbeninneren kann der Glühdraht auf einer höheren Temperatur arbeiten und erzielt so eine höhere Lichtausbeute als bei Glühlampen. Die Halogene im Füllgas verhindern während des Glühvorgangs zudem eine frühzeitige Kolbenschwärzung sowie ein zu schnelles Durchbrennen des Wendels und erhöhen somit die Lebensdauer der Lampe. Anstelle normaler Glühlampen können auch Halogen-Glühlampen mit E27-Fassung genutzt werden. Sie sind aber wohl nach STEIGERWALD (2006) nicht für den Dauerbetrieb geeignet. Bei Verwendung von Dimmern ist der Transformatortyp zu beachten.

Halogenglühlampen sind hinsichtlich Lichtausbeute und Betriebsdauer vorteilhafter als Glühlampen. Sie werden jedoch nur zur Punktausleuchtung in Ställen eingesetzt, weil sie sehr starke Hitze entwickeln und auch nicht für den Dauerbetrieb geeignet sind (GRASHORN et al. 2010; STEIGERWALD 2006). Halogenlampen neuester Generation nutzen den Infrarotüberschuss in der Strahlung, indem eine besondere Beschichtung im Inneren die Infrarotstrahlung wieder auf den Glühwendel reflektiert. Dadurch verbessert sich der Wirkungsgrad der Lampe.

### 2.2.3.3 Leuchtstofflampen/Niederdruck-Entladungslampen

Alternativ zu Glühlampen werden gegenwärtig meist Leuchtstoffröhren oder auch Energiesparlampen, deren Technik der einer Leuchtstoffröhre entspricht, in Geflügelställen verwendet. Energiesparlampen waren ursprünglich nicht dimmbar, mit deren Weiterentwicklung lassen sich aber heute viele der auf dem Markt verfügbaren Energiesparlampen ebenfalls dimmen.

Leuchtstofflampen sind Lumineszenzstrahler und produzieren durch Gasentladung unsichtbare UV-Strahlung, die durch Anregung der Leuchtstoffe in sichtbares Licht umgewandelt wird. Die spektrale Zusammensetzung des Leuchtstofflampenlichtes variiert sehr stark je nach Gasgemisch und Glasbeschichtung.

Für den Betrieb einer Gasentladungs- bzw. Leuchtstofflampe ist ein Vorschaltgerät notwendig. Anderenfalls würde der Entladungsstrom durch die zu ihrer Funktion erforderliche Stoßionisation immer weiter ansteigen, bis die Lampe zerstört wird oder die Sicherung ausgelöst wird. Unterschieden werden konventionelle (KVG), verlustarme (VVG) und elektronische Vorschaltgeräte (EVG). Der einzige Vorteil von KVG bzw. VVG gegenüber EVG liegt in der längeren Lebensdauer des Vorschaltgerätes. Deren Nachteile hinsichtlich Energieverbrauch, Lebensdauer der Röhren, Flickerfrequenz oder Dimmbarkeit wurden mit der Entwicklung von EVG behoben. Die Vorteile von EVG sind daher (ILOX GmbH 2011):

- > 30 % Energieeinsparung gegenüber VVG
- kein Flackerlicht durch Hochfrequenzbetrieb
- dimmbare EVG-Varianten ermöglichen eine sehr gute Dimmbarkeit (allerdings müssen vor dem ersten „Niedrig“-Dimmen die Leuchtstoffröhren ca. 100 Stunden „eingebraunt“ werden)
- mindestens doppelt so lange Röhrenlebensdauer als bei VVG
- häufiges EIN-/AUS-Schalten reduziert die Lebensdauer kaum
- Sicherheitsabschaltung defekter Leuchtstoffröhren, kein Weiterflackern

Leuchtstofflampen kommen in den verschiedensten Formen und Abmessungen vor. Unterschieden wird u. a. zwischen T-Formen (Tube = Röhre) und Hufeisen oder runden Formen. Im Anschaffungspreis liegt die Leuchtstofflampe gegenüber der Glühlampe zwar höher, verfügt aber über eine bis auf das 12-Fache längere Lebensdauer und auf einen bis um das 3-Fache verringerten Energiebedarf bei einer höheren Lichtausbeute pro Watt. In ihrer spektralen Lichtausstrahlung können sie sehr vielgestaltig hergestellt werden.

Leuchtstofflampen sind in sehr vielen Bereichen einsetzbar (z. B. Büroräume, Fertigungshallen, Straßenlampen, Haushalt). Insbesondere in der Legehennenhaltung haben mit der Umrüstung von Käfighaltung auf Bodenhaltungssysteme viele Betriebe auch die Beleuchtung auf mit EVG betriebene Leuchtstofflampen umgestellt. **Gefärbte Leuchtstoffröhren** sind ein Sonderfall der Leuchtstofflampen, die grünes, blaues oder rotes Licht abstrahlen. Besonders rote Lampen wurden in der Vergangenheit eingesetzt, um Federpicken und Kannibalismus zu reduzieren.

#### 2.2.3.4 Hochdruckentladungslampen (HID)

Hochdruckentladungslampen sind Kurzbogenlampen (geringe Elektrodenabstand im Kolbeninneren), die in ihrem Aufbau den Halogenglühlampen und hinsichtlich ihrer Arbeitsweise den Leuchtstofflampen (= Niederdruckentladungslampen) ähneln mit dem Unterschied, dass sie unter Hochdruck arbeiten (STEIGERWALD 2006). Die verschiedenen Farbzusammensetzungen des Lichtes werden durch die Wahl des Gasgemisches (Quecksilber, Halogene, Halogen-Metallverbindungen) und Filtern im Außengehäuse bestimmt. Ebenso wie bei den Leuchtstofflampen werden auch bei HID Vorschaltgeräte in Form von Drosselspulen zur Regulierung der Lichterzeugungsvorgänge benötigt. Mit einem geeigneten Vorschaltgerät sind die Hochdruckentladungslampen ebenfalls dimmbar (STEIGERWALD 2006).

In der Regel wird bei den Hochdruckentladungslampen zwischen Quecksilberdampf-Halogen-Metaldampf-, Natriumdampf-Hochdruck- und Natriumdampf-Niederdrucklampen unterschieden.

**Quecksilberdampflampen** ähneln in ihrer Gaszusammensetzung den Leuchtstofflampen. Die Lichtausbeute liegt zwischen 40 bis 60 lm/W und damit nicht höher als bei Leuchtstofflampen. Das Vorschaltgerät (VG) muss der Wattleistung der Lampe entsprechen. Standardmäßig werden diese in 80 Watt- oder 125 Watt-Ausführungen angeboten. Wird die Lampe mit einem VG geringerer Wattleistung betrieben, dann verschlechtern sich Lichtausbeute und Wirkungsgrad der Lampe. Die Lebensdauer von Quecksilberdampflampen beträgt durchschnittlich 9.000 Stunden.

**Halogen-Metaldampflampen** sind als die Weiterentwicklung der Quecksilberdampfampe anzusehen. Sie enthalten jedoch zusätzliche Gaskomponenten in ihrem Brennkolben. Mit 70–90 lm/W liegt die Lichtausbeute höher als bei den Quecksilberdampflampen. Allerdings ist nach STEIGERWALD (2006) die Lebensdauer geringer. Die Watt-Leistung der Lampe beginnt bei 75 W und reicht bis zu 18 kW.

**Natriumdampflampen** besitzen mit teilweise bis zu 173 lm/W die bislang höchste erzielte Lichtausbeute aller Lampen. Die hohe Lichtausbeute geht allerdings zu Lasten der Farbqualität. Die Lampen werden vorwiegend im Outdoor-Bereich (z. B. Straßenbeleuchtung) eingesetzt, wo die Farbwiedergabe weniger wichtig ist.

### 2.2.3.5 Leuchtdioden (Licht emittierende Dioden = LED)

Leuchtdioden haben in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen und deren Weiterentwicklung schreitet rasant voran. Sie besitzen eine völlig andere Lichttechnologie als andere Lampentypen. Es handelt sich hier um chipgroße Halbleiterdioden. Fließt durch die Diode elektrischer Strom in Durchlassrichtung, so strahlt sie sichtbares Licht, Infrarot- oder Ultraviolettstrahlung ab.

Ab 2007 kamen von vielen Herstellern LED-Lampen für die üblichen E27- und E14-Fassungen auf den Markt. Allerdings erreichten die ersten nur maximal 300 lm, was in etwa der Helligkeit einer 30 Watt starken konventionellen Glühlampe entspricht. Im Jahr 2008 leisteten Neuentwicklungen bereits 900 lm bei 10 W, was eine Lichtausbeute von 90 lm/W ermöglicht. Dies kommt in etwa der Helligkeit einer Glühlampe mit 75 W oder einer Energiesparlampe mit 17 W gleich. Aktuell werden im Handel LED-Lampen mit einer Lichtausbeute von 40 bis 100 lm/W angeboten. Laut <http://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtdiode> (letzter Zugriff 11.03.2014) erreichen jedoch gegenwärtig die effizientesten weißen LED bis zu 276 lm/W.

Außerdem wurde anfänglich vom Verbraucher die zumeist bläuliche („kalte“) Lichtfarbe kritisiert. Inzwischen können weiße LED wie Leuchtstofflampen auch für unterschiedliche Arten weißen Lichtes (warmweiß, neutralweiß, kaltweiß) gefertigt werden. Bei warmweißen LED, deren Farbtemperatur der einer Glühlampe ähnelt, ist allerdings die Lichtausbeute wesentlich geringer als bei kaltweißen.

LED variieren in Form, Größe und Farbe je nach ihrem Einsatzgebiet sehr stark. Sie arbeiten im Niedervoltbereich zwischen 1 bis 4 Volt und bei Stromstärken zwischen 2 mA (z. B. miniaturisierten SMD-LED) über 20 mA (Standard-LED) bis zu 18 A (Stand Juni 2008) bei Hochleistungs-LED. Für die Erzeugung dieser Stromeigenschaften sind spezielle Netzgeräte notwendig. Vorheiz- und Zündungsapplikationen sind jedoch für den Betrieb der LED nicht erforderlich. Die Niedervolttechnik ermöglicht einen geringen Stromverbrauch und eine Betriebsdauer der Lampe von 15.000 bis 30.000 Stunden. Einige Hersteller von LED-Leuchten garantieren sogar bis zu 100.000 Stunden wartungsfreien Betrieb.

Leuchtdioden sind hinsichtlich Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit den anderen Lampentechnologien deutlich überlegen. Als Gleichrichter operieren LED unter Gleichspannung, das ausgestrahlte Licht ist daher flacker- und modulationsfrei. Weiterhin ist es möglich, mittels eines Phasenschnittdimmers die Leuchtdiode in ihrer Leuchtkraft zu dimmen. LED sind temperatur- und witterungsbeständig, wodurch sie auch im Außenbe-

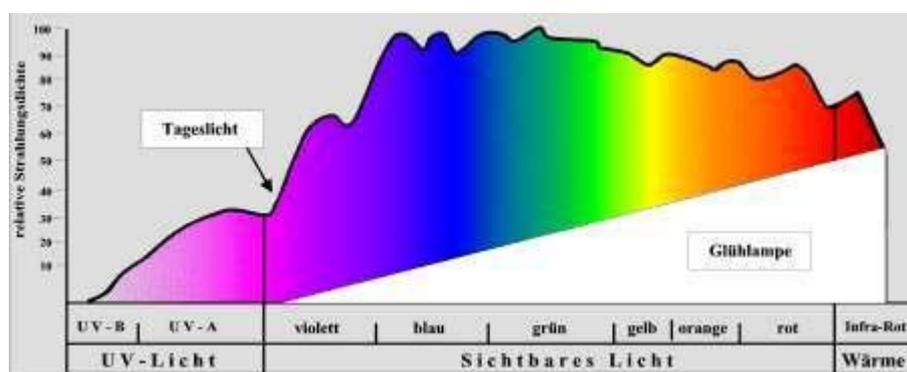
reich einsetzbar sind. Aufgrund ihrer vielen positiven Eigenschaften sind Leuchtdioden universell einsetzbar. In Stallanlagen werden sie jedoch bisher nur vereinzelt verwendet. Der Grund hierfür sind die immer noch hohen Anschaffungskosten. Lediglich als Zusatzbeleuchtung im Volierensystem finden Lichtschläuche, in denen LED mit niedriger Leistung eingebaut sind, seit längerem Verwendung.

## 2.2.4 Lichtqualität von Lampen im Vergleich

Neben der für den Einsatz in Stallanlagen geeigneten Technik der Lichtquelle und deren Anschaffungskosten rückt zunehmend das Spektrum des abgegebenen Lichts in den Mittelpunkt des Interesses. Insbesondere das im Gegensatz zum Menschen deutlich andere Sehvermögen von Vögeln und damit auch des Wirtschaftsgeflügels stellt andere Ansprüche an die künstliche Beleuchtung. Die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, § 13, Abs. 3, fordert daher für ältere, fensterlose Ställe mit Bestandsschutz eine dem natürlichen Licht so weit wie möglich entsprechende künstliche Beleuchtung.

### 2.2.4.1 Glühlampen

Das Glühlampenlicht weist ein kontinuierliches Spektrum auf, d. h. dass alle Farben vorhanden sind. Im Gegensatz zum Sonnenlicht ist jedoch der Blaubereich nur schwach und der Gelb-/Rotbereich (570 bis 700 nm) stark vertreten (Abbildung 5). Die Glühlampe hat also eine enge spektrale Verteilung. Daraus resultiert eine Farbtemperatur von 2.400 bis 2.800 K, was in etwa der von Kerzenlicht ähnelt. Durch das Dimmen des Lichtes, was in Geflügelställen meist der Fall ist, sinkt die Farbtemperatur weiter. Ein sehr großer Teil (ca. 95 %) wird oberhalb des sichtbaren Lichtes (950 nm = infrarot), demzufolge als Wärme, abgestrahlt. Glühlampen sind damit Wärmestrahler als Lichtquelle. Insgesamt ist nach STEIGERWALD (2006) die Lichtqualität der Glühlampe bezogen auf die Vollspektrum- und die Farbwiedergabeeigenschaft als minderqualitativ einzustufen. Das Spektrum der Glühlampe bringt nur ca. 1/3 des Sonnenspektrums.

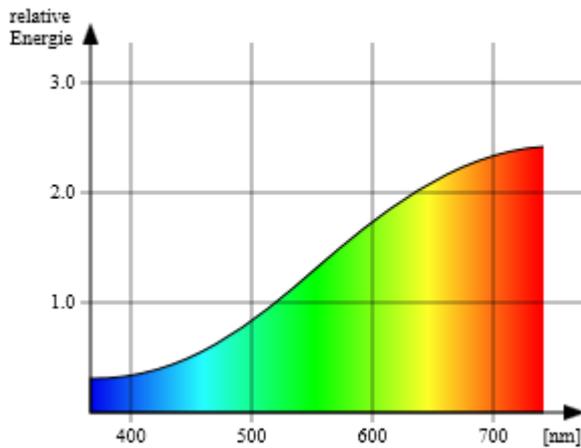


**Abbildung 5: Spektrenvergleich Tageslicht (bunte Fläche) und Glühlampe**

(Quelle: <http://www.j-lorber.de/shm/licht/kunstlicht.html>, letzter Zugriff am 13.03.2014)

### 2.2.4.2 Halogen-Glühlampen

Das Lichtspektrum von Halogen-Glühlampen reicht von 300 nm bis 2.700 nm, wobei der Hauptanteil (über 80 %) der Strahlung wiederum im unsichtbaren Infrarotbereich liegt (Wärmestrahler). Im Unterschied zum Glühlampenlicht ist das Halogenlicht jedoch besser spektral-energetisch verteilt. Die Farbtemperatur ist mit 2.600 bis 3.300 K etwas höher als bei der Glühlampe, was aber immer noch als warmer Farbton wahrgenommen wird. Das Spektrum von Halogen-Glühlampen beinhaltet einen zusätzlichen Anteil an UVA-Strahlung (Abbildung 6). Dieser wird jedoch in aller Regel vom Quarzkolben, aber vor allem von der zweiten Schutzglas-hülle absorbiert.



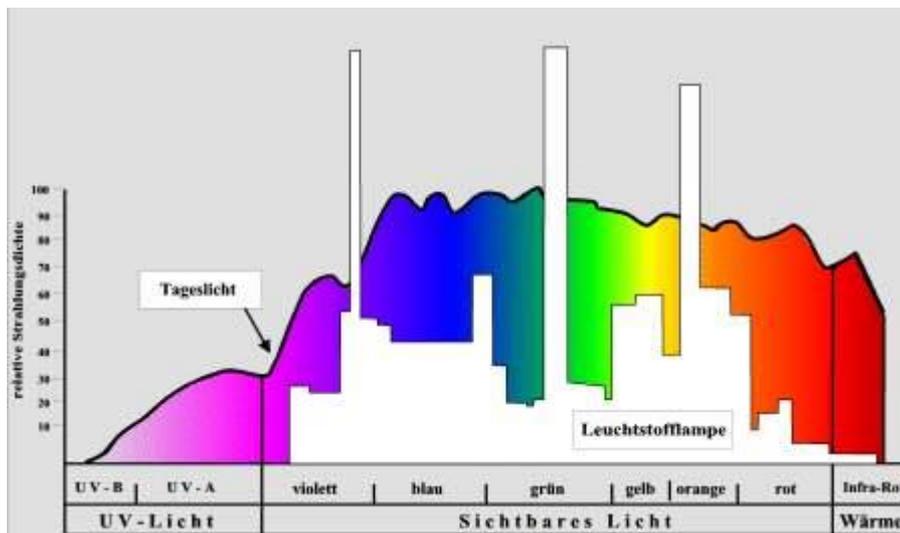
**Abbildung 6: Spektrum einer Halogen-Glühlampe**

(Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%BChlampe>, letzter Zugriff am 13.03.2014)

### 2.2.4.3 Leuchtstofflampen

Die Lumineszenzstrahlung von Leuchtstofflampen bewirkt eine breitere, aber auch, vor allem bei herkömmlichen Typen, eine diskontinuierliche spektrale Verteilung des sichtbaren Lichts. Die spektrale Zusammensetzung des Lichtes kann bei Leuchtstofflampen sehr unterschiedlich sein. Sie ist abhängig von der Leuchtstoffbeschichtung und von der Gaszusammensetzung im Lampeninneren. Leuchtstofflampen können daher sowohl warmweißes, neutralweißes oder kaltweißes Licht aussenden. Entsprechend variiert auch die Farbtemperatur zwischen 2.600 und 6.000 K.

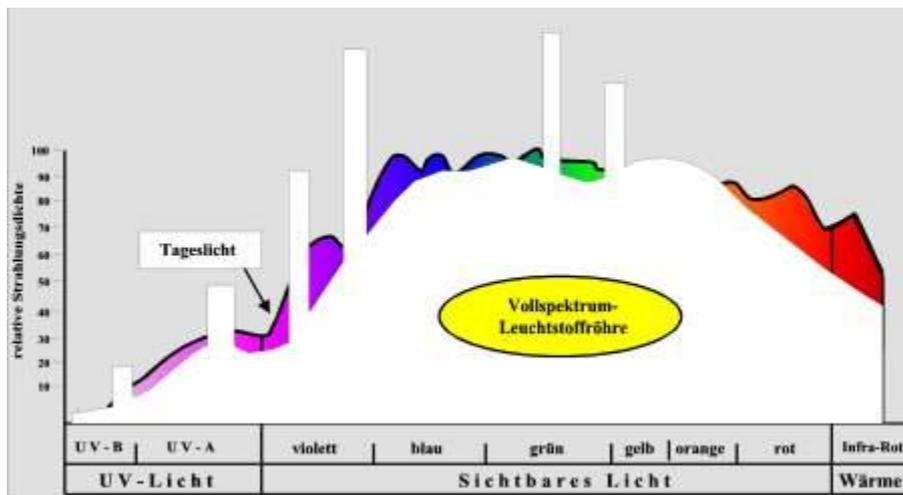
Das breitere Spektrum von Leuchtstofflampen wirkt sich auch auf den Farbwiedergabeindex positiv (bis zu >90) aus. Die meisten Leuchtstofflampen besitzen ein weißes Licht mit den drei Hauptemissionsbereichen blau, grün, orange-rot = 3-Banden-Spektrum (Abbildung 7). Durch die additive Farbmischung ergibt sich ein Licht, das als weiß empfunden wird.



**Abbildung 7: Spektrum einer 3-Banden-Leuchtstofflampe im Vergleich zum Tageslicht**

(Quelle: <http://www.j-lorber.de/shm/licht/kunstlicht.html>, letzter Zugriff am 13.03.2014)

Wie in Abbildung 7 weiterhin deutlich wird, bringt das Licht einer herkömmlichen Leuchtstofflampe nur ca. die Hälfte des Tageslichtspektrums. Der UV-Bereich fehlt gänzlich. Im Gegensatz zu Leuchtstofflampen mit einem 3-Banden-Spektrum zeigen „echte“ Vollspektrum-Leuchtstoffröhren ein ausgeglichenes Spektrum, wobei die Lücken zwischen den Dreiband-Peaks mit Licht gefüllt werden, das von einer Halophosphatmischung kommt. Zusätzlich wird Phosphor beigegeben, der UV-Licht abgibt, wodurch ca. 15 % der Leistung der Röhre entstehen, aufgeteilt in 12 % UV-A und 2,4 % UV-B. Hauptsächlich wird UV-A im Bereich von 355 nm ausgestrahlt. Abbildung 8 zeigt, dass das Spektrum einer Vollspektrum-Röhre fast 100 % des Sonnenlichtes darstellt. Nur wenige Peaks verfälschen das Spektrum. Der für das Geflügel wichtige UV-Anteil ist vorhanden.



**Abbildung 8: Spektrum einer Vollspektrum-Leuchtstofflampe im Vergleich zum Tageslicht**

(Quelle: <http://www.j-lorber.de/shm/licht/kunstlicht.html>, letzter Zugriff am 13.03.2014)

Die „Vollspektrumlampen“ zeichnen sich dadurch aus, dass ihre ähnlichste Farbtemperatur oberhalb 5.000 K liegt und ihre Farbwiedergabe den meisten Leuchtstofflampen überlegen ist (allgemeiner Farbwiedergabeindex >90). Damit wirkt ihr Licht „kälter“ als bei Lampen der Lichtfarben „warmweiß“ und „neutral weiß“ (CAKIR & CAKIR o. J.). Mit EVG betriebene und damit flackerfreie Vollspektrum-Leuchtstofflampen wären demnach die ideale künstliche Beleuchtungsquelle in Geflügelställen. Allerdings sind auch entscheidende Nachteile von Vollspektrumlampen zu nennen:

- Die Nutzungsdauer ist nicht mit der Betriebsdauer von 10.000 bis 30.000 Stunden gleichzusetzen, weil durch den schnelleren Zerfall des „UV-Phosphors“ die kürzeren Wellenlängen innerhalb 1.000 Stunden stark abnehmen (STEIGERWALD 2006). Das bedeutet, dass trotz sichtbarer Lichtemission die Lampe spätestens nach einem Jahr kein UV-Spektrum mehr besitzt. Weil diese Lampen verhältnismäßig teuer sind, könnte sich der Betrieb dieser Lampe im Stall wirtschaftlich gesehen nicht rentieren. Zusätzlich zu berücksichtigen ist auch der Aufwand für den Lampenaustausch (BRITSCH et al. 2009).
- Die Menge der UV-Strahlung nimmt bereits nach wenigen Zentimetern ab und ist schon in einem Abstand von ca. 20 cm nicht mehr annähernd mit der Intensität von natürlichem Sonnenlicht zu vergleichen. Reflektoren können zwar die Leistung und Reichweite etwas steigern, jedoch reicht dies immer noch nicht, es sei denn, die Tiere halten sich in unmittelbarer Nähe der Leuchtstoffröhre auf (BRITSCH et al. 2009).

Unterschiedliche Ummantelungen bzw. Lampenabdeckungen absorbieren UV-Strahlung verschieden stark. Während Glas in Abhängigkeit von der Dicke für langwellige UV-Strahlen teils durchlässig ist (<http://de.wikipedia.org/wiki/Ultraviolettstrahlung>, letzter Zugriff am 13.03.2014), absorbieren die meisten

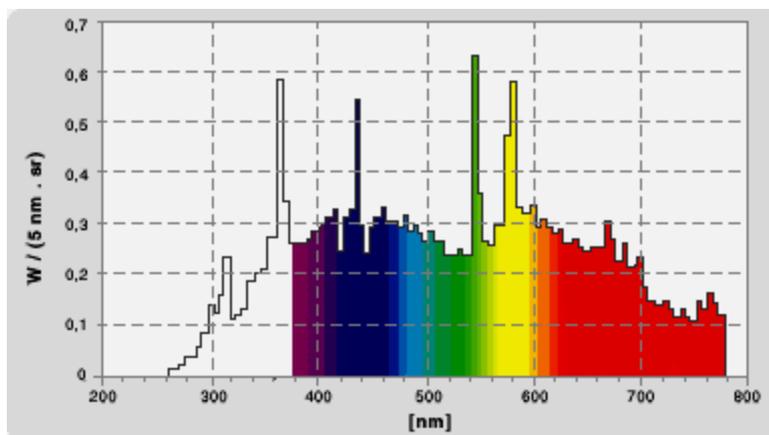
Kunststoffe mehr oder weniger den UV-Anteil. Acrylglas bzw. Plexiglas hingegen soll für UV-Strahlen weitgehend durchlässig sein ([http://www.planetchule.de/warum\\_chemie/sonnenbrand/themenseiten/t5/s6.html](http://www.planetchule.de/warum_chemie/sonnenbrand/themenseiten/t5/s6.html), letzter Zugriff am 13.03.2014). Des Weiteren verlieren Vollspektrumlampen durch das Dimmen, das in Legehennenställen gebräuchlich ist, ihren Tageslichtcharakter. Die Verringerung der Lichtintensität wirkt sich insbesondere in den kurzwelligen Bereichen aus (STEIGERWALD 2006).

#### 2.2.4.4 Hochdruckentladungslampen (HID)

Die spektrale Emission und die Lichtqualität von Hochdruckentladungslampen hängen insbesondere von der Art und der Gaszusammensetzung ab. Weil sie in ihrer Gaszusammensetzung den Leuchtstofflampen ähneln, ist die spektrale Verteilung des Lichtes als Banden und lückenhaft vorhanden (STEIGERWALD 2006). Die Farbwiedergabe ist demzufolge auch reduziert. Aufgrund zusätzlicher Gaskomponenten und ihrer Vielfalt haben Halogen-Metall dampflampen gegenüber Quecksilberdampflampen eine gleichmäßigere spektrale Verteilung des Lichtes im Bereich von 400 bis 700 nm und damit auch eine bessere Farbwiedergabeeigenschaft (CRI fast 100). Die Farbtemperatur liegt bei 6.000 K.

Die Xenonlampen als eine spezielle Form der Halogen-Metall dampflampen besitzen eine sehr gute spektrale Verteilung und Farbwiedergabeeigenschaft bei hoher Lichtausbeute und werden daher gerne als Lichtquelle in der Endoskopie eingesetzt. Sie emittieren im Bereich von 380 bis 750 nm, der Farbwiedergabeindex liegt bei über 95 %. Diese Lampen erfüllen nach STEIGERWALD (2006) die Kriterien eines qualitativ hochwertigen Lichtes (Abbildung 9).

Wegen ihres hohen Preises und des aufwendigen, nicht ganz ungefährlichen Betriebes wird die Xenon-Gasentladungslampe jedoch nur für spezielle Zwecke (Kinoprojektoren, Festkörperlaser, Effekt- und Suchscheinwerfer, Lichtquellen für wissenschaftliche Anwendungen und Leuchttürme) eingesetzt (<http://de.wikipedia.org/wiki/Xenon-Gasentladungslampe>, letzter Zugriff am 13.03.2014).



**Abbildung 9: Lampenspektrum und energetische Verteilung einer Xenonlampe**

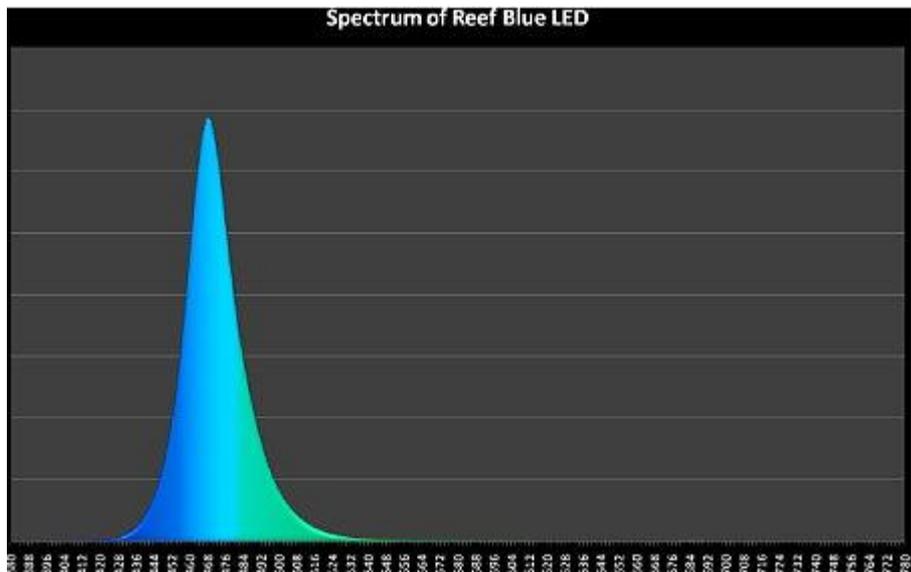
(Quelle: Fa. Osram; zit. bei STEIGERWALD 2006)

Natriumdampflampen haben eine geringe Lichtqualität. Durch die Weiterentwicklung der Hochdrucklampen konnten der Farbwiedergabeindex auf 40 und die Farbtemperatur auf 2.700 K allerdings etwas verbessert werden. Das Hauptspektrum dieser Lampe liegt im gelben Wellenlängenbereich zwischen 560 bis 620 nm (FELTS et al. 1992). Die Natriumdampf-Niederdrucklampe wiederum erzeugt ein Licht, das alle Farben in ent-

weder Grau- oder Gelbtönen erscheinen lässt und erhält somit einen niedrigen CRI. Die Spektrale Verteilung des Lichtes liegt bei über 95 % im gelben Wellenlängenbereich von 590 nm.

### 2.2.4.5 Leuchtdioden (Licht emittierende Dioden = LED)

LED emittieren Licht in einem begrenzten Spektralbereich, das Licht ist nahezu monochromatisch. Dabei erstreckt sich das monochromatische LED-Licht über UV-, farbige bis zu IR-LED. In der Abbildung 10 ist beispielhaft das Spektrum einer blauen LED dargestellt.



**Abbildung 10: Spektrum einer monochromatischen blauen LED**

(Quelle <http://www.reefnews.eu/tag/aquaray/>, letzter Zugriff am 14.03.2014)

Die von LED emittierten Wellenlängen sind abhängig vom Halbleitermaterial (Tabelle 4) und der Dotierung, d. h. dem Einbringen von Fremdatomen, wodurch sich die Eigenschaften des Halbleiter-Ausgangsmaterials gezielt verändern lassen (<http://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtdiode>, letzter Zugriff am 10.03.2014).

**Tabelle 4: Materialsysteme der LED verschiedener Farben**

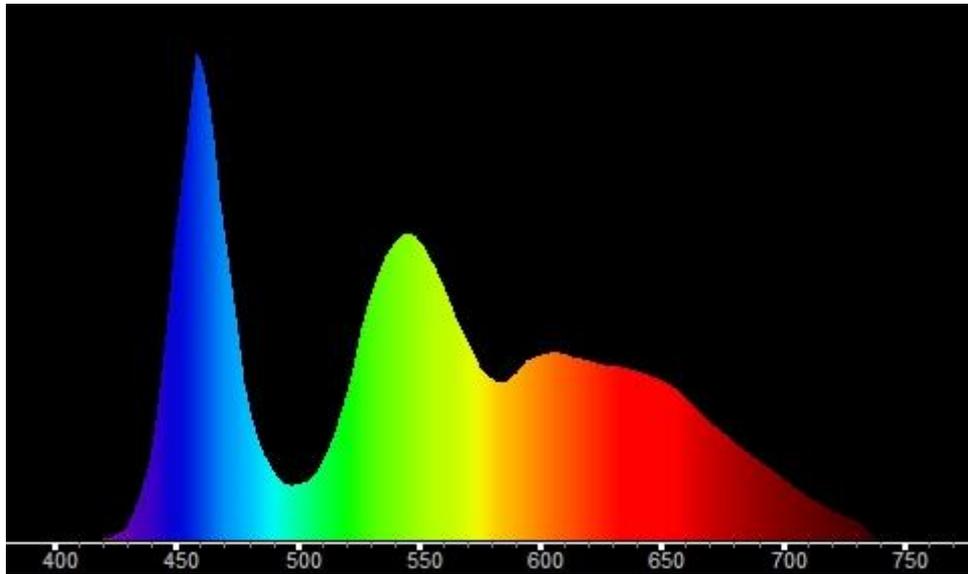
(Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtdiode>, letzter Zugriff am 10.03.2014)

Farbe	Wellenlänge $\lambda$ in nm	Werkstoff
Infrarot	$\lambda > 760$	Galliumarsenid (GaAs) Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs)
Rot	$610 < \lambda < 760$	Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs) Galliumarsenidphosphid (GaAsP) Aluminiumgalliumindiumphosphid (AlGaInP) Galliumphosphid (GaP)
Orange	$590 < \lambda < 610$	Galliumarsenidphosphid (GaAsP) Aluminiumgalliumindiumphosphid (AlGaInP) Galliumphosphid (GaP)
Gelb	$570 < \lambda < 590$	Galliumarsenidphosphid (GaAsP) Aluminiumgalliumindiumphosphid (AlGaInP)

Farbe	Wellenlänge $\lambda$ in nm	Werkstoff
		Galliumphosphid (GaP)
Grün	$500 < \lambda < 570$	Indiumgalliumnitrid (InGaN) / Galliumnitrid (GaN) Galliumphosphid (GaP) Aluminiumgalliumindiumphosphid (AlGaInP) Aluminiumgalliumphosphid (AlGaP) Zinkoxid (ZnO), in Entwicklung
Blau	$450 < \lambda < 500$	Zinkselenid (ZnSe) Indiumgalliumnitrid (InGaN) Siliziumkarbid (SiC) Silizium (Si) als Träger, in Entwicklung Zinkoxid (ZnO), in Entwicklung
Violett	$400 < \lambda < 450$	Indiumgalliumnitrid (InGaN)
Ultraviolett	$230 < \lambda < 400$	Diamant (C) Aluminiumnitrid (AlN) Aluminiumgalliumnitrid (AlGaN) Aluminiumgalliumindiumnitrid (AlGaInN)

Um mit Leuchtdioden weißes Licht (Abbildung 11) zu erzeugen, kommen verschiedene Verfahren zur additiven Farbmischung zum Einsatz (<http://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtdiode>, letzter Zugriff am 14.03.2014):

- **Verschiedene Chips** (selten verwendet): Blaue Leuchtdioden werden mit gelben oder mit roten und grünen so kombiniert, dass sich ihr Licht gut mischt und damit als weiß erscheint.
- **Lumineszenz**: Eine blaue oder UV-LED wird mit photolumineszierendem Material (Lumineszenzfarbstoff, Leuchtstoff) kombiniert. Ähnlich wie auch in Leuchtstoffröhren kann so kurzwelliges, höherenergetisches Licht (blaues Licht und Ultraviolettstrahlung) in langwelligeres Licht umgewandelt werden. Die Wahl der Leuchtstoffe kann variieren. Seltener wird eine UV-LED mit mehreren verschiedenen Leuchtstoffen (rot, grün und blau) kombiniert, was eine gute Farbwiedergabe bis über 90 erlaubt. Die Verwendung mehrerer Farbstoffe verteuert allerdings den Herstellungsprozess und reduziert die Lichtausbeute. Weil blaue LED im Vergleich zu UV-LED einen doppelt so hohen Wirkungsgrad haben, wird für Beleuchtungszwecke fast immer eine blaue LED mit nur einem gelben Leuchtstoff kombiniert.
- **Verschiedene Chips in Kombination mit Lumineszenz**: Hersteller höherwertiger LED für Raumbeleuchtung verwenden mittlerweile weiße Lumineszenz-LED in Kombination mit roten Power-LED, um einen besseren Farbraum bis hin zum Rot zu erreichen.



**Abbildung 11: Spektrum einer weißen LED**

(Quelle: [http://www.cine4home.de/tests/TVs/SharpLE820/Test\\_Sharp\\_LE820.htm](http://www.cine4home.de/tests/TVs/SharpLE820/Test_Sharp_LE820.htm), letzter Zugriff am 14.03.2014)

Weißer LED mit einem zusätzlichen UV-Anteil im Lichtspektrum gab es bisher lediglich in der Entwicklungsphase. Inzwischen ist eine solche LED (Viva-Lite) mit einer E27-Fassung, also als Alternative zur Glühlampe, auf dem Markt.

Abschließend sind in der Tabelle 5 nochmals die wichtigsten Kenndaten zu den einzelnen Lampentypen zusammengestellt.

**Tabelle 5: Lampentypen im Vergleich** (STEIGERWALD 2006)

Leuchtmittel	spektrale Verteilung	Farbtemperatur	Flackerfrequenz		Kaufpreis	Energieverbrauch	Lichtleistung	Wärme-strahlung	Betriebsdauer	Entsorgung
	nm	K	Hz	visuell wahrnehmbar		kWh	lm/Watt		h	
Sonnenlicht	200 nm - 3µm	5500								
Glühlampe*	400 – 950	2000 - 2600	100	nein	gering	14000	10 – 16	stark	ca. 1000	HM
Halogen-Glühlampe*	300 – 2700	3300 - 5500	100	nein	mittel	10000	22	stark	bis 4000	HM
Leuchtstofflampe**	UV - IR	2600 - 6000	100 (KVG) >30 kHz (EVG)	ja/nein	mittel	4000	70 – 105	mittel	ca. 12000	SM
HID**	UV - IR	2000 - 10000	130	ja	hoch	3000	25 – 173	wenig	ca. 9000	SM
LED* (weiß)	400 - 700	4000 - 5400	keine	nein	hoch	?	40 – 100* bis zu 276**	wenig	>50000	ES

HM = Entsorgung über Hausmüll

SM = Entsorgung über Sondermüll

ES = Elektronikschrott

\* aktuelle, im Handel erhältliche Markenartikel

\*\* <http://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtdiode>, letzter Zugriff 11.03.02014

## 2.3 Einfluss der Beleuchtung auf Hühnervögel

Für tagaktive Tiere, also auch für Legehennen, stellt Licht einen wesentlichen Umweltfaktor dar. Dabei kann eine künstliche Beleuchtung jedoch nicht in vollem Umfang den natürlichen Lichtverhältnissen gerecht werden. In Geflügelställen beeinflussen insbesondere das Lichtprogramm (Beleuchtungsdauer, Beleuchtungsperiode, Beleuchtungsart und Lichtintensität), Flickereffekt und das Lichtspektrum der verwendeten Lampen die tierischen Leistungen, die Tiergesundheit und das Verhalten.

### 2.3.1 Tierische Leistungen

#### 2.3.1.1 Lichtprogramm

Sowohl in der Aufzucht von Legehennen als auch in der Legeperiode hat das Lichtprogramm den größten Einfluss. Insbesondere über die Steuerung der Tageslichtlänge werden die Einleitung der Legeperiode und die Reproduktion der Legehenne geregelt.

Um eine optimale Aufzucht und damit Vorbereitung auf die Legeperiode zu gewährleisten, wird nach der Einstellung der Küken zunächst die Länge des Lichttages von 24 h während des 1. bis 2. Tages schrittweise auf 8 bis 9 Stunden verkürzt. Nach einer Phase konstanter Tageslänge erfolgt etwa ab der 17. Lebenswoche die schrittweise Erhöhung, die stimulierend auf den Beginn der Legetätigkeit wirkt. Ab etwa der 25. Lebenswoche sollte ein Lichttag von 14 bis 16 Stunden konstant eingehalten werden (THIELE o. J.). Sinkende Tageslängen würden die Sekretion von Fortpflanzungshormonen aus der Hypophyse verhindern und können gegebenenfalls eine Mauser und die damit verbundene Einstellung der Legetätigkeit einleiten (ARANGO 2009). Ein genau festgelegter Wechsel von Dunkel- und Hellphasen ist demnach entscheidend für eine optimal verlaufende Legekurve und damit für eine hohe Legeleistung. Auch sollen bei einem längeren Lichttag (14 bis 16 Stunden) gegenüber einem 10-stündigen Lichttag weniger Eier verlegt werden, was indirekt den Anteil vermarktungsfähiger Eier beeinflusst (ILOX GmbH 2011).

Die Qualität der Eier kann mit Hilfe der Beleuchtungsrhythmik positiv beeinflusst werden. Ein ahemeraler Beleuchtungszyklus mit einer 13-stündigen Dunkelphase und einer 14-stündigen Lichtphase verbessert nach MORRIS (1994), zit. bei GRASHORN (2005) die Eiqualität und fördert die Schalenstabilität bei Legehennen.

#### 2.3.1.2 Flickereffekt

Die von STEIGERWALD (2006) gesichteten Versuche geben keine eindeutigen Hinweise auf den Einfluss von flackerndem Licht auf reproduktive und Mastleistungen. Vielmehr scheint hier die spektrale Zusammensetzung der eingesetzten Lichtquelle einen möglichen Flickereffekt überdeckt zu haben.

#### 2.3.1.3 Lichtfarbe

Die Lichtfarbe soll hingegen eine gewisse Rolle spielen. So gilt gelb- bis rotlastiges Licht warmweißer Lichtquellen als sexuell stimulierend und fördert die Eiproduktion im Vergleich zu kaltweißem Licht (FELTS et al. 1992; LEWIS & MORRIS 1998). Begründet wird dies damit, dass rotes Licht die kranialen Schichten effizienter durchdringt als kurzwelliges Licht und die Hypothalamus, das Pinealorgan und die Hypophyse stimuliert. Somit werden indirekt die sexuelle Reifung und andere Stoffwechselforgänge beeinflusst (LEWIS & MORRIS 1998; OSOL et al. 1980; SCHUMAIER et al. 1968). In Untersuchungen von PYRZAK et al. (1987) hatten Hennen, die unter rotem Licht gehalten wurden, eine höhere Eierleistung als die unter blauem Licht.

SUTER (2010) beobachtete des Weiteren ein geringeres Erstlegealter von Legehennen unter rotem Licht im Vergleich zu weißem Licht. Blaues und grünes Licht hingegen soll die Eiqualität verbessern und die Eigewichte erhöhen (PYRZAK et al. 1987).

Diese Vermutungen wurden in Untersuchungen von ER et al. (2007) bestätigt. Im Vergleich zu rotem LED-Licht waren die Eigewichte bei grünen und blauen LED erhöht. Unter grünem Licht waren zusätzlich die Eierschalen stärker. In den Versuchen von MOHAMMED et al. (2010) hatten jedoch unterschiedliche Lichtquellen (Glühlampe, Leuchtstoffröhre, Hochfrequenz-Tageslichtleuchte, blaue Leuchtstoffröhre) keinen Einfluss auf die Leistung und die Produktqualität. In der Mastgeflügelhaltung hingegen soll grünes und blaues Licht einen positiven Einfluss auf die Gewichtszunahme und die Futtermittelverwertung haben. Ursächlich ist hier vermutlich eine Reduzierung der Aktivitäten der Tiere unter diesen beiden Lichtfarben.

Ein Vertreter der ILOX GmbH (2011) berichtet von einer Studie der Universität Jerusalem, die von Dr. Israel Rozenboim in den 1990er-Jahren durchgeführt wurde. Hier hatten Broiler bei Einsatz von grünen (560 nm) und blauen (480 nm) LED signifikant eine ca. 5 % höhere Gewichtszunahme gegenüber roten LED und weißen Sparlampen, ohne dass sich die Futtermittelverwertung und die Mortalität veränderten. Auch ein erhöhtes Brustmuskelgewicht von 8 % wurde beobachtet. Die Broiler hatten jedoch 23 Stunden Licht und eine Stunde Dunkelheit. Andererseits konnten SIMON et al. (2006) bei grünem und blauem Licht von monochromatischen Hochfrequenzlampen gegenüber normalen Glühlampen keine Unterschiede in der Mastleistung von Broilern feststellen.

### 2.3.2 Tiergesundheit

Wie in Kapitel 2.1 ausführlich dargestellt, unterscheidet sich das Sehvermögen der Vögel deutlich von dem der Säugetiere. Die Haltung unter Kunstlichtbedingungen, die in erster Linie an die Anforderungen des Menschen angepasst sind, wird demnach nicht den Bedürfnissen der Hühner gerecht. Unter Umständen fördern diese unzulänglichen Bedingungen Verhaltensabweichungen wie Federpicken und Kannibalismus, die sich wiederum negativ auf die Tiergesundheit (Gefiederschäden, Verletzungen) auswirken und zur Erhöhung der Tierversluste führen können.

Zu geringe Beleuchtungsstärken können nach MARTIN et al. (2005) nicht nur Verhaltensstörungen, sondern auch direkte gesundheitliche Schädigungen der Augen (Kurzsichtigkeit) hervorrufen und bis hin zu Blindheit führen. Andererseits führt eine Dauerbeleuchtung zu anatomischen Veränderungen der Augen wie Verlängerung der Lidspalte, extreme Vergrößerung der Augäpfel oder Verkleinerung der Pupillen und kann ebenfalls eine Erblindung verursachen (WEISE 2007).

Mit dem Vorenthalten der natürlichen Lichtwahrnehmung wird ein weiterer medizinischer Faktor unter unzureichenden Lichtverhältnissen bei ausschließlicher Stallhaltung zum Problem. Hühner benötigen genauso wie der Mensch ultraviolettes Licht für die Synthese von Vitamin D3. Es kann nicht mit der Nahrung aufgenommen werden. Vitamin D3 ermöglicht die Resorption des mit dem Futter aufgenommenen Calciums im Darm, dessen Anreicherung im Blut, das wiederum als Transportmedium dient und das das Calcium dem Stoffwechsel zuführt. Steht dazu kein oder zu wenig UV-Licht zur Verfügung, kommt es zu einem Mangel an Vitamin D3 und damit an Calcium (Hypocalcämie)

Die Folgen sind nach BRITSCH et al. (2009):

■ **Einschränkung der Muskelfunktion mit Bewegungsstörungen:** Die Calciumspeicher in den Muskelzellen werden bei unzureichender Resorption von Calcium aus dem Verdauungstrakt reduziert. Durch diese

Mangelsituation kommt es insbesondere nach intensiver Muskeltätigkeit (z. B. Aufbäumen, Flattern) zu Einschränkungen der Muskelfunktion. Lahmheiten der Zehen und Beine, die nicht in Zusammenhang mit Verletzungen auftreten, haben häufig ihre Ursache in einer unzureichenden Calciumresorption.

- **Knochenschäden:** Calciummangel führt des Weiteren zu instabilen Knochen bis hin zu Skelettdeformationen und Frakturen.
- **Legenot:** Durch leere Calciumspeicher verursachte deformierte Beckenknochen und unzureichende Muskelkontraktionen der glatten Muskelzellen des Legedarms kann es zur Legenot kommen.
- **Zentralnervöse Störungen:** Calcium hat eine umfassende Wirksamkeit im gesamten Körper einschließlich der Nervenfunktionen. Die größte Ansammlung von Nervenzellen findet sich im Gehirn. Daher kommt es bei Calciummangel auch zu teilweisen Ausfällen und Symptomen wie Muskelzittern, Krämpfe oder Gleichgewichts- und Koordinationsstörungen.

### 2.3.3 Verhalten (insbesondere Federpicken und Kannibalismus)

Das Verhalten von Legehennen wird durch die Beleuchtungsbedingungen im Stall wesentlich beeinflusst. Störungen des Verhaltens wie Federpicken und Kannibalismus haben multifaktorielle Ursachen und sind mit hohen Tierverlusten und Einbußen in der Produktion verbunden.

Während zur Bedeutung der **Lichtintensität** und der **Beleuchtungsdauer** (Lichtprogramme) vielfach Informationen vorliegen, ist der Kenntnisstand zur Qualität der Lichtquellen (**Flackerlicht**, **Wellenlängenspektrum** bzw. **Lichtfarbe**) noch begrenzt (MOHAMMED et al. 2010).

#### 2.3.3.1 Lichtintensität

Die Lichtintensitäten in der alternativen Legehennenhaltung variieren zwischen 5 und 30 lx (BERK et al. 2009). Im Vergleich dazu sind die Wohnräume der Menschen mit durchschnittlich 300 bis 500 lx ausgestattet (STEIGERWALD 2006). Das natürliche Tageslicht bei Sonnenschein erreicht eine Intensität von mehr als 100.000 lx (THIELE 2005).

Nach THIELE (2005) sollten aus wirtschaftlicher Sicht und zur Vermeidung von aggressivem Verhalten Jungennen ab der 4. Lebenswoche bei ca. 5 lx und Legehennen bei 10 bis 15 lx gehalten werden. Untersuchungen von KJAER & VESTERGAARD (1998) zum Einfluss der Lichtintensität in der Legehennenhaltung kamen zu dem Ergebnis, dass friedliches gegenseitiges Bepicken, das der Körperpflege dient, bei 3 lx Beleuchtungsstärke häufiger auftrat als bei 30 lx, wohingegen hier vermehrt aggressives Pickverhalten beobachtet wurde. Die Autoren stellten des Weiteren fest, dass bereits die Lichtintensität in der Aufzuchtphase Auswirkungen auf späteres Federpicken haben kann. So zeigten Küken, die unter geringer Lichtintensität (3 lx) aufgezogen wurden, in der Legeperiode unabhängig von der dortigen Lichtintensität weniger verletzendes Federpicken als Küken, die in der Aufzucht bei 30 lx aufwuchsen. Ist bereits in der Aufzucht aggressives Federpicken zu beobachten, dann kann davon ausgegangen werden, dass dieses auch in der Legeperiode auftritt (NEUFFER 2010).

Auch MOHAMMED et al. (2010) bestätigen, dass bei höherer (50 lx) im Vergleich zu niedriger Beleuchtungsintensität (5 lx) signifikant häufiger Federpicken bzw. aggressives Verhalten zu beobachten ist. Untersuchungen in der Hähnchenmast ergaben, dass abweichend von gesetzlichen Vorschriften (laut TierSchNutzV, § 19 Absatz 1 Nr. 4, mind. 20 lx) bei einer diskontinuierlichen Beleuchtungsintensität von 5 lx eine Verbesserung der Tiergesundheit und ein Anstieg des Komfortverhaltens festgestellt werden konnte (KORBEL 2008).

BLATCHFORD et al. (2009) untersuchten das Aktivitätsverhalten und die Tiergesundheit von Masthähnchen unter einer Beleuchtungsstärke von 5 lx, 50 lx und 200 lx. In dieser Studie stellte sich heraus, dass bei 5 lx die Tiere weniger Aktivität zeigten, jedoch mehr Abnutzungsverletzungen und schwerere Augengewichte aufwiesen als bei einer Beleuchtungsintensität von 200 lx. Bei 200 lx wurde ein höheres Aktivitätsverhalten der Hühner festgestellt und eventuell damit verbunden mehr Blutergüsse.

Generell besteht ein Zusammenhang zwischen höherer Lichtintensität, gesteigerter Aktivität der Tiere sowie einem vermehrten Risiko für Federpicken und Kannibalismus. Allerdings muss die Wirkung der Lichtintensität auf verletzendes Pickverhalten auch im Zusammenhang mit anderen Umweltfaktoren betrachtet werden. So berichten MARTIN et al. (2005) von Versuchen, in denen Küken einer Legeherkunft auf Einstreu oder auf Gitterboden bei 50 lx oder 500 lx aufgezogen wurden. Es stellte sich heraus, dass bei den Tieren auf Gitterboden unabhängig von der Lichtintensität vermehrt Federpicken auftrat. Andererseits war bei einer Lichtintensität von 500 lx aufgrund der höheren Verhaltensaktivität der Tiere die Einstreu trocken und lose und es kam zu weniger Federpicken. Bei geringerer Lichtintensität (50 lx) war die Einstreu bedingt durch einen herabgesetzten Bewegungsdrang der Küken weniger gelockert und wurde schnell feucht und klumpig. Infolgedessen stand den Tieren weniger Beschäftigungsmaterial zur Verfügung, was zu einem erhöhten Risiko für das Auftreten von Federpicken führen könnte.

Die Lichtintensität beeinflusst aber auch das Erkennen der Artgenossen. Dies erfolgt laut D'EATH & STONE (1999) besonders gut auf kurzer Distanz (<60 cm) unter weißem Licht und hoher Lichtintensität (77 lx bzw. 100 Clux), ist aber immer noch bei 5 Clux möglich. Eine zu geringe Beleuchtungsstärke kann aber auch das individuelle visuelle Erkennen der Artgenossen und die Leistungsfähigkeit des räumlichen Auflösungsvermögens erheblich negativ beeinflussen, sodass Interaktionen zwischen den Tieren erschwert werden und der Aufbau eines sozialen Gefüges innerhalb der Herde verhindert wird (MARTIN et al. 2005).

### 2.3.3.2 Beleuchtungsdauer

Darüber hinaus kann auch über die Beleuchtungsdauer bzw. das Lichtprogramm Einfluss auf aggressives Verhalten ausgeübt werden. Nach LEWIS et al. (1992), zit. bei BERK et al. (2009) soll ein intermittierendes Lichtprogramm, bei dem während der „Tagphase“ eine Stunde aufgeteilt wird in 15 min Licht und 45 min Dunkelheit und in der „Nachtphase“ ununterbrochene Dunkelheit besteht, das Risiko für Federpicken und Kannibalismus reduzieren.

Allerdings ist ein konstantes Beleuchtungsprogramm mit einer ca. 14- bis 16-stündigen Lichtphase und einer darauffolgenden ca. 10- bis 8-stündigen Dunkelphase in der Legehennenhaltung die gängigste Variante (SCHOLTYSSEK 1987). Sowohl die Reduzierung der Lichtintensität als auch der Dauer der Lichtphase zielt darauf ab, dass die Zeit zur Ausübung von aggressivem Verhalten verkürzt bzw. die Verhaltensaktivität insgesamt vermindert wird.

### 2.3.3.3 Flickereffekt

Die Auswirkungen des Flackerlichtes auf die Psyche und Physiologie der Vögel sind erst in jüngster Zeit konkreter in Versuchen, insbesondere beim Wirtschaftsgeflügel, berücksichtigt worden. Die geringe Anzahl der Untersuchungen lässt jedoch noch keine eindeutigen Aussagen zu, ob Flicker generell für Vögel eine Verhaltens- und Gesundheitsbeeinträchtigung darstellt (STEIGERWALD 2006). KORBEL (2009) gibt als mögliche Auswirkungen von Flackerlicht erhöhten Stress und damit verbunden Federpicken und -rupfen sowie Kannibalismus an. Auch MADDOCKS et al. (2001) räumen ein, dass Vögel unterhalb einer spezifischen Flickerfusionsfrequenz in ihrer qualitativen Lichtwahrnehmung beeinträchtigt werden, Stresssituationen erfahren und Fehlverhalten entwickeln.

Untersuchungen von MOHAMMED et al. (2010) konnten dies allerdings nicht signifikant bestätigen. Die Einschätzung, ob flackerndes Licht sich nachteilig auswirkt, ist schwierig, weil die Flickerperzeptionsgrenze keinen absoluten Wert darstellt (SMITH 2003; zit. bei STEIGERWALD 2006) und von einer Vielzahl äußerer Bedingungen abhängig ist. Insbesondere spielt hier die Lichtintensität eine Rolle. Unter den gegebenen Voraussetzungen im Stall ist es bei niedrigen Lichtintensitäten (10 bis 20 lx) und gemäßigter Lichtlänge (max. 16 Stunden am Stück) durchaus vertretbar, Hühner unter konventionellen Niedrigfrequenz-Leuchtstofflampen zu halten. Besondere Vorsicht ist allerdings nach STEIGERWALD (2006) bei erhöhter Lichtintensität geboten, die zu einem besseren Flickerperzeptionsvermögen (bis 120 Hz) führt und nach den Untersuchungen von BOSHOEWERS & NICAISE (1992) ab 90 lx für Hühner liegt.

Allgemein wird empfohlen, hochfrequente Lichtquellen, z. B. Leuchtstofflampen mit Elektronischem Vorschaltgerät (>2.000 Hz), den niederfrequenten (50 Hz Wechselstrom) zur Vorbeugung eventueller Verhaltensstörungen vorzuziehen (Anonym, Poultry News 2010).

#### **2.3.3.4 Wellenlängenspektrum bzw. Lichtfarbe**

Die Lichtfarbe spielt bei der Entfaltung verschiedener Verhaltensstrukturen eine besondere Rolle. Dies ist evolutionsgeschichtlich auf die Lichtverhältnisse im Lebensraum der Vorfahren unseres Haushuhnes, dem Bankiva-Huhn, zurückzuführen.

Das Bankiva-Huhn ist in den Urwäldern Südasiens beheimatet. Das grüne Blätterdach des Urwaldes sorgt für grünlastiges Licht mit Abfall des Lichtspektrums in den kurz- und langwelligen Bereichen (STEIGERWALD 2006). Zum Hintergrund kontrastreich erscheinende Farben spielen daher eine Schlüsselrolle bei der Signalisierung und geben Anlass zur sozialen Kontaktaufnahme. So gilt vor allem Rot als Signalfarbe, weil der Kontrast zu dem grünen Hintergrund des Urwaldes besonders groß ist. Beim Erkennen von Artgenossen und beim Picken bevorzugt das Huhn ebenfalls Farben, die sich vom Grün abheben und somit nicht im mittelwelligen grünen Bereich liegen.

Nach STEIGERWALD (2006) ist daher ein Grünanteil im Spektrum der Beleuchtungsmittel für die artspezifische Partnererkennung unabdingbar, um einen Kontrast zwischen Beleuchtung und Artgenossen herzustellen. Versuche hatten gezeigt, dass bei monochromatisch rotem und blauem Licht unabhängig von der Lichtintensität (77 lx bzw. 5,5 lx) keine Differenzierung zwischen unbekanntem und bekanntem Artgenossen stattgefunden hat. Bei hellem weißem Licht (77 lx) hingegen konnten die Legehennen ihre Partner unterscheiden. Wurde das Licht gedimmt, war wiederum keine Unterscheidung zwischen bekanntem und unbekanntem Gefährten möglich (DÉATH & STONE 1998; BRADE et al. 2008). Bei rotem Licht war darüber hinaus die Diskriminierung am geringsten, was BERK et al. (2009) auf einen reduzierten Farbkontrast zwischen rotem Licht und rotem Kamm bzw. roten Kehllappen und deren damit verbundene geringe Wahrnehmbarkeit zurückführen.

Untersuchungen von PYRZAK et al. (1987) ergaben, dass Hennen, die unter rotem Licht gehalten wurden, eine erhöhte Aktivität gegenüber Hennen unter rein blauem Licht zeigten. Durch die höhere Empfindlichkeit auf rotes Licht könnte die Melatoninproduktion vermindert sein (WEISE 2007), was wiederum die Aktivität der Tiere steigert und damit das Risiko von Federpicken erhöht. In der Praxis wird jedoch während der Aufzucht sowie in Legehennenställen häufig rotes Licht eingesetzt, um Federpicken und Kannibalismus zu vermeiden oder zu reduzieren. Nach BERK et al. (2009) könnte auch hier eine Begründung sein, dass aufgrund des geringeren Farbkontrastes zwischen rotem Licht und bereits blutig gepickten Körperstellen diese schlechter wahrgenommen werden und die Tiere sich somit nicht weiter gegenseitig beharken. Andererseits hatten nach MOHAMMED et al. (2010) Hühner unter grüner und blauer Beleuchtung stärker ausgeprägte Ruhephasen.

UV-Licht hat für die Vogelspezies eine besondere Bedeutung. Durch UV-Signale werden soziale Verhaltensweisen innerartlich und zwischenartig geregelt. Hühner zählen dabei zu den violett-sensitiven Vögeln. Violett-sensitive (VS) Vögel sind für den Bereich zwischen 380 und 420 nm, mit maximaler Sensitivität des Rezeptors bei ca. 418 nm, empfindlich (BOWMAKER et al. 1997; ÖDEEN & HASTAD 2003; zit. bei STEIGERWALD 2006).

Die als ultravioletsensitiv (UVS) bezeichneten Vögel, z.B. Rauchschwalbe, Haussperling, Amsel oder Wellensittich, sind im Bereich zwischen 320 und 380 nm, mit maximaler Wellenlängensensitivität des Rezeptors bei 365 nm, empfindlich. UVA-Licht scheint nach STEIGERWALD (2006) beim Wirtschaftsgeflügel weniger endogene Prozesse wie Wachstum, Futtermittelverwertung, Fruchtbarkeit und Eibildung zu steuern, sondern eher Verhaltensweisen, wie Partnererkennung, Attraktivität, Aufbau von Sozialgefügen, Aggressivität, Erkundungsdrang und Aktivität. Herkömmlich erhältliche Lampen sind in der Regel UVA-defizient. Werden Vögel unter diesen Kunstlichtquellen und zudem unter Sonnenlichtausschluss gehalten, so können die UV/V-Pigmente nicht direkt spektral gereizt und genutzt werden (STEIGERWALD, 2006). Das potenziell tetrachromatische System wird möglicherweise gestört und Farben werden falsch wahrgenommen (KORBEL 2011).

Insbesondere kann durch UV-defizientes Licht das soziale Erkundungsverhalten des Geflügels empfindlich gestört werden (D'EATH & STONE 1998). Die durch UV-Reflektion hervorgerufene individuelle Musterung des Gefieders und der Haut am Schädel verschwindet durch das Fehlen des UV-Anteils im Lichtspektrum. Diese Musterung ist jedoch nach STEIGERWALD (2006) ein wichtiges Erkennungsmerkmal für Artgenossen. Die Folge ist, dass der Artgenosse unter UV-defizientem Licht nicht mehr eindeutig erkannt wird, was wiederum ängstliche und/oder aggressive Verhaltensweisen hervorruft.

Des Weiteren sind bei weißen Hühnern Kontrastpunkte im Gefieder beliebte Zielpunkte zum Bepicken (KEELING et al. 2004; zit. bei STEIGERWALD 2006). Fehlfarben, die durch falsche Beleuchtung entstehen, liefern solche Kontrastpunkte. Auch die Erkundung des Futters und dessen Attraktivität kann durch UV-Mangel im Lichtspektrum eingeschränkt sein. So können einzelne Futterpartikel ebenfalls UV-reflektiv sein und potenziell zur Kontrastierung und Signalpotenzierung beitragen (PRESCOTT & WATHES 1999; zit. bei STEIGERWALD 2006). Umgekehrt konstatiert eine Reihe von Autoren, dass unter spektral ausgewogenem Licht mit zusätzlichem UVA-Anteil das Körperpflege- und Erkundungsverhalten sowie das soziale Bepicken in erhöhtem Maße vorhanden sind. Dieses, so schlussfolgern sie, ergibt sich aus der besseren Farbwiedergabe von Oberflächen und Strukturen am Körper, die eine bessere Erkennung der Artgenossen und der Futterpartikel ermöglichen (LEIGHTON et al. 1989; WIDOWSKI et al. 1992; BOSHOWER & NICAISE 1993; SHERWIN 1999; MOINARD & SHERWIN 1999; zit. bei STEIGERWALD 2006).

STEIGERWALD (2006) konnte in ihrer umfangreichen Recherche keine direkten investigativen Experimente finden, die auf den für das Vogelauge entsprechenden relativen UV-Gehalt des Gesamtlichtspektrums abzielen. Nach Meinung der Autorin deuten Versuchsanordnungen von JONES et al. (2001) auf eine Akzeptanz der Hühner bei einem UVA-Lichtanteil von bis zu 14,6 % hin, ohne dabei gesundheitliche oder produktionswirtschaftliche Nachteile hervorzurufen. Das Wellenlängenmaximum liegt hier bei 365 nm im mittelwelligen UVA-Bereich. Möglicherweise kann zwischen V- und UV-sensitiven Vögeln unterschieden werden, wobei bei V-sensitiven Spezies, also auch Hühnern, ein Lichtspektrum ab 380 nm genügt, während für UV-sensitive Wellenlängen ab 320 nm im Spektrum vorhanden sein sollten. KEVAN et al. (2001); zit. bei STEIGERWALD (2006) fordern einen UVA-Anteil von mindestens 5 % am Gesamtspektrum bei ausgewogener Verteilung der anderen Wellenbereiche weitestgehend dem natürlichen Tageslicht entsprechend.

# 3 Material und Methode

## 3.1 Versuchsbedingungen

Die Untersuchungen erfolgten in zwei Legehennenfarmen eines Unternehmensverbundes mit jeweils zwei Durchgängen.

### 3.1.1 Standort 1

#### 3.1.1.1 Tiermaterial

Die am Standort 1 gehaltenen Tiere gehörten der Hybridherkunft Lohmann selected Leghorn classic (LSL), einem Zuchtprodukt der Lohmann Tierzucht GmbH, an. LSL-Hühner sind Weißleger. Ausgewählte, seitens des Zuchtunternehmens festgelegte Produktionsziele sind:

- Alter bei 50 % der Eiproduktion: 155 bis 160 Tage
- Produktionsspitze: 94 bis 96 % Legeintensität
- Eier je Anfangshenne in 12 Legemonaten: 313 bis 318
- Eimasse je Anfangshenne in 12 Legemonaten: 19,5 bis 20,5 kg
- Durchschnittliches Eigewicht in 12 Legemonaten: 62,0 bis 62,5 g
- Futtermittelverbrauch 1. bis 20. Woche: 7,0 bis 7,5 kg
- Futtermittelverbrauch während der Produktionsperiode: 110 bis 120 g/Tag
- Futtermittelverwertung: 2,0 bis 2,1 kg/kg Eimasse
- Gewicht mit 20 Wochen: 1,3 bis 1,4 kg
- Gewicht bei Produktionsende: 1,7 bis 1,9 kg
- Schalenbruchfestigkeit: >40 Newton

Am Standort 1 konnten drei baugleiche Ställe mit den Lampentypen A, B und C, die miteinander verbunden waren, in die Versuche einbezogen werden. Es fand jeweils ein Wiederholungsdurchgang statt. Der Kükenbezug für die unternehmenseigene Aufzucht erfolgte aus der Brüterei „LSL Rhein-Main“. Die Junghennen wurden gleichaltrig (19. Lebenswoche im Durchgang 1, 17. LW im Durchgang 2) und zum selben Zeitpunkt aus derselben Aufzucht in die drei Legehennenställe eingestellt (Tabelle 6). Jeder Stall wurde mit ca. 14.000 Junghennen belegt. Die Farm produziert befruchtete Eier für die Pharmaindustrie zur Herstellung von Grippeimpfstoffen. Deshalb befanden sich in jedem Stall zusätzlich fast 10 % Hähne. Weil mit zunehmendem Alter der Tiere die Schalenstabilität der Eier geringer wird und sie damit weniger als Pharmaei geeignet sind, erfolgte die Ausstattung bereits in der 60. bzw. 62. Lebenswoche.

Die Auswertungen beziehen sich jeweils auf den Zeitraum von der 23. bis zur 60. Lebenswoche. Die Untersuchungsdauer wurde des Weiteren für die statistischen Berechnungen in vier Haltungsabschnitte unterteilt:

- Q1: 23.–29. LW
- Q2: 30.–39. LW
- Q3: 40.–49. LW
- Q4: 50. LW und älter

**Tabelle 6: Tiermaterial am Standort 1**

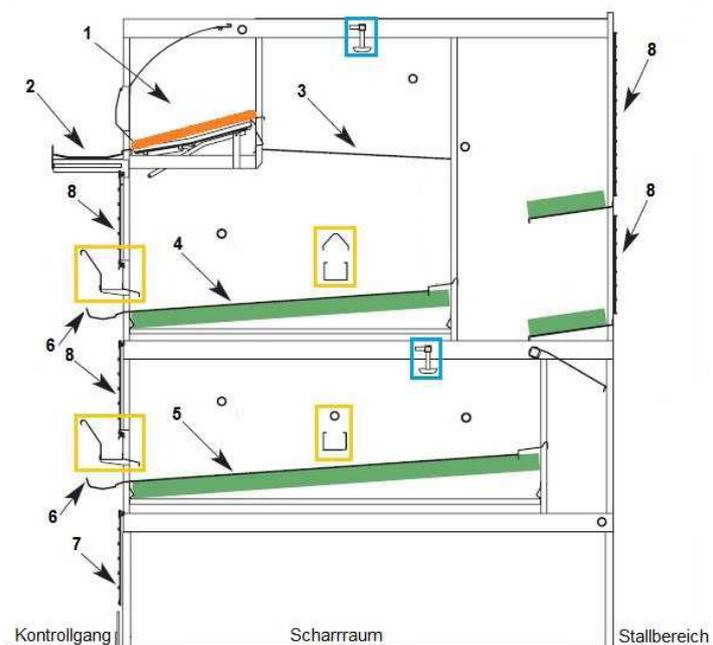
Durchgang	1			2		
Lampentyp	A	B	C	A	B	C
<u>Einstallung</u>						
Datum	15.4.10	13.4.10	14.4.10	27.4.11	26.4.11	26.4.11
Alter	19. LW	19. LW	19. LW	17. LW	17. LW	17. LW
Anzahl weiblich	14110	14240	14240	14320	14300	14320
männlich	1324	1324	1324	1325	1320	1310
<u>Ausstellung</u>						
Datum	31.1.11	31.1.11	31.1.11	12.3.12	12.3.12	13.3.12
Alter	60. LW	60. LW	60. LW	62. LW	62. LW	62. LW
Anzahl weiblich	12365	12935	12539	13775	13323	13406
männlich	1287	1291	1272	1300	1298	1295
<u>Auswertungszeitraum</u>						
von ... bis	23. – 60. LW					

### 3.1.1.2 Ausstattung und Management

Alle Ställe waren mit dem Voliersystem Natura 60 der Firma Big Dutchman ausgerüstet (Abbildung 12). Innerhalb dieser Voliere können sich die Hennen zwischen den einzelnen Ebenen über ein so genanntes „Treppenhaus“ auf und ab bewegen. Durch Öffnungen über die gesamte Systemlänge erreichen die Tiere den Scharrraum bzw. den Einstreugang, der mit Hobelspänen eingestreut war (Abbildung 1 im Anhang). Im Wechsel mit dem Einstreugang ist der nächste Gang ein echter tierfreier Kontrollgang (Abbildung 2 im Anhang), der laut Hersteller das Ein- und Ausstellen, die tägliche Tierkontrolle und das Absammeln von verlegten Systemiern erleichtern soll. Von diesem Kontrollgang aus sind auch die Nester und die Eierlängsbänder zugänglich. Die Nester, ausgekleidet mit Gumminoppenmatten, waren automatisch hochklappbar, sodass sie während der Nachtruhe bzw. Dunkelphase von den Legehennen nicht benutzt und damit auch nicht verschmutzt werden konnten. Die Eierbänder befanden sich nur in einer Ebene, wodurch der Eiertransport schonender erfolgen soll.

Das Futter wurde mittels Futterkette in zwei Etagen ad libitum angeboten. Es handelte sich hier um ein kommerzielles, mehlartiges Alleinfuttermittel für Legehennen. Anfangs erhielten alle drei Ställe Legestarterfutter mit einer hohen Nährstoffdichte für einen sicheren Start der Legeperiode. Ab der 28. Lebenswoche wurde ein ausgewogenes Futter mit einem reduzierten Protein-, Aminosäure- und Linolsäuregehalt gefüttert. In Hinblick auf eine gute Schalenqualität und angepasste Eigewichte wurde in der 42. Lebenswoche das Futter erneut umgestellt.

Die Tiere wurden über Nippeltränken mit Tropfwasser-Auffangschalen mit Tränkwasser versorgt.



**Legende:**

- 1 Legenest
- 2 Eierlängsband mit Abdeckung
- 3 Boden vor dem Nest
- 4 Nutzfläche der 2. Etage
- 5 Nutzfläche der 1. Etage
- 6 Eierrinne für verlegte Systemeier
- 7 Schiebetür und Abgrenzung zum Scharrraum
- 8 Schiebetür für Tierkontrolle
- Futtereinrichtung
- Tränkeinrichtung

**Abbildung 12: Volierenquerschnitt der Natura 60**

(Quelle: verändert nach Big Dutchman 2007 und 2010)

Die Bewirtschaftung war in allen drei Ställen ebenfalls gleich. Das betrifft insbesondere das Hygienemanagement, die Impfprophylaxe, das Beleuchtungsregime und das Stallklima. Die Stallklimadaten sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

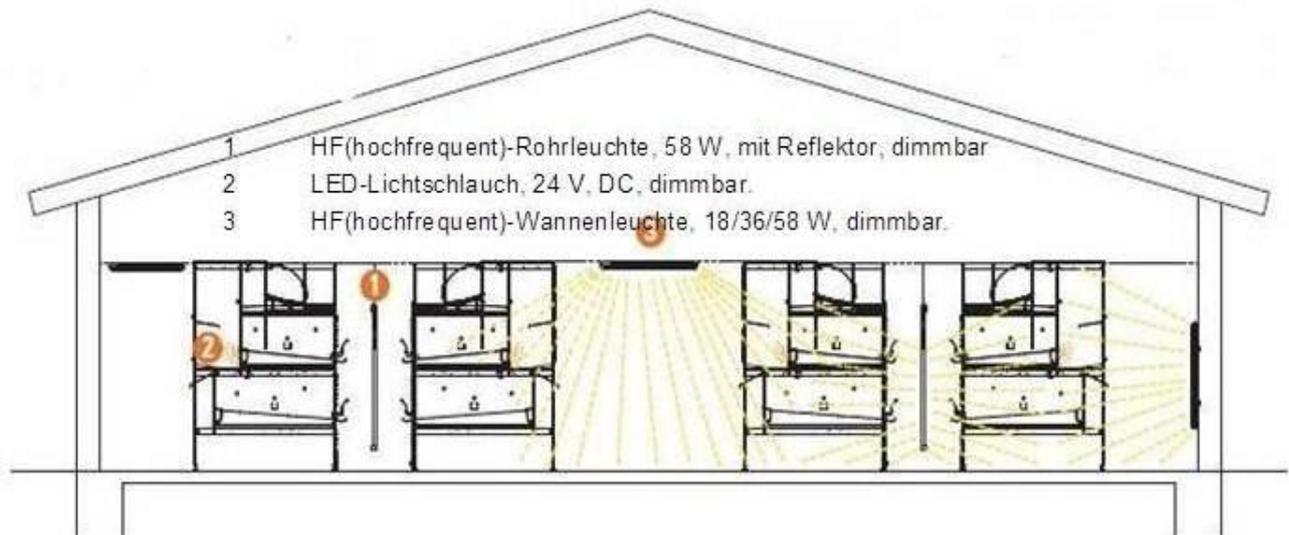
**Tabelle 7: Stallklimadaten am Standort 1 (Durchschnitt der täglichen Messungen)**

Durchgang	1			2		
Stall/Lampentyp	A	B	C	A	B	C
Temperatur °C	19,2	18,7	18,9	19,1	19,4	18,9
Luftfeuchte %	66,5	68,7	68,4	66,3	67,8	68,7

Lediglich die Fütterungszeiten und die Zeiten, in denen die Eierbänder liefen, waren, produktionstechnisch bedingt, leicht versetzt. Zuerst wurden die Eier aus Stall 1, dann die aus Stall 2 und zum Schluss die Eier aus Stall 3 eingesammelt. Die Anzahl Eier konnte somit für jeden Stall gesondert erfasst werden. Auch die Betreuung der Tiere erfolgte durch dasselbe Personal. Die Verteilung der Lampen war ebenfalls identisch, sodass durch Messungen der Beleuchtungsstärke mit einem AHLBORN-Datenlogger auch in allen Ställen eine einheitliche Ausleuchtung der verschiedenen Funktionsbereiche in der Voliere und im Scharrraum nachgewiesen werden konnte (Abbildung 3 bis Abbildung 5 im Anhang). Allerdings ermittelte das verwendete Luxmeter die Beleuchtungsstärke entsprechend des menschlichen Helligkeitsempfindens. Ein die Wahrnehmungsfähigkeit des Vogelauges berücksichtigendes Messgerät war zum damaligen Zeitpunkt nicht auf dem Markt. Erst auf der EuroTier 2012 in Hannover stellte die Fa. Hato BV Lighting aus den Niederlanden ein entsprechendes Galli-Luxmeter vor, das auf die Lichtempfindlichkeit des Vogelauges in Abhängigkeit vom Wellenlängenbereich abgestimmt ist. Wegen der starken Lichtdimmung in allen drei Ställen könnte dies jedoch von geringerer

Bedeutung sein. Während im 1. Durchgang aufgrund zunehmenden Federpickens im Verlauf der Legeperiode die Beleuchtungsstärke immer niedriger geregelt werden musste (Dimmung von 35 bis auf 15 %), waren im 2. Durchgang alle Ställe konstant auf 30 % gedimmt.

Im Einstreugang waren hoch frequente Rohrleuchten, die die verschiedenen Ebenen ausleuchten sollen, und im Kontrollgang hoch frequente Wannenleuchten an der Decke eingesetzt (Abbildung 13).



**Abbildung 13: Beleuchtung im System Natura 60**

(Quelle: verändert nach Big Dutchman 2007 und 2010)

Die Ställe unterschieden sich lediglich hinsichtlich der ausgewählten Leuchtstofflampen (Tabelle 8). Anhand der Lichtfarbe und der ähnlichsten Farbtemperatur ist zu erkennen, dass es sich bei den Lampentypen A und B um tageslichtähnliche oder auch als kaltweiß bezeichnete Leuchtstofflampen handelt, deren Licht vom Menschen als kalt und heller wahrgenommen wird. Der Lampentyp A sollte zusätzlich einen erhöhten UV-Anteil von 4,4 % haben. Weil aus der Literatur bekannt ist, dass mit zunehmender Betriebsdauer speziell kürzere Wellenlängen (also UV-Strahlen) schneller an Intensität verlieren bzw. gänzlich verloren gehen, wurden diese Leuchtstoffröhren zu Beginn des zweiten Durchgangs durch neue ersetzt.

Der Lampentyp C bezeichnet herkömmliche „neutralweiße“ Leuchtstoffröhren mit einem ausgeprägten gelb-roten Bereich, was vom Menschen wiederum als wärmeres Licht empfunden wird. In Tabelle 8 sind die Grunddaten für den Standort 1 nochmals zusammengefasst.

**Tabelle 8: Grunddaten zum Standort 1**

Durchgang	1			2		
Lampentyp	A	B	C	A	B	C
Genetik °C	Lohmann Selected Leghorn (LSL)					
Herkunft	Brütereier „LSL Rhein-Main“/eigene Aufzucht					
Stall und Ausrüstung	baugleich, Voliersystem Natura 60 der Firma Big Dutchman					
Fütterung	Alleinfuttermehl ad libitum per Futterketten (Phasenfütterung)					
Management (Beleuchtungsregime, Eiersammlung, Stallklima, Personal, Impfprogramm, Vitamingaben etc.)	gleich					
<b>Charakteristik der Lampen</b>						
■ Zustand	neu	neu	gebraucht	neu	gebraucht	gebraucht
■ Sockel/Röhre	G13/T8	G13/T8	G13/T8	G13/T8	G13/T8	G13/T8
■ Nennleistung	36 Watt	36 Watt	36 Watt	36 Watt	36 Watt	36 Watt
■ UVA/B-Anteil im Spektrum	4,0/0,4 %	kein erhöhter UV-Anteil	kein erhöhter UV-Anteil	4,0/0,4 %	kein erhöhter UV-Anteil	kein erhöhter UV-Anteil
■ Lichtfarbe (ohne Maßeinheit)	958 (tageslicht-ähnlich, kaltweiß)	950 (tageslicht-ähnlich, kaltweiß)	640 (neutralweiß)	958 (tageslicht-ähnlich, kaltweiß)	950 (tageslicht-ähnlich, kaltweiß)	640 (neutralweiß)
■ Farbtemperatur	5800 K	5000 K	4100 K	5800 K	5000 K	4100 K
■ Farbwiedergabeindex (ohne Maßeinheit)	>90	>90	63	>90	>90	63

### 3.1.2 Standort 2

#### 3.1.2.1 Tiermaterial

Am Standort 2 wurden ebenfalls Tiere der Hybridzucht Lohmann Selected Leghorn Classic (LSL) (siehe Kapitel 3.1.1.1) in die Untersuchungen einbezogen, die wiederum aus eigener Aufzucht stammten. Für die Versuche konnten zwei baugleiche Ställe mit jeweils zwei Durchgängen genutzt werden. Zum Einsatz kamen die Lampentypen X und Y. Jeder Stall wurde mit ca. 13.400 Hennen im Alter von 17 bzw. 18 Wochen belegt (Tabelle 9). Weil hier ebenfalls Serumeier produziert wurden, waren die Herden gemischtgeschlechtlich im Verhältnis 10 Hennen zu 1 Hahn aufgestellt.

Auch hier wurde aufgrund der Serumeiproduktion bereits in der 57. Lebenswoche ausgestallt. Die Auswertungen beziehen sich daher jeweils auf den Zeitraum von der 23. bis zur 56. Lebenswoche. Die Untersuchungsdauer wurde für die statistischen Berechnungen ebenfalls in vier Haltungsabschnitte unterteilt:

- Q1: 23.–29. LW
- Q2: 30.–39. LW
- Q3: 40.–49. LW
- Q4: 50. LW und älter

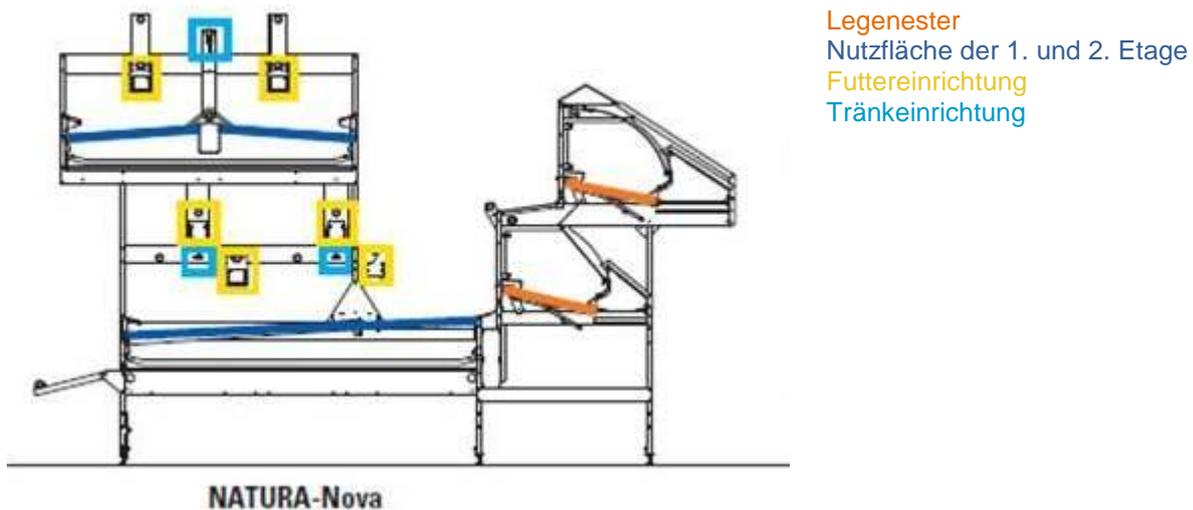
**Tabelle 9: Tiermaterial am Standort 2**

Durchgang	1		2	
	X	Y	X	Y
<u>Einstallung</u>				
Datum	13.1.11	13.1.11	1.12.11	1.12.11
Alter	17. LW	17. LW	18. LW	18. LW
Anzahl weiblich	13452	13409	13348	13352
männlich	1406	1417	1288	1289
<u>Ausstallung</u>				
Datum	19.10.11	17.10.11	11.9.12	12.9.12
Alter	57. LW	57. LW	59. LW	59. LW
Anzahl weiblich	13035	13109	12656	12912
männlich	1380	1364	1262	1253
<u>Auswertungszeitraum</u>				
von ... bis	23. - 56. LW	23. – 56. LW	23. – 56. LW	23. – 56. LW

#### 3.1.2.2 Ausstattung und Management

Die für die Untersuchungen genutzten Ställe waren mit dem Volierensystem Natura-Nova von der Fa. Big Dutchman ausgerüstet (Abbildung 14). Bei diesem System stehen neben der Stallgrundfläche, die zu 100 % von den Hennen genutzt werden kann, zwei weitere Nutzflächen in Etagenanordnung zur Verfügung. Dies ermöglicht eine höhere Auslastung des Stalls.

Charakteristisch ist, dass Anlage und der zweietagige Nestbereich miteinander verbunden sind. Laut Herstellerangaben besteht der Vorteil darin, dass die Hennen das Nest sehr einfach erreichen können und deshalb eine hohe Nestakzeptanz erzielt werden soll.



**Abbildung 14: Volierenquerschnitt der Natura-Nova** (Quelle: Big Dutchman 2009)

Als Nestboden dienen Kunststoffrasenmatten, das Nestinnere wird durch Plastikvorhänge verdunkelt. Mittels eines automatischen NESTAUSTRIEBSSYSTEMS, bei dem sich der Nestboden anhebt, erfolgt die tägliche Nestöffnung und -schließung.

Die abgenommenen Eier werden über Kunststoff-Eierförderbänder im Stall und über Stabkettenförderbänder aus dem Stall transportiert. Auch am Standort 2 konnte die Anzahl Eier pro Stall gesondert erfasst werden. Zur Futter- und Wasserversorgung befinden sich in den Volierenblöcken Futterketten und Tränkelinien mit Nippeltränken. Die Fütterung erfolgte ad libitum mit einem kommerziellen, mehlförmigen Alleinfuttermittel für Legehennen, das wie am Standort 1 in der 22. und 44. Lebenswoche dem Nährstoffbedarf der Tiere angepasst wurde.

Der erhöhte Verbindungsgang zwischen Anlage und Nest ermöglicht die tägliche Tierkontrolle. Wie am Standort 1 war auch hier die Bewirtschaftung (Hygienemanagement, Impfprophylaxe, Beleuchtungsregime, Fütterungszeiten, Stallklima, Personal) in beiden Ställen gleich. In Tabelle 10 sind die durchschnittlichen Stalltemperaturen und die mittlere Luftfeuchtigkeit dargestellt.

**Tabelle 10: Stallklimadaten am Standort 2 (Durchschnitt der täglichen Messungen)**

Durchgang	1		2	
Stall/Lampentyp	X	Y	X	Y
Temperatur °C (früh und mittags)	19,7	19,8	19,8	19,9
Luftfeuchte % (früh)	55,0	53,9	50,8	53,7

Die Verteilung der Lampen war ebenfalls identisch (Abbildung 6 und Abbildung 7 im Anhang). Auch in den Ställen am Standort 2 wurde die Beleuchtungsstärke mit einem AHLBORN-Datenlogger an verschiedenen Punkten im System und im Scharrbereich gemessen. Die Beleuchtungsstärke zwischen den beiden Ställen variierte hier stärker als zwischen den Ställen am Standort 1. Selbst bei geringfügigen Abweichungen des Messpunktes ändert sich der gemessene Lux-Wert zum Teil erheblich. Diese Abweichungen traten insbeson-

dere bei geringerer Dimmung (auf 60 bzw. 40 %), d. h. höherer Beleuchtungsstärke auf. Aufgrund dieser dem Messverfahren innewohnenden Ungenauigkeiten kann ein Unterschied von ca. 10 lx zwischen den Ställen gegebenenfalls toleriert werden (Abbildung 8 und Abbildung 9 im Anhang).

Allerdings muss auch hier berücksichtigt werden, dass das verwendete Luxmeter auf das menschliche Sehen und nicht auf das davon abweichende Helligkeitsempfinden des Vogelauges abgestimmt ist (siehe Kapitel 3.1.1.2).

Im 1. Durchgang wurde die Stallbeleuchtung überwiegend auf 60 % gedimmt. Von der 26. bis zur 32. Lebenswoche war die Deckenbeleuchtung in beiden Ställen zwischenzeitlich auf 50 % (D 50) nach unten geregelt. Im 2. Durchgang wurden die Dimmstufen häufiger verändert und zwischen Deckenbeleuchtung (D) und Beleuchtung in der Anlage bzw. im Voliersystem (A) unterschieden.

Auf 60 % (D, A)

D auf 50 %, A auf 60 %

D auf 45 %, A auf 60 %

D auf 40 %, A auf 60 %

D auf 30 %, A auf 50 %

Am Standort 2 kam ebenfalls als Versuchsvariante eine tageslichtähnliche Lampe mit einem erhöhten UV-Anteil (X) zum Einsatz. Diese war jedoch nicht identisch mit dem Lampentyp A am Standort 1. Während dieser eher ein 3-Banden-Spektrum aufwies, war der Lampentyp X hinsichtlich der spektralen Verteilung dem natürlichen Tageslicht sehr viel ähnlicher. Vor Beginn des 2. Durchgangs wurden auch hier die tageslichtähnlichen Leuchtstofflampen (X) durch neue ersetzt. Als Kontrollvariante diente diesmal ein warmweißer Lampentyp (Y). Alle Daten zum Standort 2 sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

**Tabelle 11: Grunddaten zum Standort 2**

Durchgang	1		2	
Lampentyp	X	Y	X	Y
Genetik	Lohmann Selected Leghorn (LSL)			
Herkunft	Brütereier „LSL Rhein-Main“/eigene Aufzucht			
Stall und+ Ausrüstung	baugleich, Volierensystem Natura-Nova der Firma Big Dutchman			
Fütterung	Alleinfuttermehl ad libitum per Futterketten (Phasenfütterung)			
Management (Beleuchtungsregime, Eiersammlung, Stallklima, Personal, Impfprogramm, Vitamingaben etc.)	gleich			
Charakteristik der Lampen				
■ Zustand	neu	neu	neu	gebraucht
■ Sockel/Röhre	G13 / T8	G13 / T8	G13 / T8	G13 / T8
■ Nennleistung	18 W in der Voliere	18 W in der Voliere	18 W in der Voliere	18 W in der Voliere
	36 W Deckenbeleuchtung	36 W Deckenbeleuchtung	36 W Deckenbeleuchtung	36 W Deckenbeleuchtung
■ UVA/B-Anteil im Spektrum	4,5 / 0,4 %	kein erhöhter UV-Anteil	4,5 / 0,4 %	kein erhöhter UV-Anteil
■ Lichtfarbe (ohne Maßeinheit)	955 (tageslichtähnlich, kaltweiß)	830 (warmweiß)	955 (tageslichtähnlich, kaltweiß)	830 (warmweiß)
	5500 K		5500K	
■ Farbtemperatur	>90	3000 K	>90	3000 K
■ Farbwiedergabeindex (ohne Maßeinheit)		>=80		>=80

## 3.2 Datenerfassung und angewandte Messmethodik

An beiden Standorten wurden die gleichen Parameter erfasst und die gleiche Messmethodik angewendet, sodass die Beschreibung hierfür einheitlich erfolgen kann. Für jeden Stall getrennt wurde eine Vielzahl von Kennzahlen erfasst (Tabelle 12).

**Tabelle 12: Erfasste Daten (beide Standorte)**

täglich	im Abstand von drei Wochen	ergänzend
Stallparameter:	■ Videoaufzeichnungen zur Auswertung von Verhaltensmustern	■ Beleuchtungsstärke in lx
■ Legeleistung	■ Gefiederbonitur	■ Messung der spektralen Zusammensetzung des Lichts
■ B-Ware		■ Farbwiedergabeindex CRI
■ verlegte Eier		■ Farbtemperatur CCT in K
■ Tierverluste		■ Frequenzmessung
■ Temperatur, Luftfeuchte		
■ Futterverbrauch		
■ Wasserverbrauch		
zusätzliche Bemerkungen zum Produktionsprozess (Lichtdimmung, Futterwechsel, Impfungen, technische Defekte etc.)		

### 3.2.1 Stallparameter

Zum einen wurden die täglichen, durch das Stallpersonal vorgenommenen Stallbucheintragen genutzt. Hier wurden die Legeleistung einschließlich die Anzahl B-Ware und verlegter Eier, die Tierverluste, der Futter- und Wasserverbrauch sowie Stalltemperatur und Luftfeuchtigkeit erfasst. Um die Ergebnisse bzw. Abweichungen interpretieren zu können, wurden täglich Aufzeichnungen zum Produktionsprozess, wie z. B. Futterwechsel, Änderungen des Beleuchtungsregimes, technische Defekte oder tierärztliche Behandlungen, vorgenommen.

### 3.2.2 Verhaltensbeobachtungen

Im Alter von über 30 Lebenswochen bis nahe dem Ausstallungstermin wurden im Abstand von drei Wochen Verhaltensbeobachtungen mittels Videoaufzeichnungen durchgeführt (Tabelle 13). Für die Videoaufnahmen wurde ein Camcorder außerhalb des Stallabteils so installiert, dass verschiedene Funktionsbereiche wie Scharraum, Futterbereich und Sitzstange dokumentiert werden konnten. In den Wiederholungen wurde der Camcorder so ausgerichtet, dass die gefilmte Bildfläche stets die gleiche war. Während der Videoaufnahmen (ca. 35 bis 45 Minuten) waren die Tiere völlig ungestört und konnten somit ihre gewohnten Verhaltensmuster ausüben. Die Videos wurden am PC wie folgt ausgewertet: Aus den Videoaufzeichnungen wurden drei Sequenzen von jeweils fünf Minuten ausgewählt. Die Beobachtungen konzentrierten sich auf die 3. bis 8. Minute, auf die 14. bis 19. Minute und auf die 25. bis 30. Minute.

**Tabelle 13: Beginn und Ende der Videoaufzeichnungen**

Durchgang	1		2	
	von ... LW	bis ... LW	von ... LW	bis ... LW
Standort 1	33.	58.	36.	60.
Standort 2	35.	56.	31.	55.

Beim Abspielen der Videosequenzen wurde das Auftreten der verschiedenen Verhaltenselemente manuell durch einen Strich in einer zuvor erarbeiteten Erfassungsliste dokumentiert. Die Verhaltenselemente und deren Beschreibung sind in Tabelle 14 aufgeführt. Zur einfacheren Interpretation der statistischen Auswertungen können die einzelnen Handlungen auch zu Verhaltenskategorien zusammengefasst werden.

Aktionen des Drohens und Fixierens, des Angreifens, des Ausweichens und des Unterwerfens zählen zum **agonistischen Verhalten**. Das Picken an sich selbst und das Picken an anderen Tieren werden in der Kategorie **Picken** zusammengefasst. Beim Picken wurde jedoch nicht in aggressiv oder friedlich unterschieden, es wurde lediglich die Handlung ohne Wertung erfasst. Das Verweilen auf den Sitzstangen und das Ruhen mit dem Kopf im Gefieder werden als **Ausruhverhalten** bezeichnet. Die Elemente Federputzen, Staubbadeaktivität, Sich-Schütteln und Sich-Strecken werden dem **Komfortverhalten** zugeschrieben. Synchrones Fressen und Futtersuche gehören zur Kategorie **Futterverhalten** (Tabelle 14).

**Tabelle 14: Verhaltenskategorien zur Auswertung der Verhaltensmuster**

(Quelle: Zusammenstellung nach SCHRADER et al. 2006)

Verhaltenselement	Beschreibung	Verhaltenskategorie
Drohen, Fixieren	Aufplustern und Strecken	agonistisches Verhalten
Angreifen	Verfolgung eines Artgenossen, heftiger Flügelschlag	
Ausweichen	Wegdrehen des Kopfes, Flucht	
Unterwerfen	Tretakt des Hahnes → Henne zeigt Unterwerfung, Demutshaltung, Erstarren, Sich-Ducken	
Picken an sich	in die eigenen Ständer und Zehen pickend	Picken
Picken an anderen	an Federn des Artgenossen zupfen, Partikelpicken am Gefieder des Artgenossen, Picken, um den Artgenossen zu vertreiben	
Sitzstangen	es wurden die Tiere notiert, die die Sitzstangen passierten und darauf verweilten	Ausruhverhalten
Kopf im Gefieder	meist schlafend auf der Sitzstange	
Federputzen	Putzen des Gefieders mit Hilfe des Schnabels oder der Ständer	Komfortverhalten
Sand-Staubbaden	Seiten-Schräglage, aufgeplustertes Gefieder, Scharren in Seitenlage	

Verhaltenselement	Beschreibung	Verhaltenskategorie
Sich-Schütteln	reines alleiniges Schütteln, Schütteln der Handlungsabfolge des Staubbadens wurde nicht notiert	
Sich-Strecken	ein- oder beidseitiges Strecken der Flügel und der Ständer → Flügelbeinstrecken	
Synchrones Fressen	mindestens 2 Hühner stehen gleichzeitig am Futterband und fressen	Futterverhalten
Futtersuche	stetiger Wechsel von Scharren und Picken	

Während der Dauer der Videoaufnahmen wurden in einem anderen Stall das Gefieder der Hennen und der Gesamteindruck der Herde beurteilt. Es wurde insbesondere auf Ruhen, Staubbaden, Schreckhaftigkeit, Hysterie, Aggressivität oder Federfressen geachtet.

Die Ursachen für Schädigungen des Gefieders sind sehr vielseitig. Gefiederschäden treten verstärkt mit zunehmendem Alter der Tiere auf. An den Haltungseinrichtungen kann es zu mechanischen Abnutzungen kommen. Aber auch Krankheiten (z. B. Legedarmentzündung), Parasitenbefall, Ernährungsfehler sowie Fehlverhalten wie Federpicken und Kannibalismus können eine Ursache sein (PIETSCHKE 2008). Bei Anwesenheit von Hähnen weisen die Hennen oft kahle Rücken- und Kopfpforten auf, die durch den Tretakt des Hahnes verursacht werden (JAEGER 2011).

Die Körperpartien Kloake, Rücken, Hals, Brust und Schwanz wurden getrennt anhand von Boniturnoten (1 bis 4) bewertet, wobei die Note 1 ein intaktes Gefieder an der jeweiligen Körperstelle und die Note 4 gravierende Schäden bzw. Kahlstellen beschreibt (Abbildung 10 im Anhang). Diese Bewertung erfolgte in jedem Abteil eines Stalles, um dann für die gesamte Herde des Stalles ein Urteil abgeben zu können. Ein Beispiel für die Dokumentation ist in Abbildung 11 im Anhang dargestellt. Die Vorgehensweise ist allerdings, auch wenn stets dieselbe geschulte Person die Beurteilung vorgenommen hat, mit subjektiven Mängeln behaftet und wird daher nur beschreibend zur Interpretation der Ergebnisse genutzt.

### 3.2.3 Spektrale Messungen

Um die Unterschiede im Lichtspektrum der an beiden Standorten eingesetzten Lampentypen darstellen zu können, wurde unter Laborbedingungen im Institut für Angewandte Photophysik der Technischen Universität Dresden (TUD) deren spektrale Zusammensetzung gemessen. In Abbildung 12 (Anhang) ist der Apparatenaufbau zur Spektrenmessung dargestellt.

Für die spektralen Messungen wurde ein „USB2000 Minispektrometer“ der Firma „Ocean Optics“ mit einem Beugungsgitter für 200 bis 850 nm Wellenlängenbereich inklusive Lichtleitfaser zur Lichteinkopplung verwendet. Die Messung erfolgte computergestützt mittels der Software „Ocean Optics Spectrasuite“. Die Auswertung und Darstellung der Daten mittels der Analysesoftware „OriginLab OriginPro 7.5“ übernahmen Mitarbeiter der TUD.

Die Messungen wurden unter Beachtung verschiedener Kriterien durchgeführt. Aufgrund der Tatsache, dass mit Zunahme der Betriebsstunden die Strahlungsintensität im kurzwelligen Bereich abnehmen soll, wurden die Lampentypen im neuen Zustand, nach etwa 6 Monaten Betriebsdauer und etwa 9 bzw. 13 Monaten vermessen (Tabelle 15). Wie bereits erwähnt, wurden ebenfalls infolge des schnelleren Abbaus der kürzeren Wellen-

längen jeweils zu Beginn des 2. Durchgangs die Lampentypen mit einem erhöhten UV-Anteil durch neue ersetzt. Die anderen Lampentypen wurden weiterhin genutzt, sodass hier auch bei einer Betriebsdauer von bis zu 28 Monaten gemessen werden konnte.

Des Weiteren erfolgte die spektrale Vermessung in Abhängigkeit verschiedener Dimmstufen (Tabelle 15). Weil die Tiere am Standort 1 dunkler gehalten wurden, d. h. die Ställe stärker gedimmt wurden, wurden hier im Vergleich zum Standort 2 auch geringere Dimmstufen im Labor zugrunde gelegt. Und letztlich wurde die Abdeckung (ohne, Glas- oder Plastabdeckung) und für den Standort 1 der Verschmutzungsgrad (leicht, stark) der Leuchtstoffröhren berücksichtigt. Während eine leicht verschmutzte Glasummantelung für die Messungen zur Verfügung stand, musste ein starker Verschmutzungsgrad durch eine Lage Zellstoff simuliert werden.

Um einen Vergleich zwischen den Angaben im Produktkatalog der Lampenfirmer und den eigenen Messungen herstellen zu können, wurden die gemessenen Graphen auf die vom Hersteller veröffentlichten Graphen gelegt und zudem der Farbwiedergabeindex (CRI) und die ähnlichste Farbtemperatur (CCT in K) der Lampen im Neuzustand berechnet.

**Tabelle 15: Versuchsdesign zur spektralen Vermessung der einzelnen Lampentypen**

<b>Standort 1</b>			
<b>Lampentyp</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Alterung</b>			
Durchgang 1	neu nach 6 Monaten nach 9 Monaten	neu nach 6 Monaten nach 9 Monaten	neu nach 6 Monaten nach 9 Monaten
Durchgang 2	neu nach 6 Monaten nach 13 Monaten	nach 15 Monaten nach 28 Monaten	nach 15 Monaten nach 28 Monaten
<b>Dimmung auf %</b>	100 (keine Dimmung) auf 50 auf 30 auf 25	100 (keine Dimmung) auf 50 auf 30 auf 25	100 (keine Dimmung) auf 50 auf 30 auf 25
<b>Abdeckung/ Verschmutzung</b>	ohne Abdeckung Glas Plast leichte Verschmutzung starke Verschmutzung	ohne Abdeckung Glas Plast leichte Verschmutzung starke Verschmutzung	

Standort 2		
Lampentyp	X	Y
<b>Alterung</b>		
Durchgang 1	neu	neu
	nach 6 Monaten	nach 6 Monaten
	nach 9 Monaten	nach 9 Monaten
Durchgang 2	neu	nach 17 Monaten
	nach 6 Monaten	
<b>Dimmung auf %</b>		
	100 (keine Dimmung)	100 (keine Dimmung)
	auf 60	auf 60
	auf 40	auf 40
<b>Abdeckung</b>		
Durchgang 1	ohne Abdeckung	
	Plast	

### Frequenzmessung

Ergänzend zu den spektralen Messungen wurden an einem Messtag Frequenzmessungen mittels einem Oszilloskop "HP infiniium, Modell 54815A", 500 MHz und einem Photodetektor "Thorlabs PDA10A" durchgeführt. Die Auswertung erfolgte wiederum mit der Analysesoftware „OriginLab OriginPro 7.5“.

Die Frequenzmessungen haben gezeigt, dass die Grundfrequenz von 100 Hz von einer hoch frequenten Spannung von bis zu über 40.000 Hz, die durch das EVG erbracht wurde, überlagert wird. Weil in allen Ställen Lampen mit EVG verwendet wurden, konnte nachgewiesen werden, dass alle Tiere ihre Umwelt flackerfrei wahrgenommen haben und somit kein Einfluss von Flackerfrequenzen auf Leistung und Verhalten bestand.

## 3.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikpaketes R durchgeführt. Es wurden zwei Merkmalskomplexe betrachtet, deren Statistik mit unterschiedlichen Modellen berechnet wurde. Das vollständige Modell der Varianzanalyse für den Merkmalskomplex „Legeleistung“ lautet:

$$[y] = [X][b] + [e]$$

- y = Vektor der Beobachtungswerte
- y<sub>1</sub> = Eier gesamt (EierGes)
  - y<sub>2</sub> = Eier B-Ware (BWare)
  - y<sub>3</sub> = Eier verlegt (Verl. E)
  - y<sub>4</sub> = Futtermittelverbrauch je Tier und Tag (FuV)
  - y<sub>5</sub> = Futtermittelverbrauch je 1.000 Eier (FuV1000)
  - y<sub>6</sub> = Wasserverbrauch je Tier und Tag (WaV)

$y^7$  = Wasserverbrauch je 1.000 Eier (WaV1000)

$y^8$  = Tierverluste (Verluste)

X = Designmatrizen

b = Vektor der Haupteffekte

b = Durchgang + Lampentyp + LW-Abschnitt + Dimmung + Temperatur (früh) + Luftfeucht (früh)

e = Schätzfehler

Alle Merkmale wurden in einem Einmerkmalsmodell verrechnet. Als Einflussfaktoren wurden berücksichtigt:

Durchgang: 1, 2

Lampentyp: Standort 1: Lampentypen A, B, C

Standort 2: Lampentypen X, Y

LW-Abschnitt: 4 gleichlange Lebensabschnitte in der Legeperiode

Dimmung: Standort 1: auf 15 %, auf 20 %, auf 25 %, auf 30 %, auf 35 %

Standort 2: auf 60 %, A auf 60 % und D auf 50 % (A = Beleuchtung im Volierensystem,  
D = Deckenbeleuchtung)

Temperatur: Temperatur in °C

Luftfeuchte: Luftfeuchte in %

Das vollständige Modell der Varianzanalyse für den Merkmalskomplex „Verhalten“ lautet:

$$[y] = [X][b] + [e]$$

y = Vektor der Beobachtungswerte

$y_1$  = agonistisches Verhalten

$y_2$  = Picken

$y_3$  = Ausruhverhalten

$y_4$  = Komfortverhalten

$y_5$  = Futtermverhalten

X = Designmatrizen

b = Vektor der Haupteffekte

b = Durchgang + Lampentyp

e = Schätzfehler

Alle Merkmale wurden in einem Einmerkmalsmodell verrechnet. Als Einflussfaktoren wurden berücksichtigt:

Durchgang: 1, 2

Lampentyp: Standort 1: Lampentypen A, B, C

Standort 2: Lampentypen X, Y

# 4 Ergebnisse und Diskussion

## 4.1 Stallbuchdaten

### 4.1.1 Standort 1

Am Standort 1 wurden Leistungsparameter im Zeitraum vom 12. April 2010 bis 13. März 2012 erhoben. Der Prüfzeitraum wurde auf die 23. bis 60. Lebenswoche eingegrenzt, weil die Eiproduktion erst ab 10. Mai 2010 (23. Lebenswoche) hinreichend stabil war. Im betrachteten Zeitraum waren je Stall durchschnittlich 13.800 Hennen und 1.300 Hähne im Bestand.

Insgesamt konnten 1.596 Datensätze in die Auswertung einbezogen werden. Im Durchschnitt wurden 0,95 Eier pro Tier und Tag erzeugt. Die geringste Ausbeute betrug 0,832, das Maximum lag bei 1,1 Eier je Tier und Tag. Werte über 1 traten auf, wenn Eier vom Vortag nicht vollständig abgesammelt wurden.

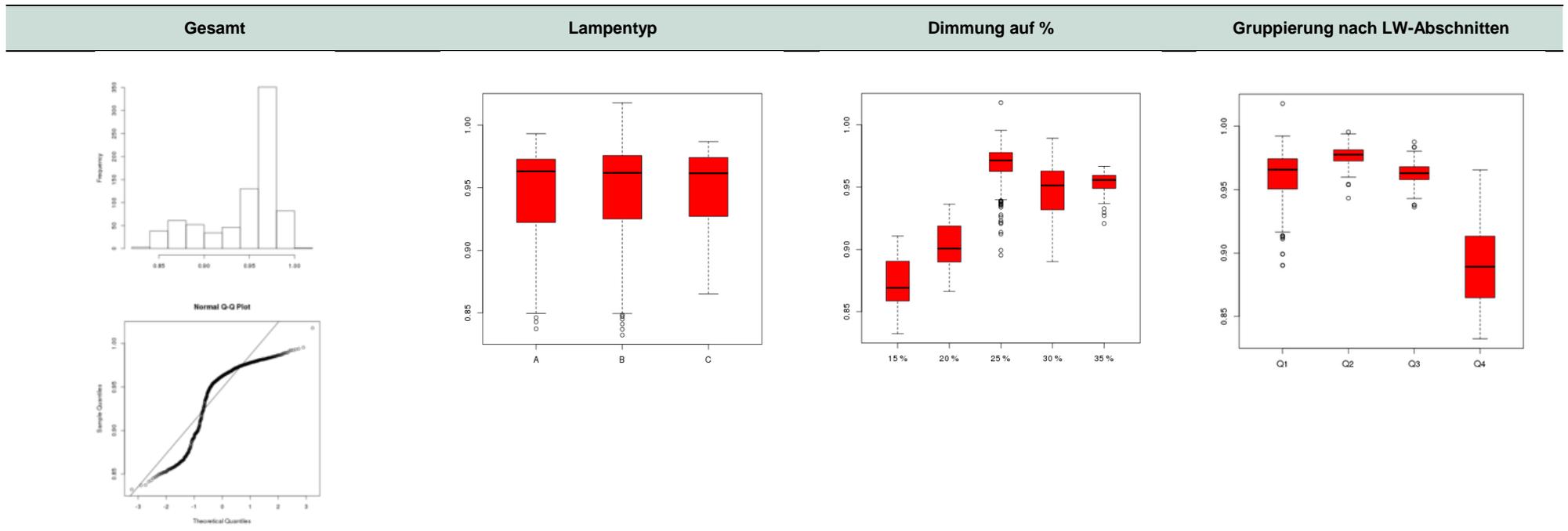
Am Standort 1 wurden drei Lampentypen getestet, die mit jeweils ca. 3,6 Mio. Gelegen annähernd gleich besetzt waren. Neben den statistischen Maßzahlen wird der Boxplot dargestellt. Inwieweit die Unterschiede zwischen den Lampentypen signifikant waren, wird in Tabelle 32 abgebildet.

Zur Steuerung der Legeleistung wurde das Licht in den Stufen „auf 35 %“ bis „auf 15 %“ gedimmt.

Der letzte Einflussfaktor, der mit statistischen Maßzahlen und einem Boxplot dargestellt wird, sind die Lebenswoche-Gruppen. Dazu wurde der gesamte Zeitraum geviertelt. Die Gruppierung der Legewochen korrespondiert mit einem Wechsel der Fütterung.

Alle Merkmale wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung getestet und sind mit einer Wahrscheinlichkeit von  $p < 0.001$  (NV<sup>\*\*\*</sup>) normalverteilt. Die entsprechenden Histogramme und QQ-Plots sind für alle Merkmale in den Tabellen 16 bis 31 getrennt nach Durchgängen dargestellt.

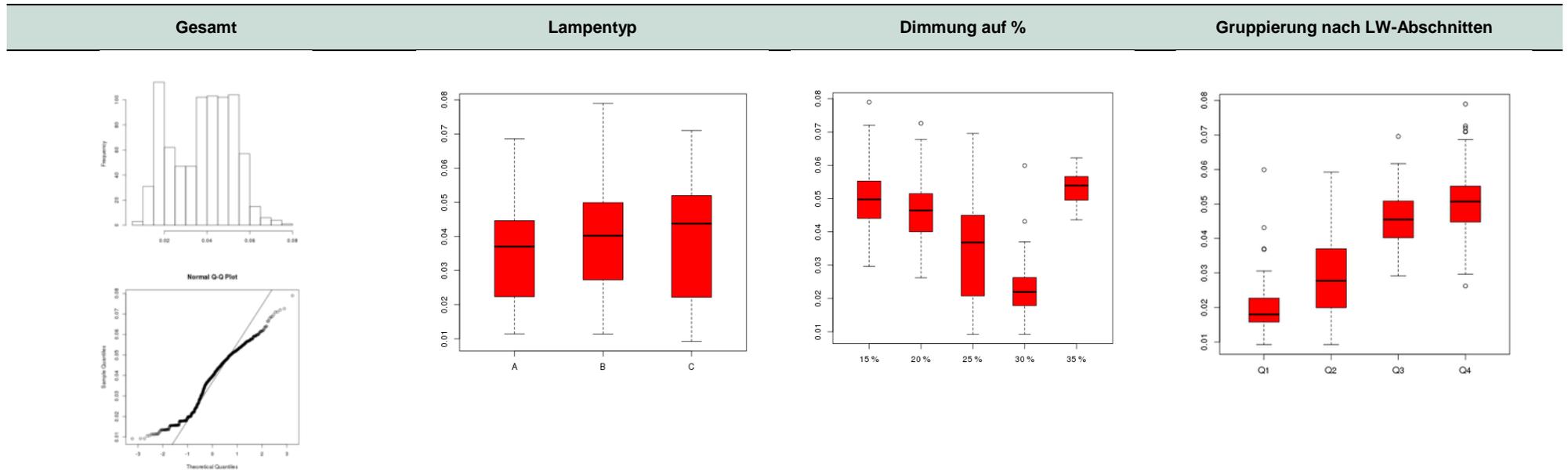
Tabelle 16: Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max	n	Ø	s	n	Ø	s	n	Ø	s			
10862848	0,945	0,04	0,832	1,018	<b>A</b>	3585656	0,943	0,043	<b>15</b>	1807927	0,873	0,019	<b>Q1</b>	2068306	0,959	0,022
					<b>B</b>	3622138	0,944	0,045	<b>20</b>	567079	0,902	0,019	<b>Q2</b>	2921020	0,977	0,007
					<b>C</b>	3655054	0,949	0,032	<b>25</b>	6841572	0,969	0,014	<b>Q3</b>	2871612	0,963	0,009
								<b>30</b>	1073139	0,947	0,022	<b>Q4</b>	3001910	0,892	0,032	
								<b>35</b>	573131	0,952	0,011					

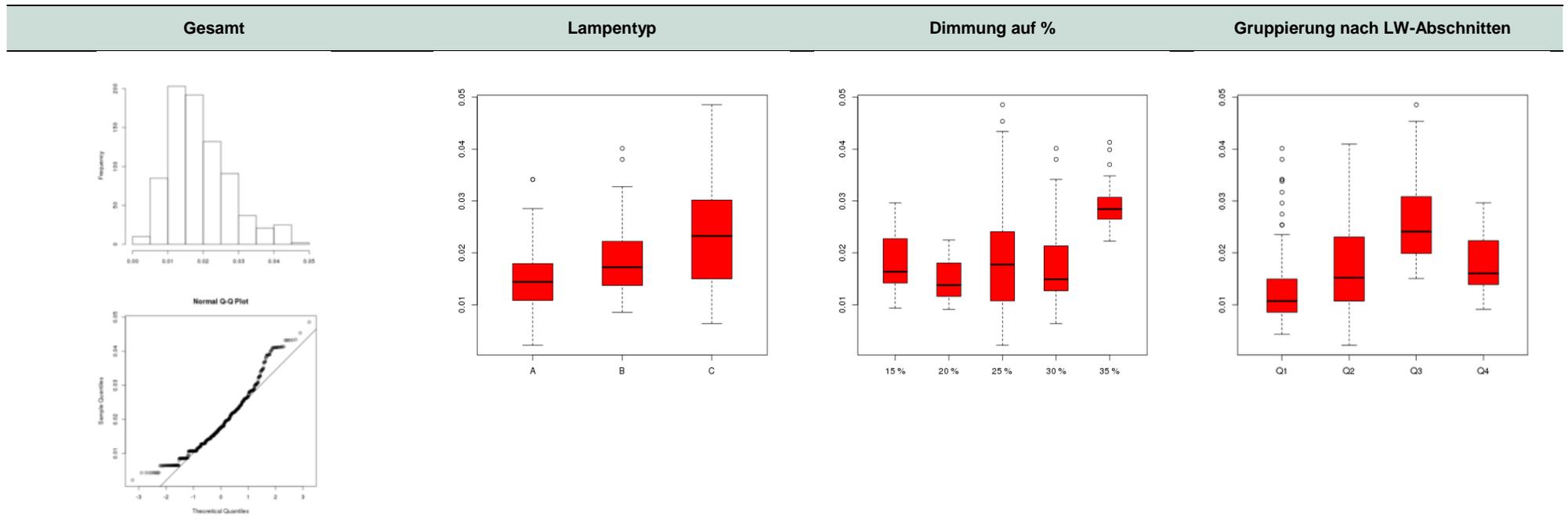
Tabelle 17: B-Ware je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max	A	n	Ø	s	15%	n	Ø	s	Q1	n	Ø	s
10862848	0,038	0,014	0,009	0,079	A	3585656	0,035	0,013	15	1807927	0,050	0,009	Q1	2068306	0,020	0,007
					B	3622138	0,039	0,014	20	567079	0,047	0,009	Q2	2921020	0,028	0,010
					C	3655054	0,039	0,016	25	6841572	0,034	0,013	Q3	2871612	0,046	0,007
									30	1073139	0,023	0,007	Q4	3001910	0,050	0,008
									35	573131	0,054	0,005				

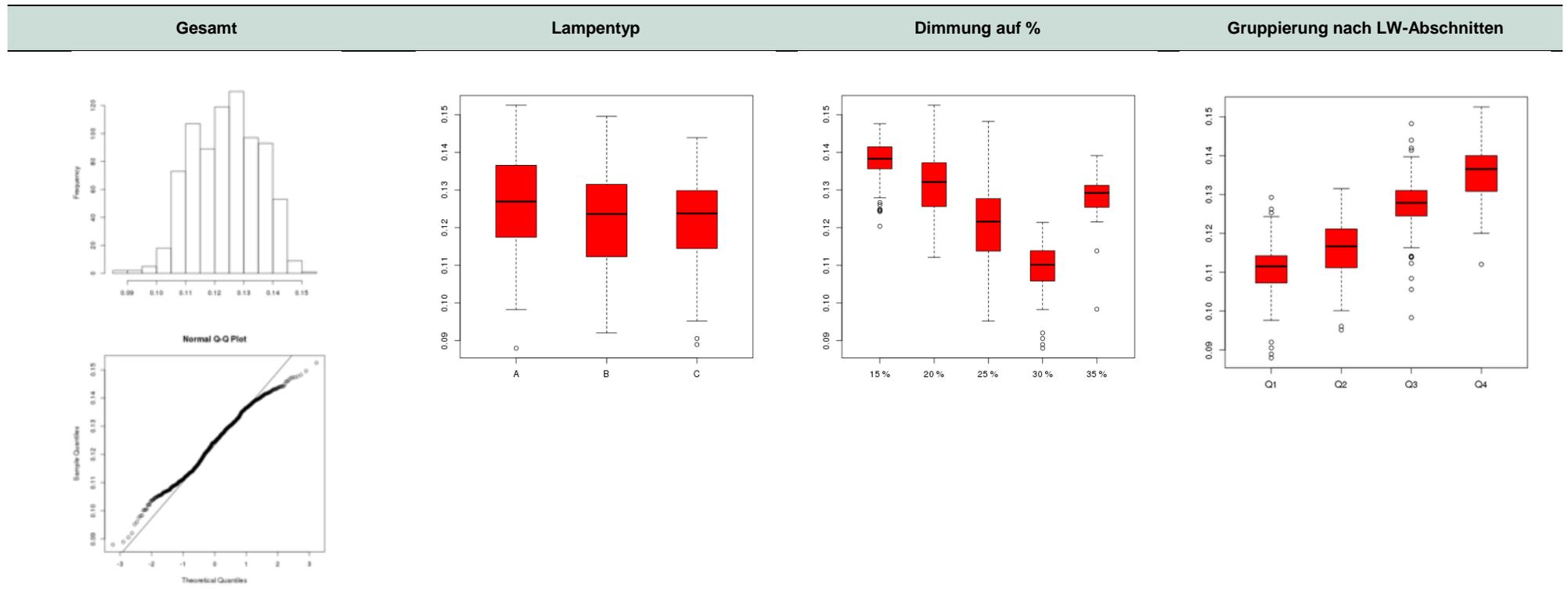
**Tabelle 18: Verlegte Eier je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1)**



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
10862848	0,019	0,009	0,002	0,049	<b>A</b>	3585656	0,014	0,006	<b>15</b>	1807927	0,018	0,005	<b>Q1</b>	2068306	0,013	0,007
					<b>B</b>	3622138	0,018	0,006	<b>20</b>	567079	0,015	0,004	<b>Q2</b>	2921020	0,017	0,008
					<b>C</b>	3655054	0,024	0,010	<b>25</b>	6841572	0,019	0,010	<b>Q3</b>	2871612	0,026	0,008
									<b>30</b>	1073139	0,017	0,008	<b>Q4</b>	3001910	0,018	0,005
									<b>35</b>	573131	0,029	0,004				

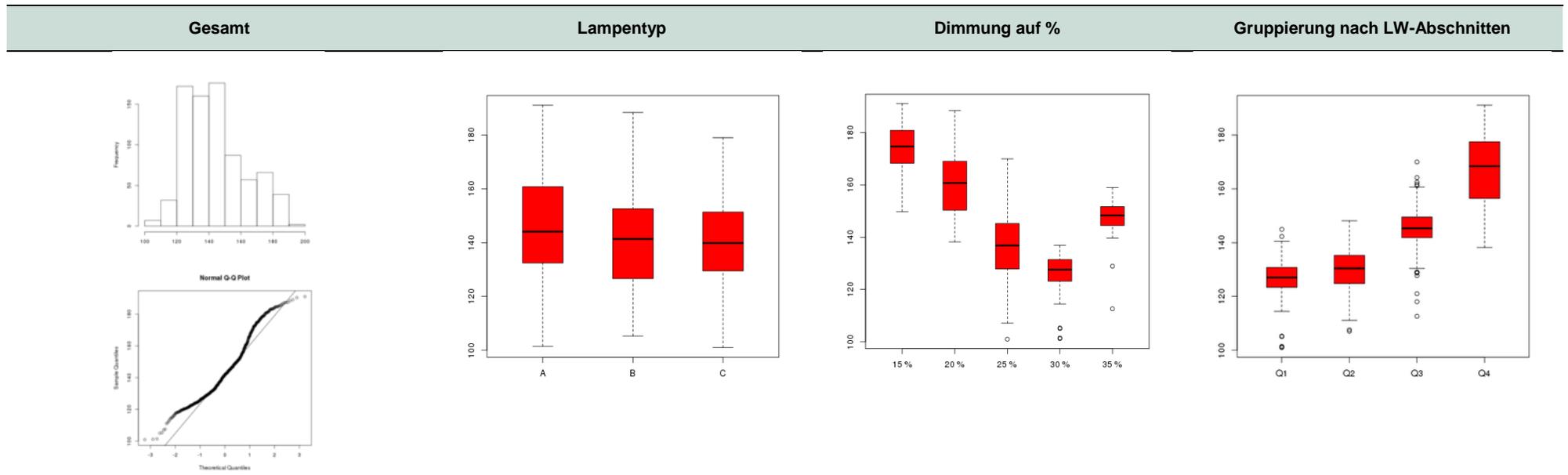
Tabelle 19: Futtermittelverbrauch in kg je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
11896658	0,124	0,011	0,088	0,152	<b>A</b>	3931555	0,127	0,012	<b>15</b>	1989262	0,138	0,005	<b>Q1</b>	2260201	0,111	0,006
					<b>B</b>	3964897	0,123	0,011	<b>20</b>	622412	0,132	0,008	<b>Q2</b>	3193970	0,116	0,007
					<b>C</b>	4000206	0,122	0,010	<b>25</b>	7484160	0,121	0,009	<b>Q3</b>	3143254	0,128	0,006
									<b>30</b>	1173188	0,109	0,007	<b>Q4</b>	3299233	0,135	0,007
									<b>35</b>	627636	0,128	0,006				

Tabelle 20: Futtermittelverbrauch in kg je 1.000 Eier (Standort 1, Durchgang 1)

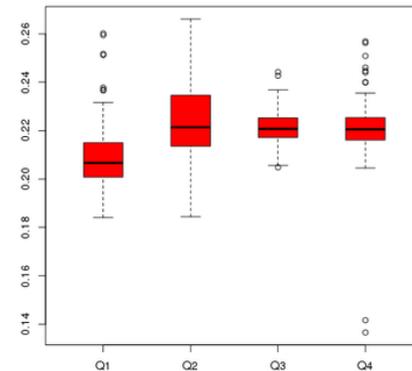
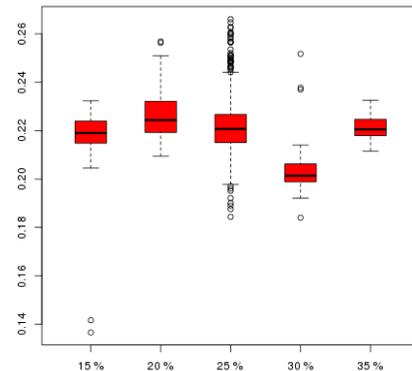
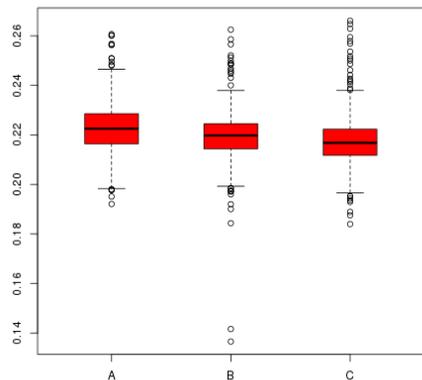
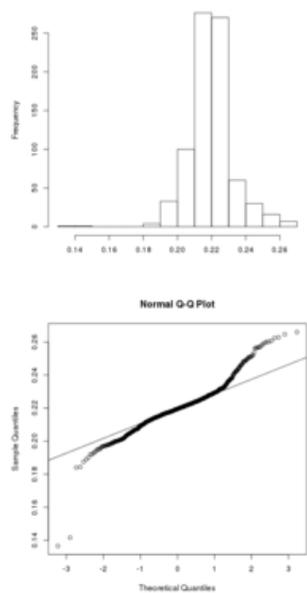


Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max	n	Ø	s	n	Ø	s	n	Ø	s			
10862848	144,148	18,635	100,946	191,130	<b>A</b>	3585656	147,938	19,903	<b>15</b>	1807927	173,760	9,157	<b>Q1</b>	2068306	126,424	7,176
					<b>B</b>	3622138	143,062	19,475	<b>20</b>	567079	160,691	12,130	<b>Q2</b>	2921020	130,174	7,528
					<b>C</b>	3655054	141,445	15,686	<b>25</b>	6841572	136,794	11,474	<b>Q3</b>	2871612	145,233	7,408
									<b>30</b>	1073139	126,240	7,502	<b>Q4</b>	3001910	167,145	12,569
									<b>35</b>	573131	147,056	7,820				

Tabelle 21: Wasserverbrauch in l je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 1)

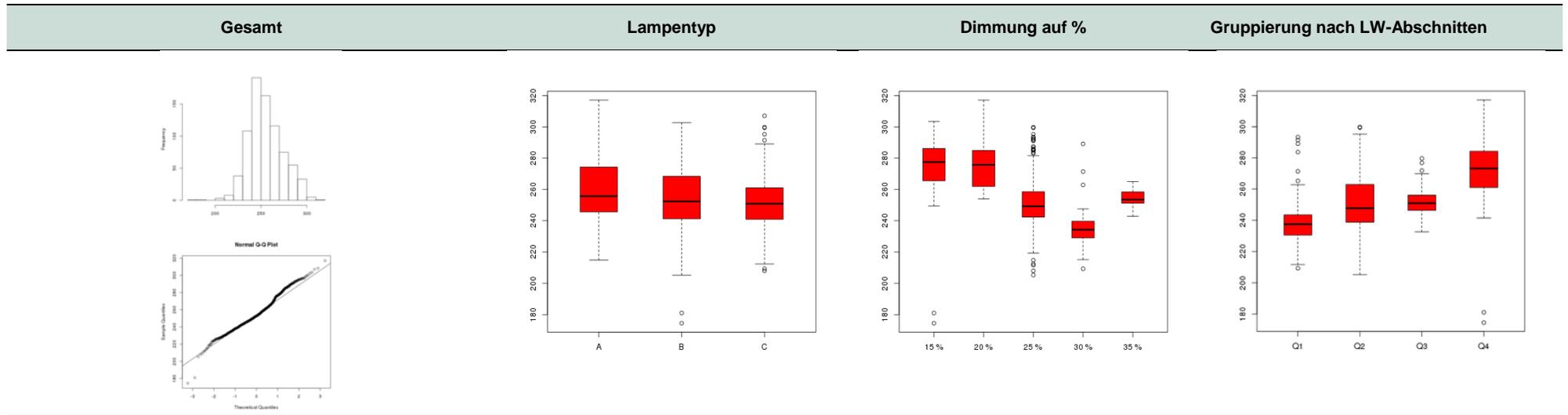
Gesamt	Lampentyp	Dimmung auf %	Gruppierung nach LW-Abschnitten
--------	-----------	---------------	---------------------------------



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
11896658	0,220	0,013	0,137	0,266	<b>A</b>	3931555	0,223	0,012	<b>15</b>	1989262	0,218	0,011	<b>Q1</b>	2260201	0,210	0,013
					<b>B</b>	3964897	0,219	0,014	<b>20</b>	622412	0,227	0,012	<b>Q2</b>	3193970	0,225	0,016
					<b>C</b>	4000206	0,218	0,013	<b>25</b>	7484160	0,222	0,012	<b>Q3</b>	3143254	0,222	0,006
									<b>30</b>	1173188	0,204	0,010	<b>Q4</b>	3299233	0,221	0,011
									<b>35</b>	627636	0,222	0,005				

Tabelle 22: Wasserverbrauch in l je 1.000 Eier (Standort 1, Durchgang 1)

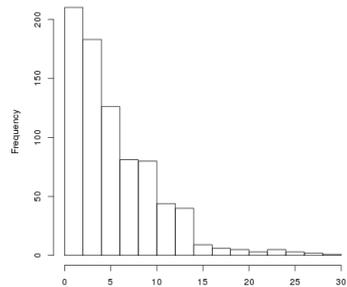


Test-NV: \*\*\*

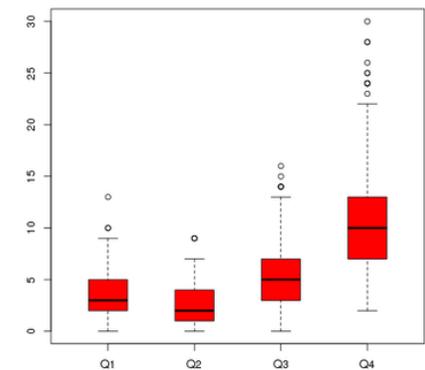
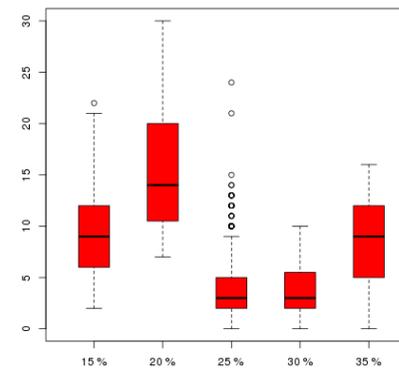
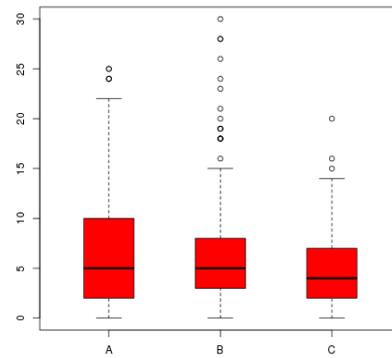
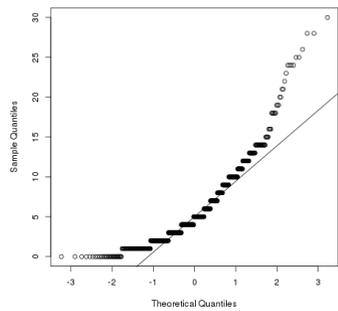
n	Ø	s	min	max	n	Ø	s	n	Ø	s	n	Ø	s			
10862848	255,251	18,857	174,492	317,073	<b>A</b>	3585656	259,708	19,337	<b>15</b>	1807927	275,486	17,144	<b>Q1</b>	2068306	238,692	13,537
					<b>B</b>	3622138	254,693	20,031	<b>20</b>	567079	276,306	15,803	<b>Q2</b>	2921020	251,556	17,883
					<b>C</b>	3655054	251,352	16,085	<b>25</b>	6841572	250,789	14,487	<b>Q3</b>	2871612	251,835	7,860
									<b>30</b>	1073139	235,206	11,097	<b>Q4</b>	3001910	272,253	16,744
									<b>35</b>	573131	254,727	5,852				

**Tabelle 23: Verluste in % je Tag (Standort 1, Durchgang 1)**

**Gesamt                                      Lampentyp                                      Dimmung auf %                                      Gruppierung nach LW-Abschnitten**



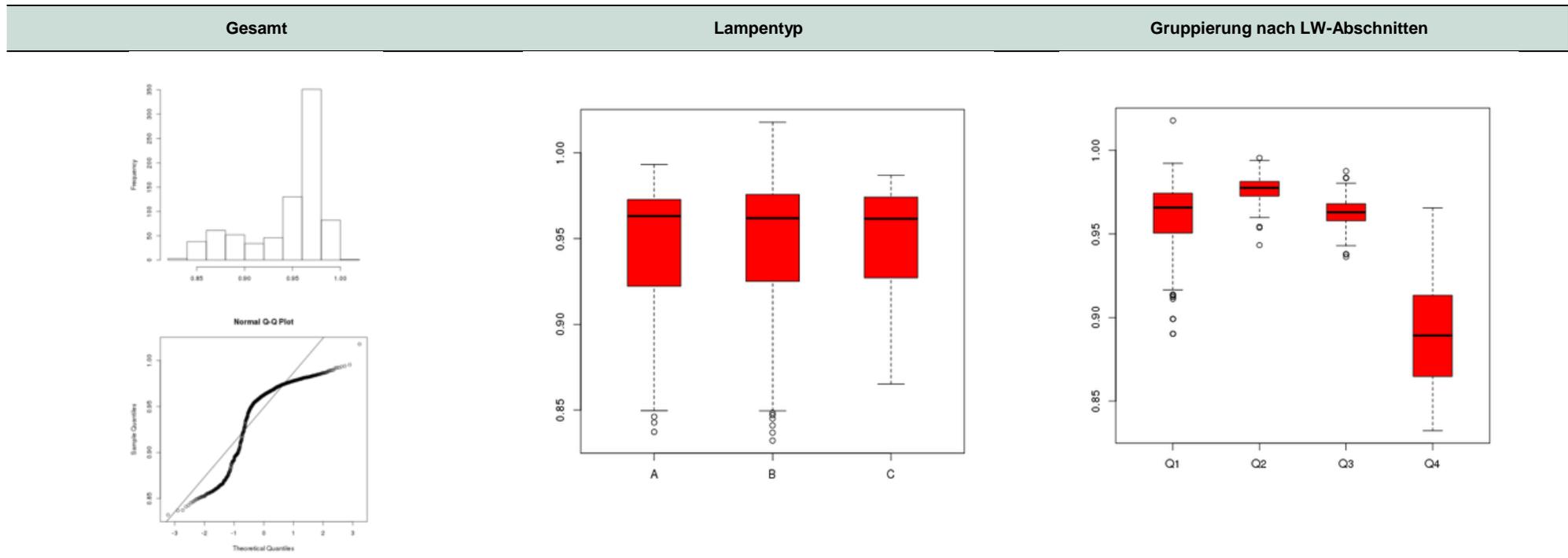
Normal Q-Q Plot



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max	n	Ø	s	n	Ø	s	n	Ø	s			
11896658	0,044	0,037	0	0,227	<b>A</b>	3931555	0,049	0,039	<b>15</b>	1989262	0,072	0,030	<b>Q1</b>	2260201	0,025	0,017
					<b>B</b>	3964897	0,048	0,041	<b>20</b>	622412	0,121	0,050	<b>Q2</b>	3193970	0,020	0,013
					<b>C</b>	4000206	0,035	0,028	<b>25</b>	7484160	0,030	0,025	<b>Q3</b>	3143254	0,039	0,024
								<b>30</b>	1173188	0,028	0,018	<b>Q4</b>	3299233	0,083	0,039	
								<b>35</b>	627636	0,063	0,027					

Tabelle 24: Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)\*



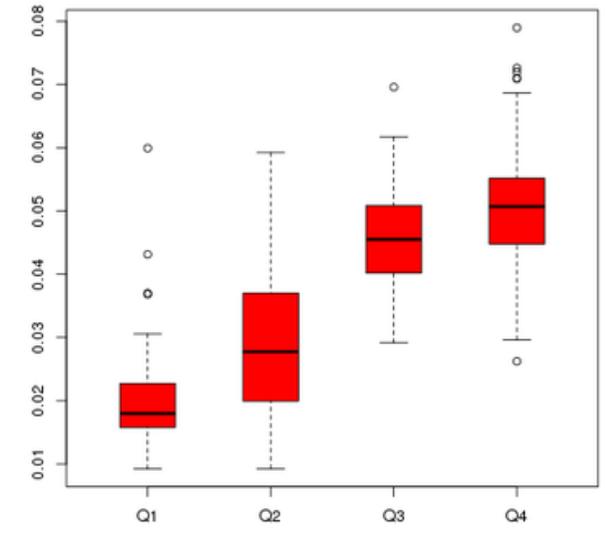
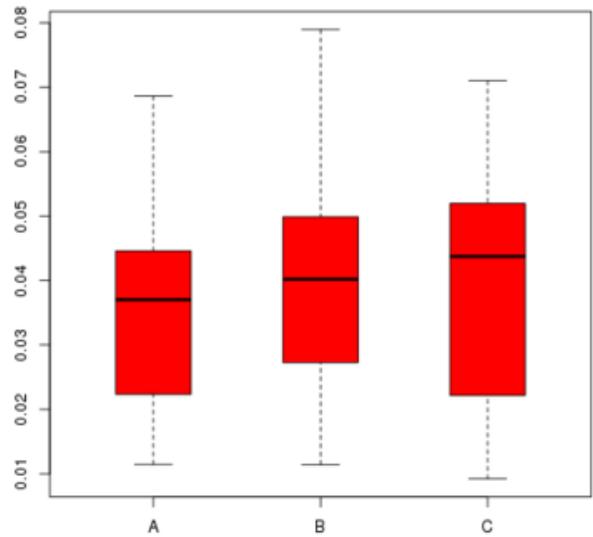
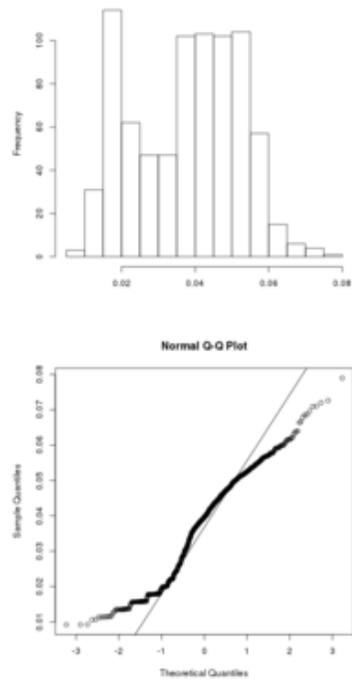
Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s
11184041	0,956	0,027	0,831	1,097	<b>A</b>	3741349	0,960	0,029	<b>Q1</b>	2095693	0,952	0,026
					<b>B</b>	3719110	0,955	0,027	<b>Q2</b>	2969565	0,974	0,029
					<b>C</b>	3723582	0,954	0,024	<b>Q3</b>	2939354	0,966	0,013
									<b>Q4</b>	3179429	0,934	0,017

\* Dimmung auf 30 %, keine unterschiedlichen Dimmstufen

Tabelle 25: B-Ware je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)\*

Gesamt	Lampentyp	Gruppierung nach LW-Abschnitten
--------	-----------	---------------------------------

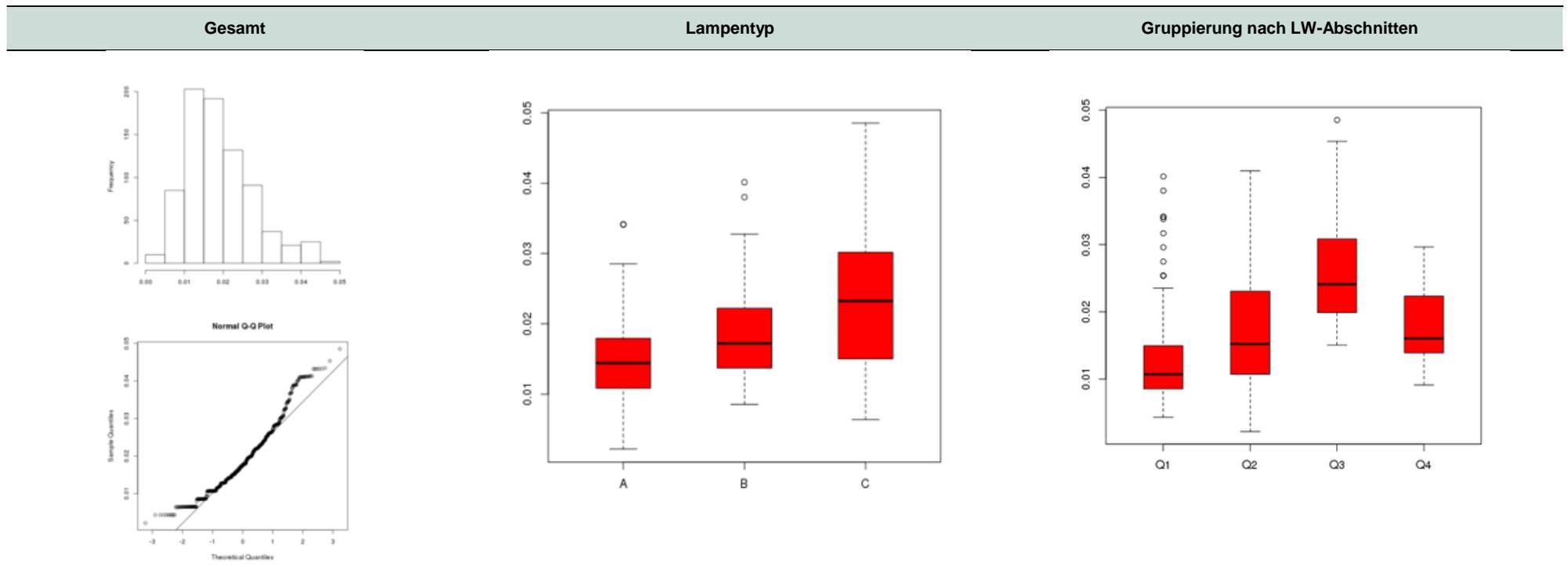


Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s
11184041	0,025	0,008	0,002	0,058	<b>A</b>	3741349	0,026	0,009	<b>Q1</b>	2095693	0,016	0,005
					<b>B</b>	3719110	0,022	0,006	<b>Q2</b>	2969565	0,021	0,006
					<b>C</b>	3723582	0,026	0,008	<b>Q3</b>	2939354	0,027	0,007
									<b>Q4</b>	3179429	0,031	0,007

\* Dimmung auf 30 %, keine unterschiedlichen Dimmstufen

Tabelle 26: Verlegte Eier je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)\*

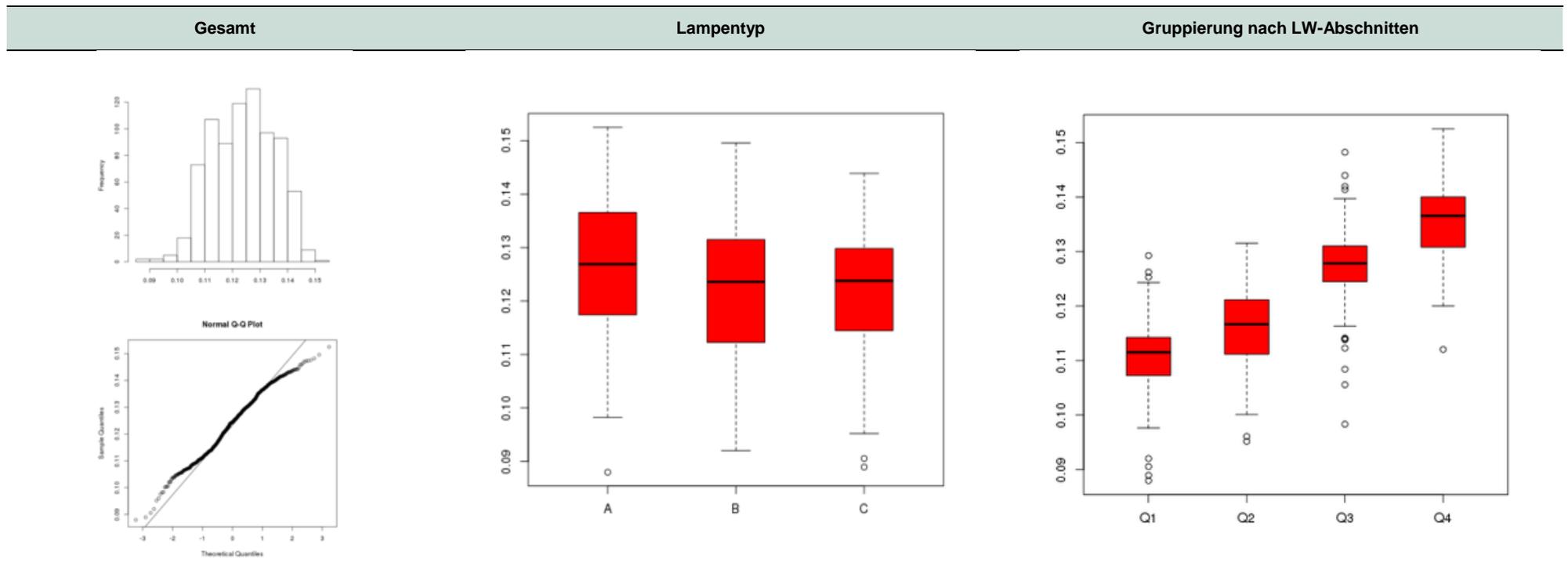


Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max	A	n	Ø	s	Q1	n	Ø	s
11184041	0,016	0,007	0,004	0,041	B	3741349	0,019	0,005	Q2	2095693	0,015	0,005
					C	3719110	0,011	0,004	Q3	2969565	0,016	0,007
						3723582	0,017	0,009	Q4	2939354	0,019	0,008
										3179429	0,014	0,007

\* Dimmung auf 30 %, keine unterschiedlichen Dimmstufen

Tabelle 27: Futtermittelverbrauch in kg je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)\*

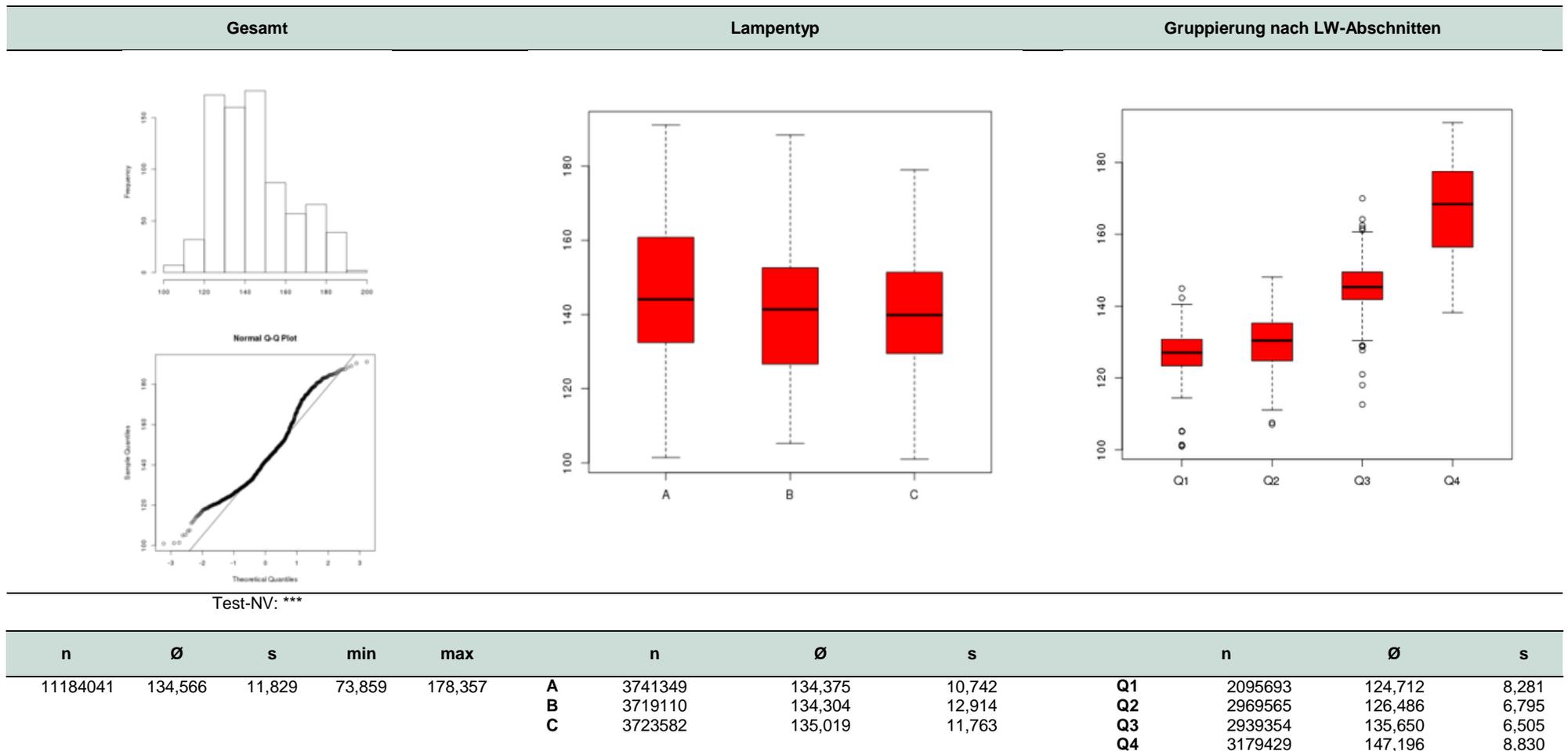


Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s
12225573	0,118	0,009	0,064	0,156	<b>A</b>	4089786	0,118	0,008	<b>Q1</b>	2288899	0,206	0,013
					<b>B</b>	4065938	0,117	0,009	<b>Q2</b>	3244029	0,212	0,010
					<b>C</b>	4069849	0,118	0,009	<b>Q3</b>	3212986	0,213	0,006
									<b>Q4</b>	3479659	0,218	0,008

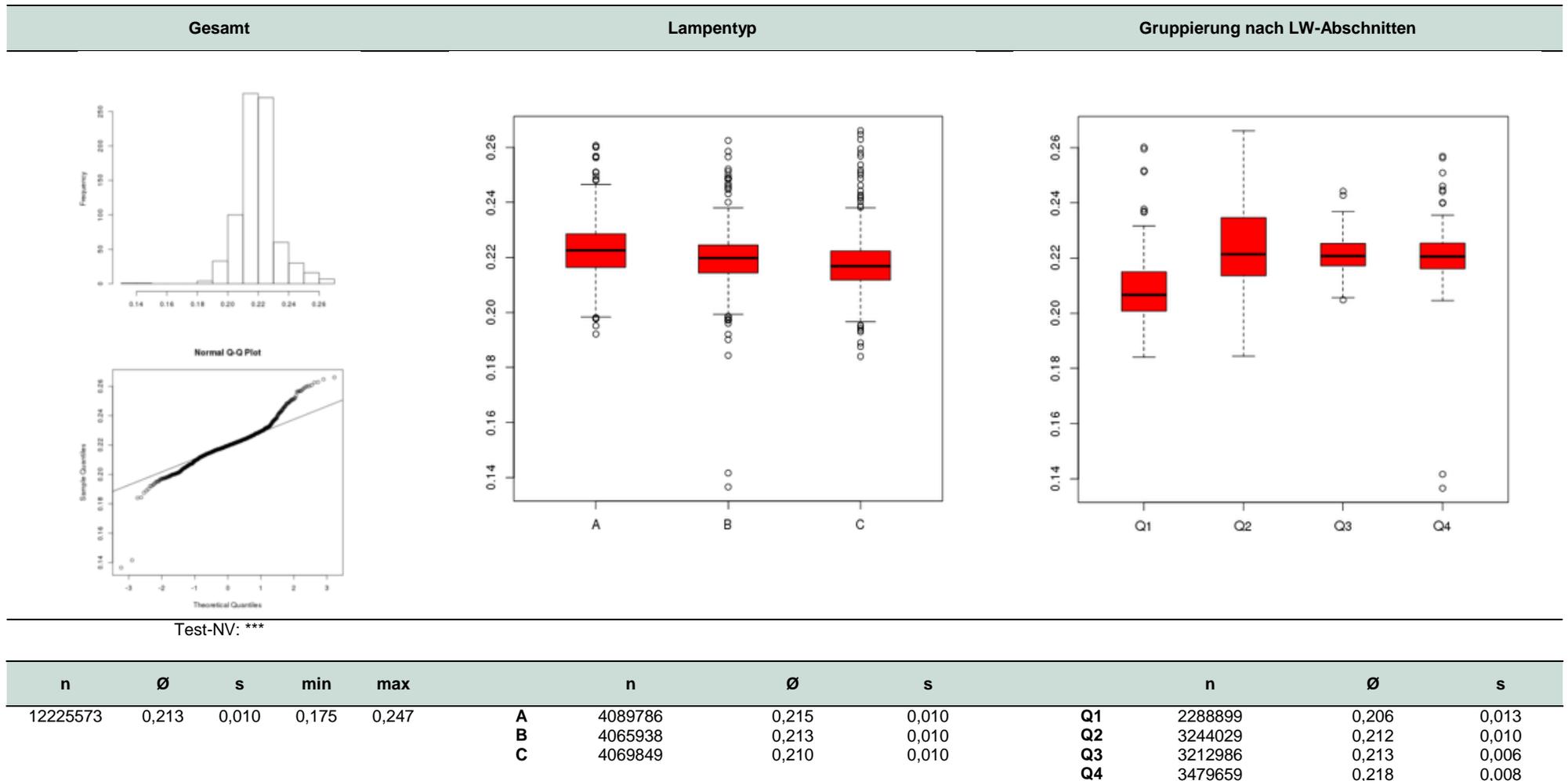
\* Dimmung auf 30 %, keine unterschiedlichen Dimmstufen

Tabelle 28: Futtermittelverbrauch in kg je 1.000 Eier (Standort 1, Durchgang 2)\*



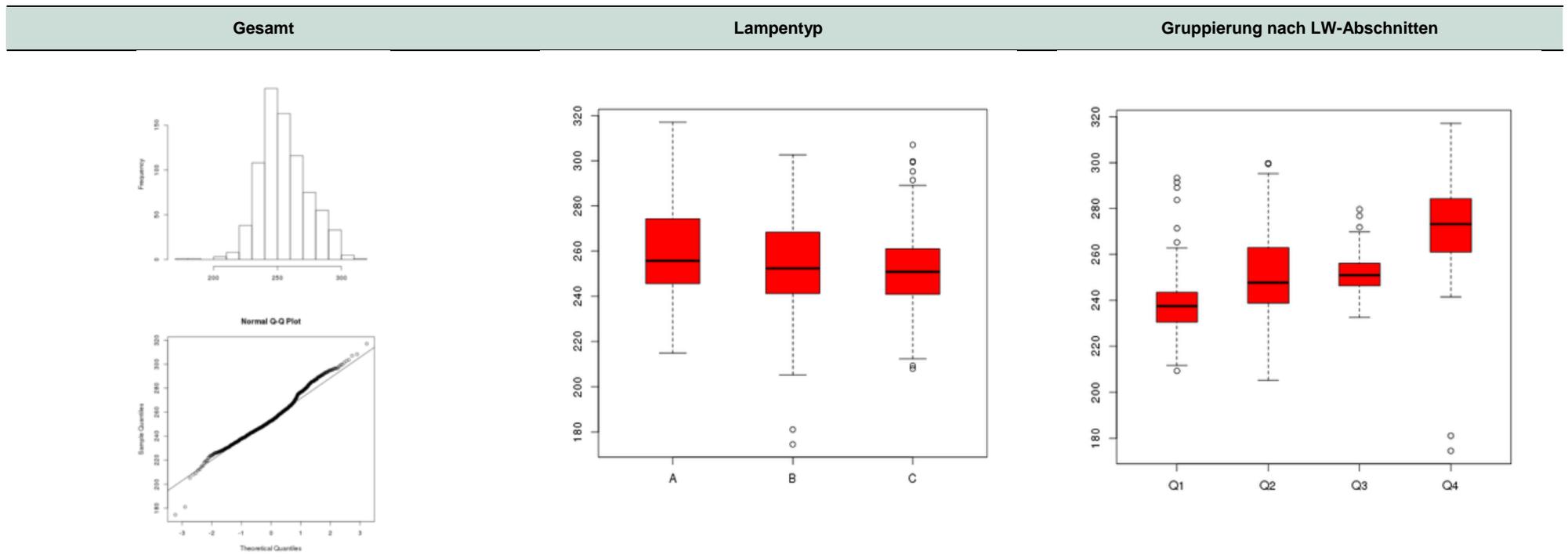
\* Dimmung auf 30 %, keine unterschiedlichen Dimmstufen

Tabelle 29: Wasserverbrauch in l je Tier und Tag (Standort 1, Durchgang 2)\*



\* Dimmung auf 30 %, keine unterschiedlichen Dimmstufen

Tabelle 30: Wasserverbrauch in l je 1.000 Eier (Standort 1, Durchgang 2)\*

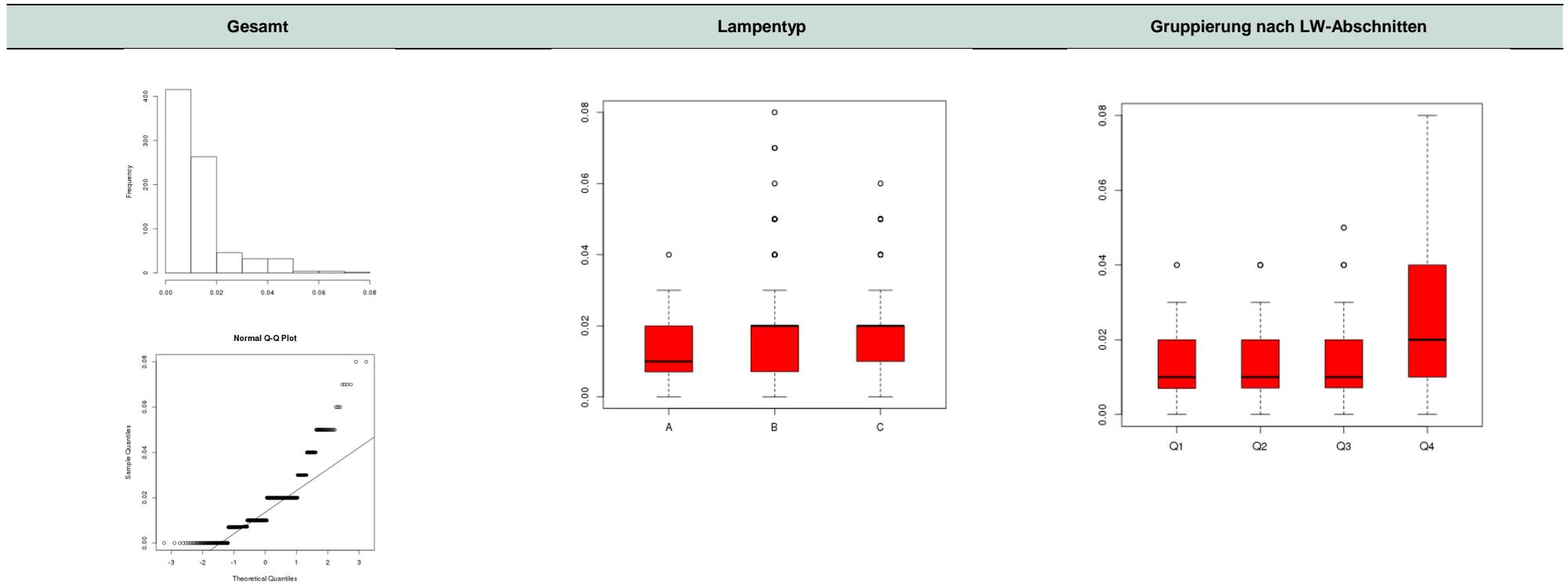


Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s
11184041	243,779	14,156	201,031	289,557	<b>A</b>	3741349	245,477	15,103	<b>Q1</b>	2095693	236,059	14,240
					<b>B</b>	3719110	244,538	14,323	<b>Q2</b>	2969565	237,837	13,182
					<b>C</b>	3723582	241,322	12,647	<b>Q3</b>	2939354	241,678	7,173
									<b>Q4</b>	3179429	256,003	11,688

\* Dimmung auf 30 %, keine unterschiedlichen Dimmstufen

Tabelle 31: Verluste in % je Tag (Standort 1, Durchgang 2)\*



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s
2166	0,019	0,040	0	8,910	<b>A</b>	518	0,014	0,009	<b>Q1</b>	286	0,014	0,010
					<b>B</b>	837	0,023	0,017	<b>Q2</b>	443	0,015	0,010
					<b>C</b>	811	0,022	0,014	<b>Q3</b>	480	0,016	0,011
									<b>Q4</b>	957	0,030	0,017

\* Dimmung auf 30 %, keine unterschiedlichen Dimmstufen

**Tabelle 32: Ergebnisse der Varianzanalyse und Multipler Mittelwertvergleich für den Standort 1**

Effekte im Modell	EierGes.	BWare	Verl. E	FuV	FuV1000	WaV	WaV1000	Verluste
Durchgang	***	***	***	***	***	***	***	***
Lampentyp		***	***	***	***	***	***	***
LW-Abschnitt	***	***	***	***	***	***	***	***
Dimmung	***	***	***	***	***	***	***	***
Temperatur (früh)						***	**	
Luftfeuchte (früh)	***		*	*	***		*	
DG 1	0,945a	0,0377a	0,0189a	0,124a	144,15a	0,220a	255,25a	0,044a
DG 2	0,956b	0,0247b	0,0158b	0,118b	134,56b	0,213b	243,78b	0,019b
A	0,951a	0,0303a	0,0169a	0,122a	141,16a	0,219a	252,59a	0,031a
B	0,949a	0,0304ac	0,0147b	0,120b	138,68ab	0,216ab	249,62ac	0,035a
C	0,951a	0,0328bc	0,0206c	0,120cb	138,23b	0,214b	246,34bc	0,029ab
Q1	0,956a	0,0182a	0,0140a	0,110a	125,57a	0,208a	237,38a	0,019a
Q2	0,975b	0,0247b	0,0163b	0,114b	128,33b	0,218bd	244,70b	0,017a
Q3	0,964c	0,0366c	0,0228c	0,124c	140,44c	0,217cd	246,76cb	0,028b
Q4	0,913d	0,0403d	0,0156ab	0,130d	157,17d	0,219d	264,13d	0,056c
auf 15 %	0,873a	0,0499a	0,0177a	0,138a	173,76a	0,218a	275,48a	0,072a
auf 20 %	0,902b	0,0467ad	0,0153ac	0,132be	160,69b	0,227b	276,30a	0,121b
auf 25 %	0,969c	0,0344b	0,0190ac	0,121c	136,79c	0,222abd	250,79ce	0,030c
auf 30 %	0,955d	0,0245c	0,0160ac	0,117d	133,84d	0,212c	243,03d	0,020d
auf 35 %	0,952d	0,0535ad	0,0289b	0,128e	147,06e	0,221ad	254,73e	0,063a

\*\*\* p<0.001 \*\* p<0.01 \* p<0.05

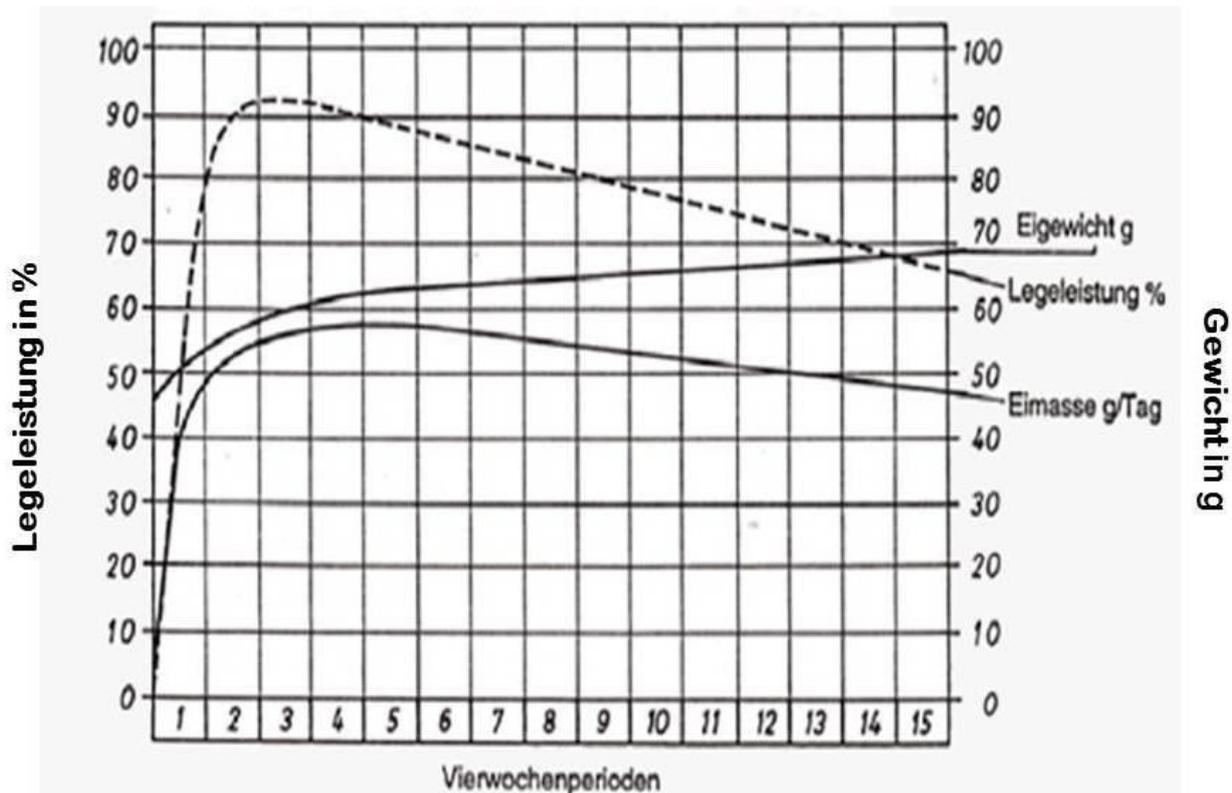
### Legeleistung

Die mittleren Legeraten je Tier und Tag waren zwischen der 23. und 60. Lebenswoche mit 0,945 Eiern je Tier und Tag (=94,5 %) im Durchgang 1 und 0,956 Eiern je Tier und Tag (95,6 %) im Durchgang 2 hoch. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass hier Legebeginn und Legeende nicht in die Berechnung einbezogen werden konnten, weshalb diese Werte eigentlich noch nach unten zu korrigieren wären. Dennoch bewegen sich die mittleren Legeraten über einen Zeitraum von 38 Wochen in einem Leistungsbereich, den das Zuchtunternehmen für die Hybridherkunft LSL-classic als Produktionsspitze (94 bis 96 % Legerate) ausweist.

Während der Lampentyp keinen Einfluss auf die Legerate hatte, wurden zwischen den Durchgängen, den Lebenswoche-Abschnitten und den verschiedenen Dimmstufen gesicherte Unterschiede in der täglichen Legeleistung ermittelt.

Die etwas geringere Legeleistung im 1. Durchgang könnte im Zusammenhang mit einem verstärkt beobachteten Agonismus und Pickverhalten stehen. Bedingt dadurch hatten die Hennen bereits frühzeitig massive Gefiederschäden, was zu einer Beeinträchtigung der Gesundheit führt. Dies belegen auch die höheren Tierverluste im 1. Durchgang.

Die Unterschiede zwischen den LW-Abschnitten sind begründet in der genetisch determinierten Legekurve einer Herde. Diese erreicht ca. 8 Wochen nach Legebeginn ihr Maximum und fällt danach allmählich wieder ab. Mit abnehmender Legeintensität erhöht sich gleichzeitig das Einzeleigewicht (Abbildung 15).



**Abbildung 15: Verlauf der Legeleistung bzw. des Eigewichts**

(Quelle: TERNES et al. 1994)

Weil der Peak der Legekurve im LW-Abschnitt Q2 liegt, ist demzufolge auch die Legerate hier mit 0,975 Eiern je Tier und Tag (= 97,5 %) signifikant am höchsten. Die Legespitze liegt somit auch über der vom Zuchtunternehmen angeführten Produktionsspitze. In den folgenden LW-Abschnitten sinkt dann die Legerate allmählich, aber signifikant.

Zwischen den Dimmstufen 35 und 30 % waren keine gesicherten Unterschiede in der Legeleistung festzustellen. Ab einer Dimmung auf 25 % sank die Legerate jedoch signifikant von 96,9 auf 87,3 % bei Dimmung auf 15 %. Bei genauer Betrachtung der Urdaten wird deutlich, dass im Durchgang 1 mit fortschreitendem Alter der Hennen stärker gedimmt werden musste, weil das Stallpersonal zunehmend agonistisches und aggressives Pickverhalten feststellte. Damit verfälscht vermutlich der Alterseffekt den theoretischen Einfluss der Dimmstufen.

### Anteil B-Ware

Auf den Anteil B-Ware (Schmutz- und Knickeier) hatten alle geprüften Faktoren einen signifikanten Einfluss. Im Durchgang 1 wurden durchschnittlich 0,0377 Eier je Tier und Tag bzw. 3,77 % als B-Ware ausgesondert, im Durchgang 2 waren es 2,47 %. Der höhere Anteil B-Ware im 1. Durchgang könnte wiederum mit dem beobachteten agonistischen Verhalten in Zusammenhang stehen. Die Hennen waren nervös, wodurch mehr Eier verletzt wurden und damit verschmutzt waren bzw. Knickschäden aufwiesen. Weil die Eiablage in Gruppennestern erfolgte, besteht auch die Möglichkeit der Verschmutzung und Beschädigung der Eier durch aggressive oder unruhige Hennen im Nestbereich. Aber auch die schlechte bzw. fehlende Befiederung an der Kloake, die somit schnell verschmutzt oder auch angepickt wird, könnte eine Ursache sein.

Während zwischen den tageslichtähnlichen Lampentypen (A und B) keine Unterschiede im Anteil B-Ware bestanden, hatte der Lampentyp C im Vergleich zu den beiden anderen Ställen signifikant mehr Schmutz- und Knickeier. Weil auch der Anteil verlegter Eier bei diesem Lampentyp am höchsten war, könnte ein Zusammenhang zum Anteil B-Ware bestehen.

Mit fortschreitendem Alter der Tiere stieg der Anteil B-Ware. Diese Entwicklung geht einher mit einem Anstieg der verlegten Eier bis zum LW-Abschnitt Q3. Durch die Eiablage außerhalb des Nestes sind die Eier möglicherweise vermehrt verschmutzt oder beschädigt. Für den LW-Abschnitt Q4 ist die Begründung jedoch zu einseitig, weil hier der Anteil verlegter Eier wieder gesunken ist. Im Verlauf der Legeperiode verschlechtert sich die Eischalenqualität, insbesondere die Schalendicke. Dies wiederum hat Einfluss auf die Bruchfestigkeit der Eier, was den höheren Anteil B-Ware im letzten LW-Abschnitt mitverursacht haben könnte.

Die Dimmstufen haben zwar auch einen Effekt auf den Anteil B-Ware, aber hier könnte das zunehmend stärkere Dimmen des Lichts im Verlauf der Legeperiode im 1. Durchgang den Einfluss der Dimmung verfälschen.

### Anteil verlegter Eier

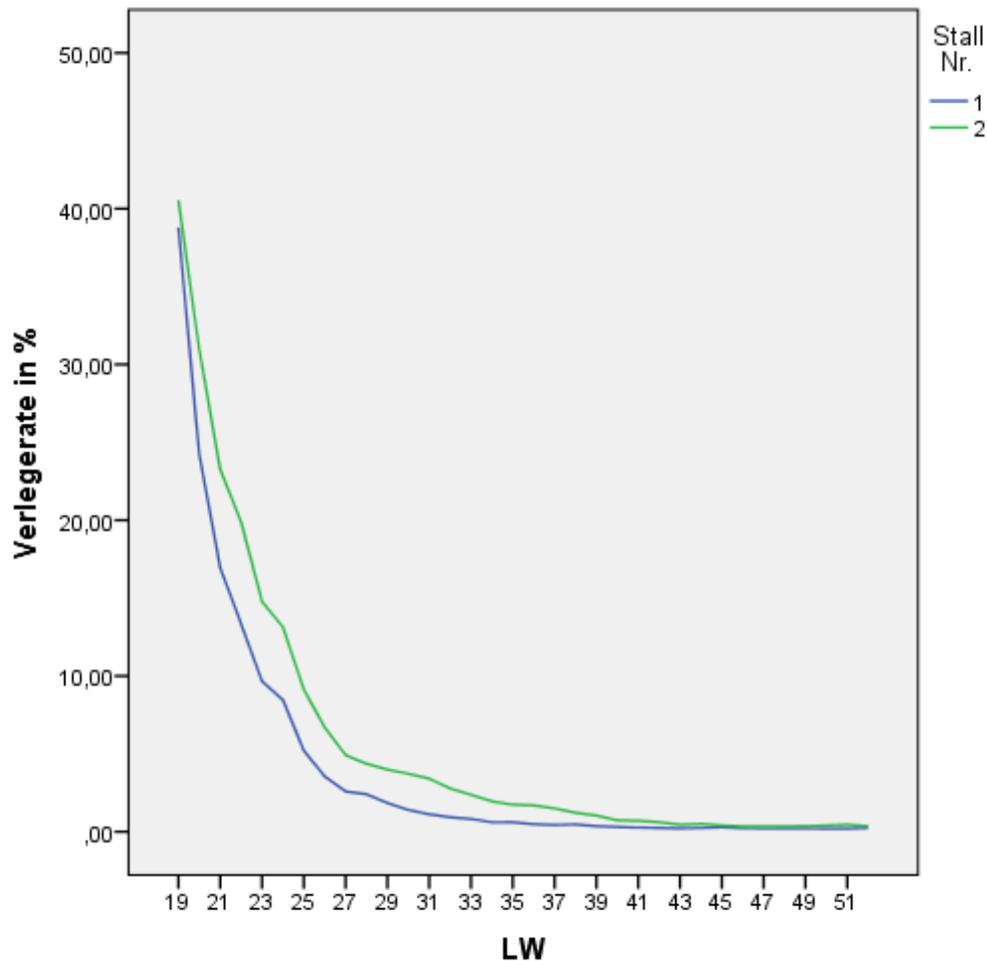
Im Legehennenalter beeinflussen verschiedene Faktoren die Nestakzeptanz und damit die Verlegerate. Insbesondere sind eine ausreichende Anzahl der zur Verfügung stehenden Nester und deren Attraktivität von Bedeutung. Weil jedoch beide Durchgänge in den gleichen Ställen durchgeführt wurden und auch keine Überbelegung stattgefunden hat, sind die signifikanten Unterschiede im Anteil verlegter Eier zwischen den beiden Durchgängen (DG1: 0,0189; DG 2: 0,0158 verlegte Eier je Tier und Tag) nicht auf eine veränderte Nestakzeptanz zurückzuführen. Allerdings können Unruhe, Schreckhaftigkeit oder Aggressivität in der Herde, wie sie im 1. Durchgang vorgekommen sind, die Eiablage in das Nest stören, sodass öfter Eier im System oder im Scharraum verlegt werden. Die Anwesenheit eines Eies in einem bestimmten Stallbereich macht diesen Ort wiederum noch attraktiver für ein weiteres Verlegen.

Zwischen den Lampentypen wurden ebenfalls gesicherte Unterschiede im Anteil verlegter Eier festgestellt. Dabei wies der Lampentyp C mit 0,0206 verlegten Eiern je Tier und Tag bzw. 2,06 % den höchsten Anteil auf. LEWIS & MORRIS (2006) stellten fest, dass Hühner die spektralen Bereiche 520–540 nm und 580–600 nm dunkler wahrnehmen als der Mensch. Der Lampentyp C weist im Vergleich zu den anderen hohe Intensitäten in diesen Bereichen auf, d. h. das Licht des Lampentyps C könnte dunkler wahrgenommen werden. Hennen präferieren dunkle Eiablageplätze. In den eigenen Messungen wurden unter der Voliere im Scharraum z. T. geringe Beleuchtungsstärken ermittelt. Empfindet nun die Henne unter dem Lampentyp C diesen Bereich noch dunkler als die Henne bei Lampentyp A oder B, so ist dies für sie ein größerer Anreiz, ihr Ei dort abzulegen.

Die LW-Abschnitte hatten ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf den Anteil verlegter Eier. Die Ergebnisse sind jedoch schwierig zu interpretieren, weil, wie bereits erwähnt, eine Vielzahl von Faktoren einen plötzlichen Anstieg auslösen kann.

Aus der Abbildung 16 ist zu erkennen, dass zu Beginn der Legeperiode die Verlegerate normalerweise sehr hoch ist. Aufgrund mangelnder Erfahrungen unternehmen die jungen Hennen zu diesem Zeitpunkt noch keine zielgerichtete Nestsuche bei den ersten Eiablagen. Diese Unerfahrenheit führt zum vermehrten Verlegen zu Legebeginn. Unterstützt durch entsprechende Managementmaßnahmen erfolgt später ein Lernprozess bei den jungen Tieren, der zur Entwicklung von Nestpräferenzen führt.

Somit hätte der Anteil verlegter Eier zu Legebeginn am höchsten sein müssen. Im LW-Abschnitt Q1 konnte jedoch die niedrigste Verlegerate festgestellt werden. Das deutet darauf hin, dass wesentliche Faktoren wie eine abgestimmte Junghennenaufzucht, eine stressfreie Umstellung in den Legehennenstall und ein Management, das den Junghennen hilft, die Nester zu finden, umgesetzt wurden. Das untypische Ansteigen der Verlegeraten in den nachfolgenden LW-Abschnitten kann lediglich auf verschiedene Störgrößen während der Legeperiode, wie z. B. Stromausfall oder nicht geöffnete Nester zu Beginn des Lichttages, die jedoch im Einzelnen nicht bestimmt werden können, zurückgeführt werden.



**Abbildung 16: Verlauf der Verlegerate während der Legeperiode**

(Quelle: WEHLITZ et al. 2013)

Hinsichtlich der unterschiedlichen Verlegeraten bei den einzelnen Dimmstufen kann ebenfalls nur vermutet werden, dass hierfür wiederum andere Einflussfaktoren, die unbekannt sind, verantwortlich sind.

### **Futtermittelverbrauch je Tier und Tag sowie Futtermittelverbrauch je 1.000 Eier**

Der entscheidende Kostenfaktor in der Eierproduktion ist der Futteraufwand. Mit durchschnittlich 121 g je Tier und Tag liegt der Futtermittelverbrauch am Standort 1 an der oberen Grenze des Produktionsziels, das das Zuchtunternehmen für die Hybridherkunft Lohmann LSL-classic (110 bis 120 g je Tier und Tag) angibt. Grund hierfür ist vermutlich der Anteil Hähne in der Herde (10 %), die aufgrund ihres Körpergewichtes mehr Futter aufnehmen.

Auf die Merkmale Futterverbrauch und Verbrauch je 1.000 Eier hatten alle betrachteten Haupteffekte einen signifikanten Einfluss.

Im Durchgang 1 lag der durchschnittliche Futterverbrauch bei 124 g je Tier und Tag, im Durchgang 2 bei 118 g je Tier und Tag. Der im 1. Durchgang festgestellte Mehrverbrauch ist auf einen gesteigerten Energiebedarf der Hennen aufgrund der ausgedehnten Kahlstellen im Gefieder zurückzuführen. Den Energiebedarf ebenfalls erhöht haben dürften die vermehrten Aktivitäten bezüglich des agonistischen Verhaltens und des Pickverhaltens sowie das verminderte Ausruhverhalten im 1. Durchgang.

Von den drei Lampentypen hatte der Lampentyp A mit 122 g je Tier und Tag den höchsten Futterverbrauch im Vergleich zu jeweils 120 g bei den Lampen B und C.

Die vermehrte Futteraufnahme der Hennen hätte in Zusammenhang mit dem UV-Anteil des Lampentyps A stehen können. Wie bereits beschrieben, sehen Hühner unter UV-Licht ihre Haltungsumgebung in der „richtigen“ Farbe, was das Futter für sie attraktiver machen und zum Fressen anregen könnte. Die spektrale Messung im Labor des Instituts für Angewandte Photophysik der Technischen Universität Dresden (TUD) hatte jedoch keinen erhöhten UV-Anteil im Spektrum dieser Lampen gezeigt.

Mit zunehmendem Alter der Tiere stieg in den LW-Abschnitten der Futterverbrauch von 110 g (Q1) kontinuierlich auf 130 g je Tier und Tag bei Legeende (Q4). Zum einen ist dieser Anstieg mit einer Erhöhung der Legeleistung bis zum LW-Abschnitt Q2 verbunden. Im Verlauf der Legeperiode geht die Legeintensität zwar zurück, es erhöht sich aber gleichzeitig das Einzeleigewicht (Abbildung 15). Hinzu kommt eine Verschlechterung der Futterverwertung mit zunehmendem Alter der Tiere, wodurch sich insbesondere der Futterverbrauch je 1.000 Eier weiter erhöht hat.

Mit zunehmender Dimmung stieg ebenfalls signifikant der Futterverbrauch von 117 g auf 138 g je Tier und Tag. Weil das Licht aber im Verlauf der Legeperiode kontinuierlich nach unten gedimmt wurde und der Futterverbrauch stetig stieg, ist weniger von einem Effekt der Dimmung als vielmehr der Lebenswochen auszugehen.

Der Futteraufwand je 1.000 Eier lag insgesamt bei 139,36 kg. Auch auf den Futteraufwand je 1.000 Eier hatten der Durchgang, der Lampentyp, der LW-Abschnitt und die Dimmung signifikante Effekte. Weil sich ein erhöhter Futterverzehr nicht in einer Steigerung der Legeleistung niederschlug, d. h. der Futteraufwand je 1.000 Eier nicht sank, beeinflussen die vier Haupteffekte den Futterverbrauch je 1.000 Eier in gleicher Weise wie den Futterverbrauch je Tier und Tag.

### **Wasserverbrauch je Tier und Tag sowie Wasserverbrauch je 1.000 Eier**

Insgesamt lag der Wasserverbrauch bei 216 ml je Tier und Tag bzw. bei 249,51 l je 1.000 Eier. Der Wasserverbrauch einer Henne entspricht bei normaler Umgebungstemperatur (20 °C) in etwa dem 1,6-Fachen der Trockenfutteraufnahme. Unter Beachtung, dass beim Einsatz von Nippeltränken zusätzlich Spritzwasser anfällt, sollte von einem Verhältnis 1 : 1,8 ausgegangen werden.

Zwischen Futterverzehr und Höhe des Wasserverbrauchs besteht also ein enger Zusammenhang. Deshalb sind die Effekte, die auf den Wasserverbrauch wirken, die gleichen wie auf den Futterverbrauch. Das gilt ebenso für den Wasserverbrauch je 1.000 Eier.

## Tierverluste

Die Tierverluste lagen, über den gesamten Untersuchungszeitraum berechnet, mit 0,031 % pro Tag sehr niedrig. Bezüglich der Verlustraten waren ebenfalls beim Durchgang, dem Lampentyp, dem LW-Abschnitt und der Dimmstufe Effekte zu beobachten. Während im 1. Durchgang eine Verlustrate 0,044 % pro Tag ermittelt wurde, war im 2. Durchgang ein Rückgang auf 0,019 % zu verzeichnen. Der im 1. Durchgang verstärkt beobachtete Agonismus und das häufige Picken waren vermutlich eine Ursache für die frühzeitig eingetretenen massiven Gefiederschäden. Bei zum Teil fast kahlen Körperstellen spielen Unterkühlungen eine Rolle. Auch wenn kein Kannibalismus festgestellt wurde, führte vermutlich der sehr schlechte Gefiederzustand und mögliche Pickverletzungen zu einer signifikant erhöhten Verlustrate.

Im Vergleich zu den tageslichtähnlichen Lampentypen (A, B) waren im Stall mit dem Lampentyp C mit 0,029 % pro Tag signifikant weniger Tierverluste aufgetreten. Zum Teil waren die Verluste bedingt durch das Einklemmen in der Haltungseinrichtung. Weil aber alle Ställe über die gleiche Ausstattung verfügten, können die Unterschiede nicht mit der Stallausrüstung begründet werden. Veterinärmedizinische Untersuchungen zur Ermittlung anderer Verlustursachen konnten nicht durchgeführt werden.

Während bis zur 40. Lebenswoche die Tierverluste sehr gering waren (Q1: 0,019 %; Q2: 0,017 %), stieg die Verlustrate im LW-Abschnitt Q3 auf 0,028 % und am Ende der Legeperiode 0,056 % pro Tag. Dieser Anstieg steht z. T. im Zusammenhang mit dem Fortschreiten der beobachteten Gefiederschäden und Pickverletzungen im 1. Durchgang und den damit verbundenen gesundheitlichen Problemen der Tiere.

Generell besteht ein Zusammenhang zwischen höherer Lichtintensität, gesteigerter Aktivität der Tiere und dem vermehrten Risiko für Federpicken und Kannibalismus. In der Legehennenhaltung ist es daher gängige Praxis bei gehäuft auftretendem aggressivem Verhalten, das Stalllicht auf eine geringere Beleuchtungsstärke zu dimmen. Weil in den Untersuchungsställen die Dimmstufen nicht zeitgleich geprüft wurden, sondern stets dann das Licht weiter gedimmt wurde, wenn vermehrt aggressives Verhalten und höhere Tierverluste auftraten, ist der Einfluss der Dimmung hier zu relativieren. Bei Dimmung auf 35 % lag die Verlustrate bei durchschnittlich 0,063 %. Ein Herunterregeln der Beleuchtungsstärke auf 30 bzw. 25 % reduzierte die Verlustrate zunächst auf 0,02 bzw. 0,03 % pro Tag. Bei der Dimmstufe 20 % stiegen aufgrund nicht nachvollziehbarer Einflüsse die Tierverluste auf 0,121 % pro Tag, sodass weiter auf 15 % gedimmt wurde, wodurch wieder eine Verringerung auf 0,072 % am Tag möglich wurde.

### 4.1.2 Standort 2

Am Standort wurden Leistungsparameter im Zeitraum vom 11. Januar 2011 bis 14. September erhoben. Der Prüfzeitraum wurde auf die 23. bis 56. Lebenswoche eingegrenzt, weil die Eiproduktion erst ab 21. Februar 2011 (23. Lebenswoche) hinreichend stabil war. Im betrachteten Zeitraum waren je Stall durchschnittlich 13.200 Hennen und 1.380 Hähne im Bestand.

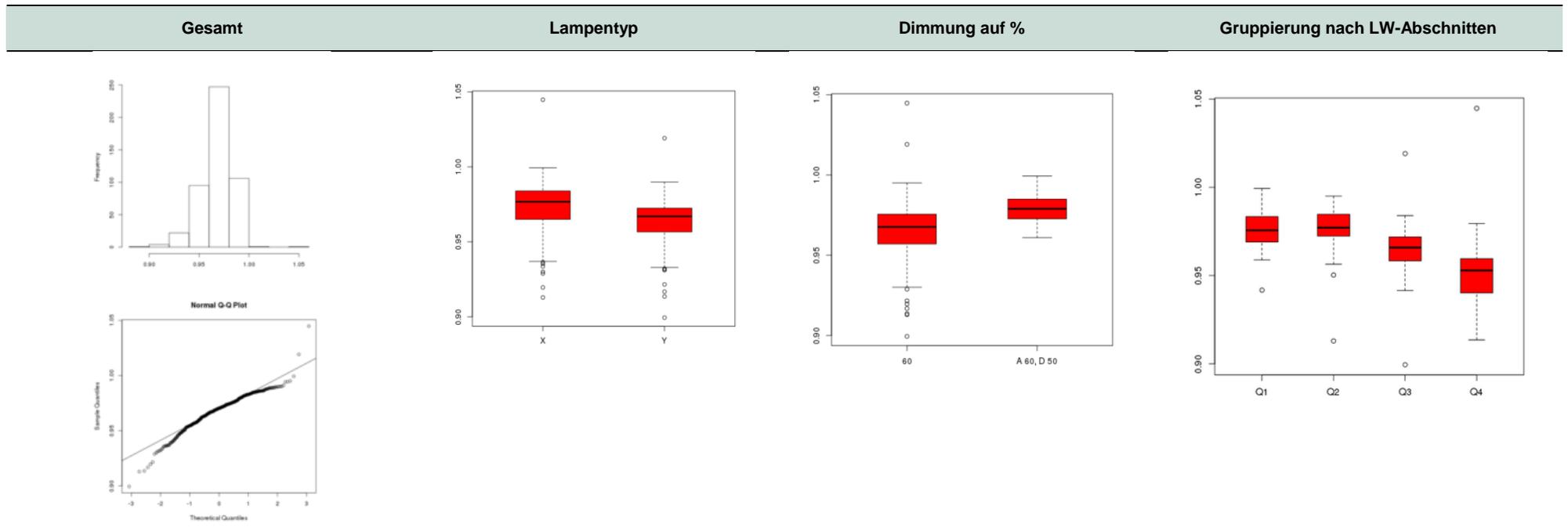
Insgesamt konnten 983 Datensätze in die Auswertung einbezogen werden. Im Durchschnitt wurden 0,967 Eier pro Tier und Tag erzeugt. Die geringste Ausbeute betrug 0,654, das Maximum lag bei 1,004 Eier je Tier und Tag. Werte über 1 traten auf, wenn Eier vom Vortag nicht vollständig abgesammelt wurden.

Am Standort 2 wurden zwei Lampentypen getestet. Neben den statistischen Maßzahlen wird der Boxplot dargestellt. Inwieweit die Unterschiede zwischen den Lampentypen signifikant waren, wird in Tabelle 49 abgebildet.

Ein weiterer Einflussfaktor, der mit statistischen Maßzahlen und einem Boxplot dargestellt wird, sind die Lebenswoche-Gruppen. Dazu wurde der gesamte Zeitraum geviertelt. Die Gruppierung der Legewochen korrespondiert mit einem Wechsel der Fütterung.

Alle Merkmale wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung getestet und sind mit einer Wahrscheinlichkeit von  $p < 0.001$  (NV\*\*\*) normalverteilt. Die entsprechenden Histogramme und QQ-Plots sind für alle Merkmale in Tabelle 33 bis Tabelle 48 getrennt nach Durchgängen dargestellt.

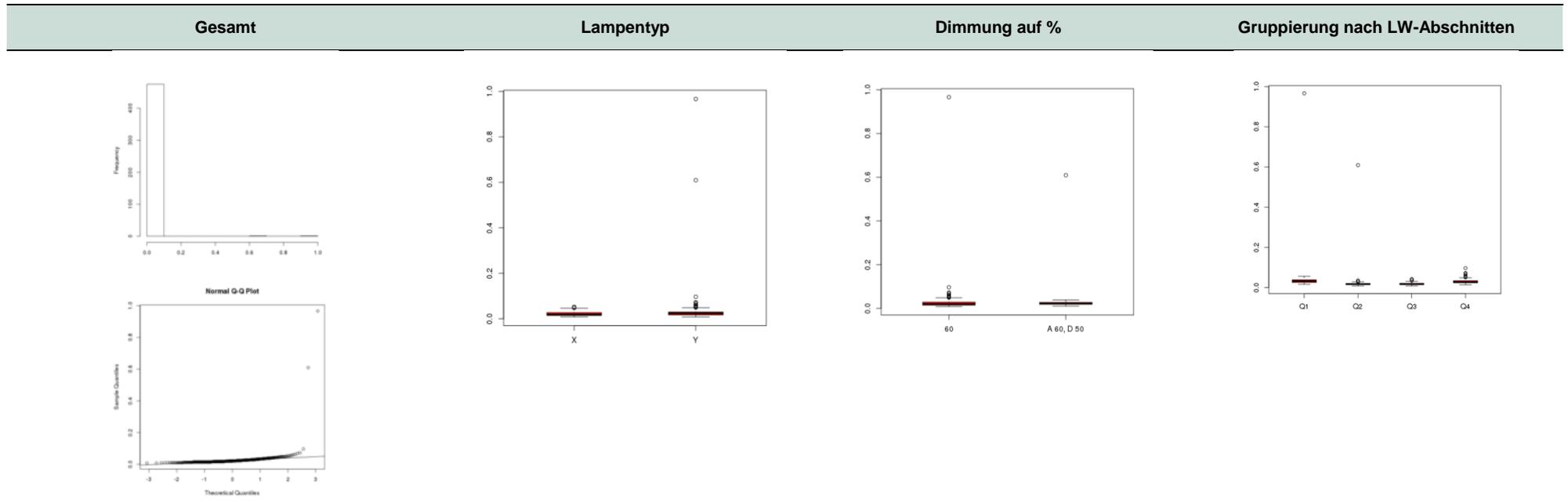
Tabelle 33: Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s	
6303374	0,968	0,015	0,900	1,045	<b>X</b>	3154476	0,973	0,016		<b>60</b>	5133088	0,966	0,016	<b>Q1</b>	1307169	0,976	0,009
					<b>Y</b>	3148898	0,964	0,013		<b>D 50, A 60</b>	1170286	0,979	0,007	<b>Q2</b>	1853840	0,978	0,009
														<b>Q3</b>	1844465	0,966	0,012
														<b>Q4</b>	1297900	0,951	0,017

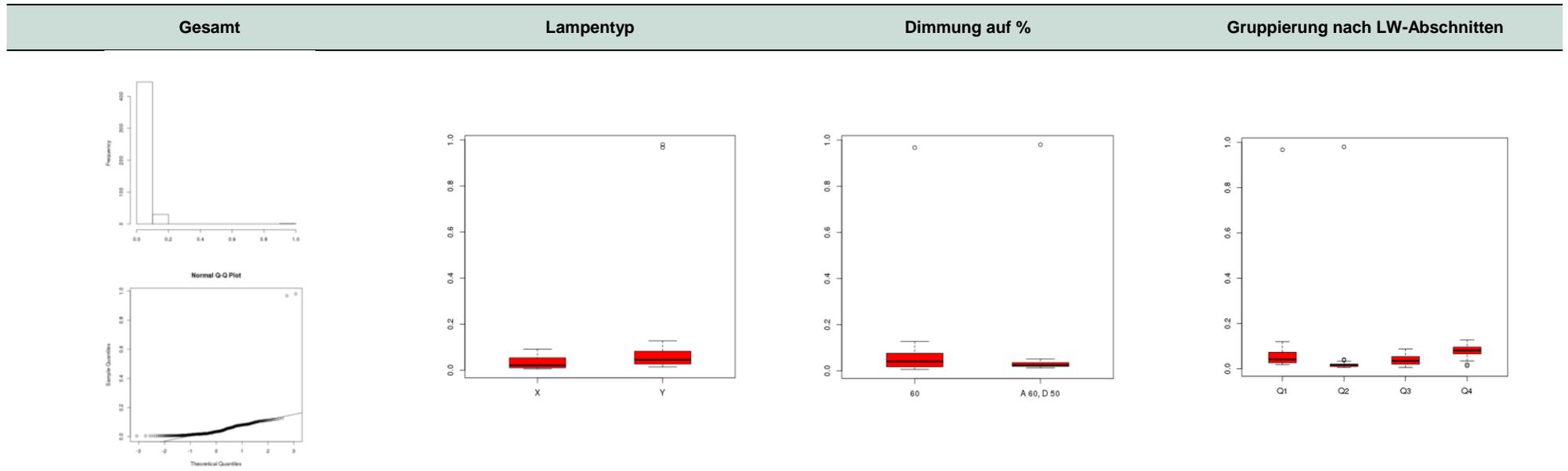
Tabelle 34: B-Ware je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s	n	Ø	s	
6303374	0,026	0,052	0,008	0,967	<b>X</b>	3154476	0,021	0,009	<b>60</b>	5133088	0,026	0,049	<b>Q1</b>	1307169	0,041	0,095
					<b>Y</b>	3148898	0,032	0,073	<b>D 50,</b>	1170286	0,030	0,063	<b>Q2</b>	1853840	0,022	0,050
									<b>A 60</b>				<b>Q3</b>	1844465	0,018	0,006
													<b>Q4</b>	1297900	0,031	0,013

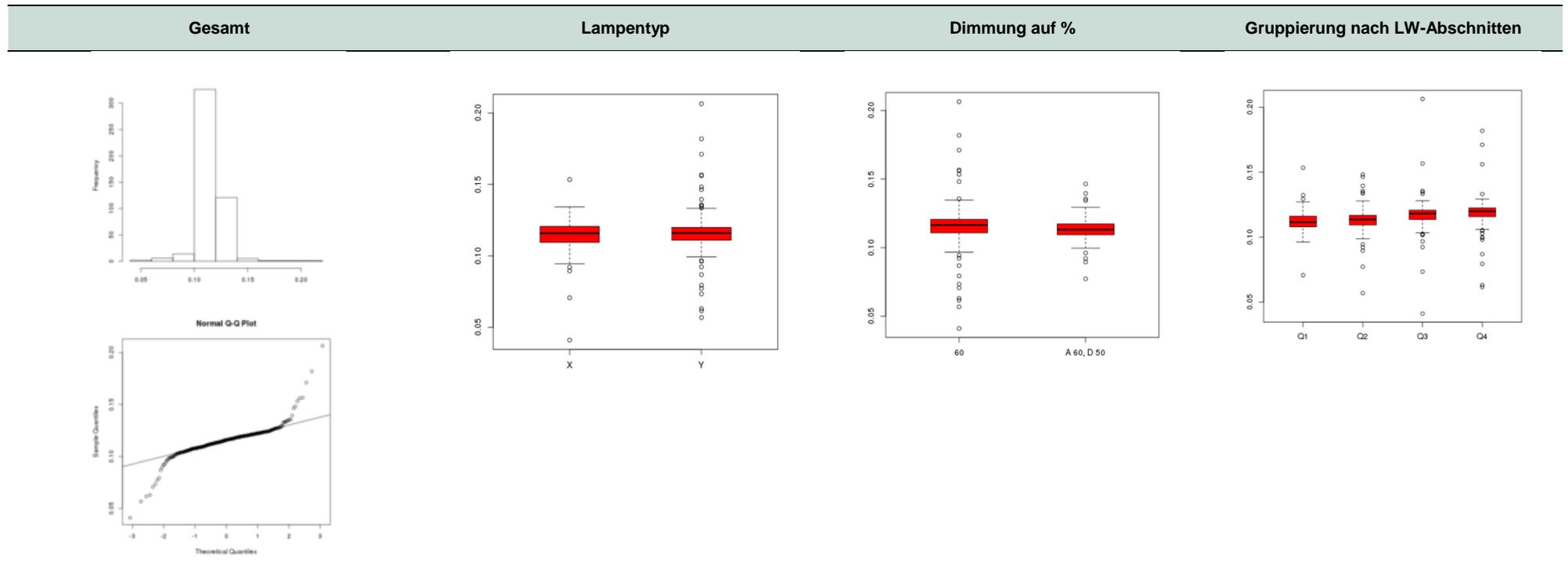
Tabelle 35: Verlegte Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
6303374	0,048	0,068	0,006	0,980	<b>X</b>	3154476	0,032	0,025	<b>60</b>	5133088	0,050	0,057	<b>Q1</b>	1307169	0,061	0,096
					<b>Y</b>	3148898	0,063	0,090	<b>D 50,</b>	1170286	0,038	0,102	<b>Q2</b>	1853840	0,024	0,082
									<b>A 60</b>				<b>Q3</b>	1844465	0,038	0,023
													<b>Q4</b>	1297900	0,081	0,023

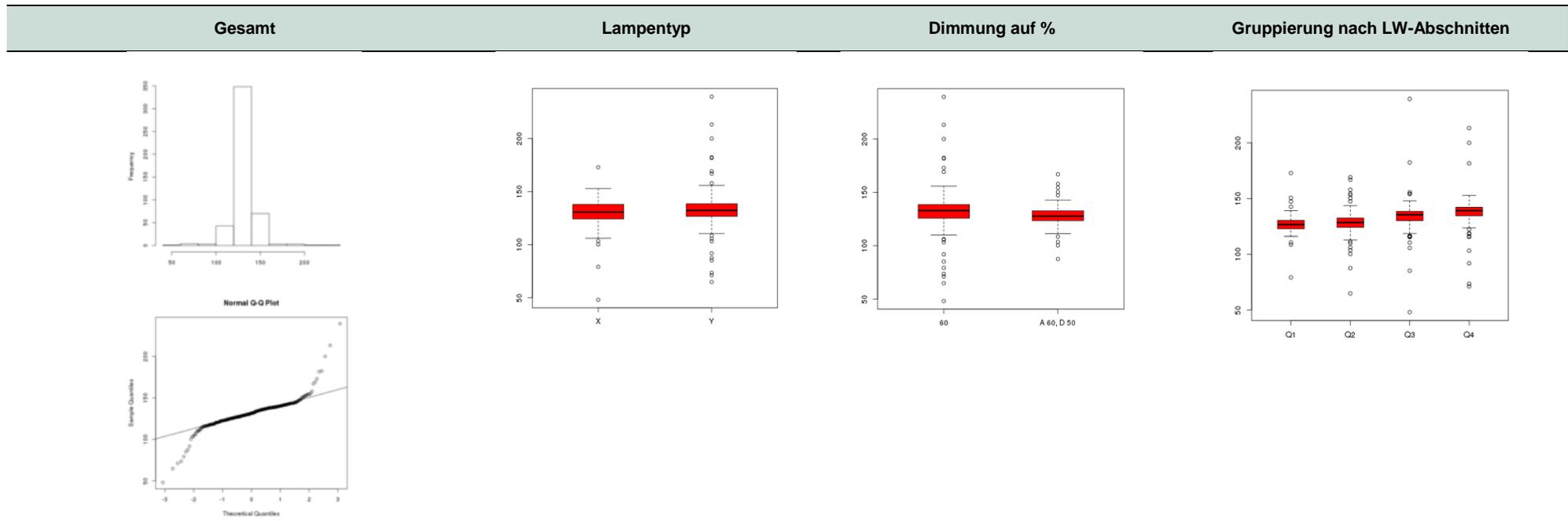
Tabelle 36: Futtermittelverbrauch in kg je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s	n	Ø	s	
6961111	0,115	0,012	0,041	0,206	<b>X</b>	3480924	0,115	0,010	<b>60</b>	5669077	0,116	0,012	<b>Q1</b>	1442979	0,112	0,008
					<b>Y</b>	3480187	0,116	0,014	<b>D 50,</b>	1292034	0,114	0,010	<b>Q2</b>	2047090	0,114	0,011
									<b>A 60</b>				<b>Q3</b>	2037173	0,117	0,013
													<b>Q4</b>	1433869	0,118	0,015

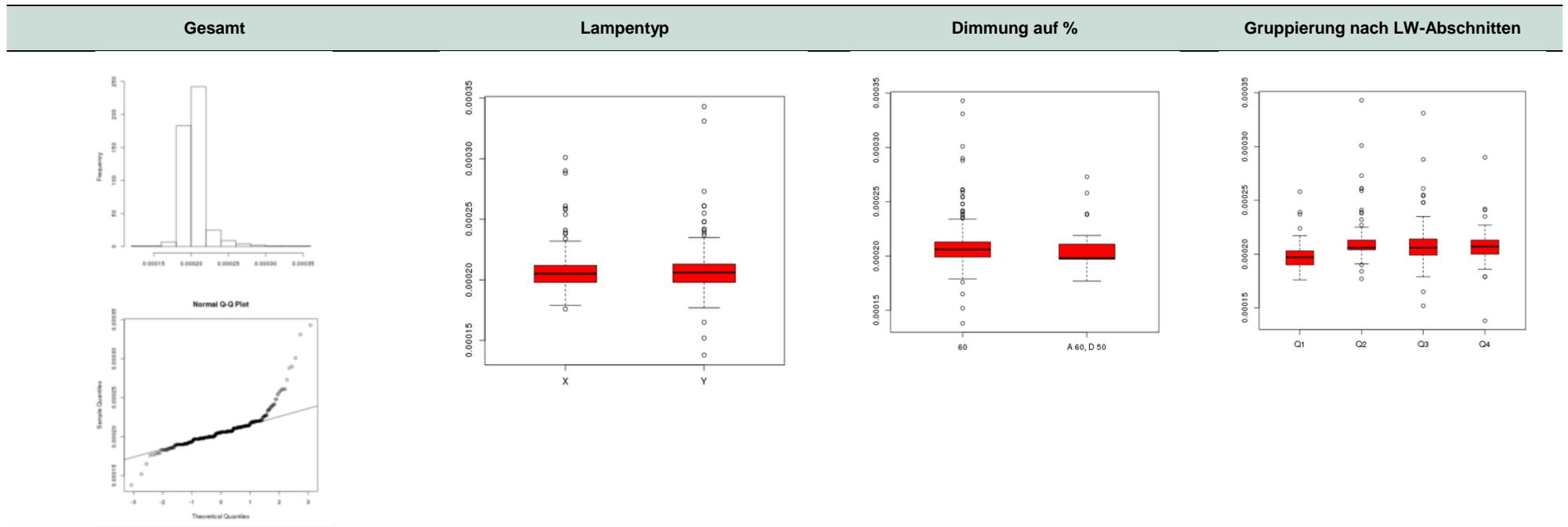
Tabelle 37: Futtermittelverbrauch in kg je 1.000 Eier (Standort 2, Durchgang 1)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
6303374	131,535	14,236	48,193	239,360	<b>X</b>	3154476	130,089	11,341	<b>60</b>	5133088	132,269	14,792	<b>Q1</b>	1307169	126,957	9,426
					<b>Y</b>	3148898	132,974	16,526	<b>D 50,</b>	1170286	128,288	10,956	<b>Q2</b>	1853840	128,273	12,065
									<b>A 60</b>				<b>Q3</b>	1844465	133,947	15,054
													<b>Q4</b>	1297900	137,268	17,057

Tabelle 38: Wasserverbrauch in l je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 1)

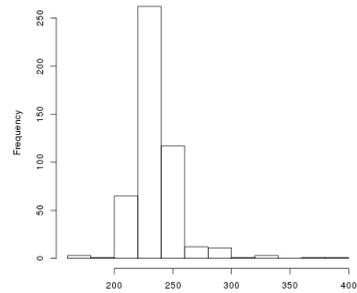


Test-NV: \*\*\*

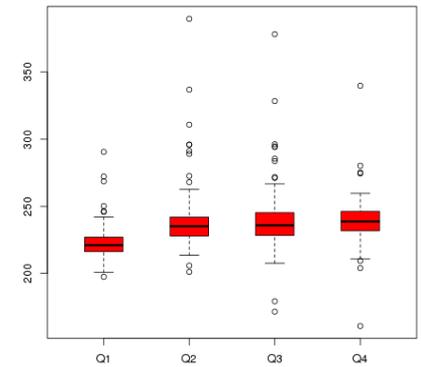
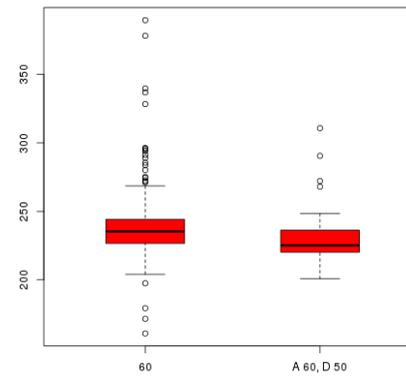
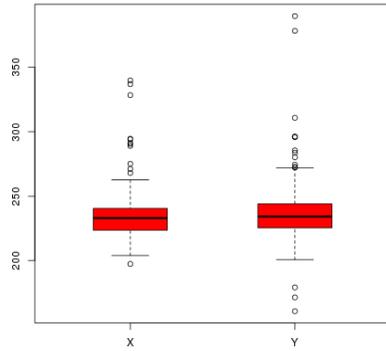
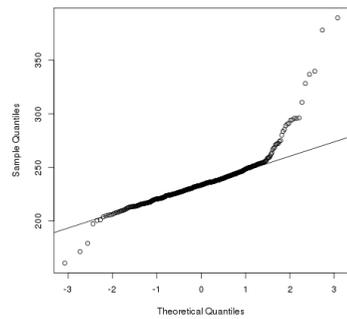
n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s	n	Ø	s	
6961111	0,207	0,018	0,138	0,343	<b>X</b>	3480924	0,207	0,016	<b>60</b>	5669077	0,208	0,018	<b>Q1</b>	1442979	0,198	0,012
					<b>Y</b>	3480187	0,207	0,019	<b>D 50,</b>	1292034	0,203	0,014	<b>Q2</b>	2047090	0,211	0,019
									<b>A 60</b>				<b>Q3</b>	2037173	0,209	0,019
													<b>Q4</b>	1433869	0,206	0,015

**Tabelle 39: Wasserverbrauch in l je 1.000 Eier (Standort 2, Durchgang 1)**

Gesamt	Lampentyp	Dimmung auf %	Gruppierung nach LW-Abschnitten
--------	-----------	---------------	---------------------------------



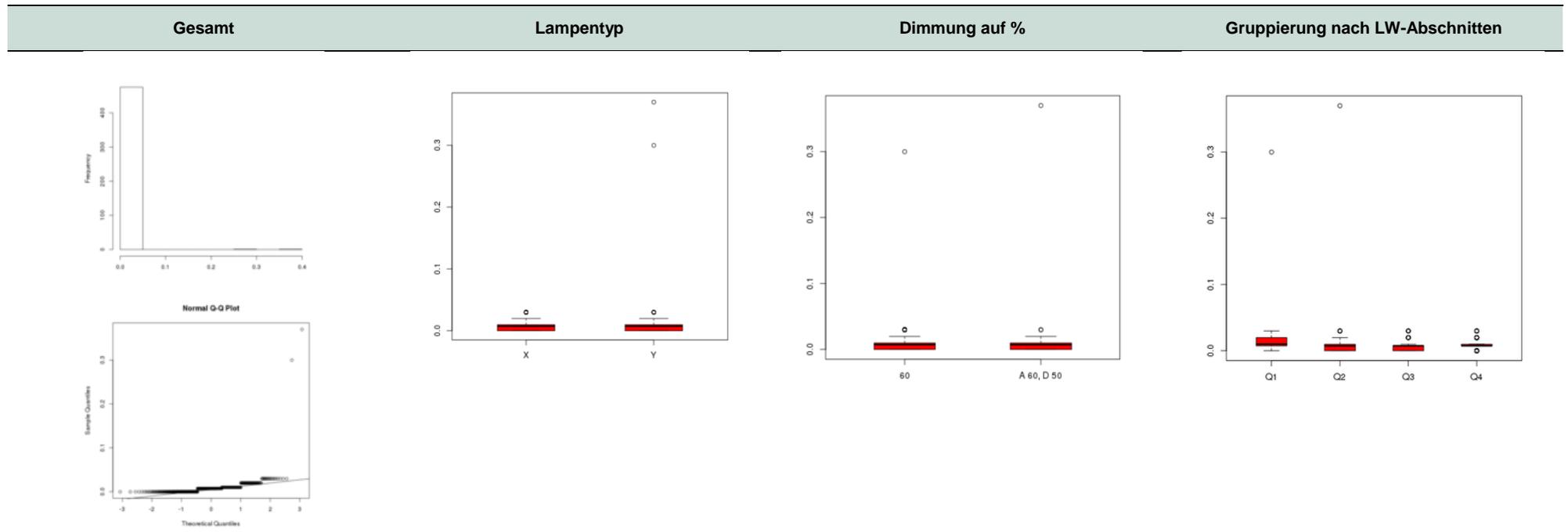
Normal Q-Q Plot



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max	X	n	Ø	s	n	Ø	s	n	Ø	s		
6303374	235,73	20,91	160,77	389,71	<b>X</b>	3154476	234,42	19,17	<b>60</b>	5133088	237,36	21,50	<b>Q1</b>	1307169	223,47	13,68
					<b>Y</b>	3148898	237,05	22,47	<b>D 50,</b>	1170286	228,54	16,36	<b>Q2</b>	1853840	238,49	22,33
									<b>A 60</b>				<b>Q3</b>	1844465	238,76	22,46
													<b>Q4</b>	1297900	239,69	18,03

Tabelle 40: Verluste in % je Tier (Standort 2, Durchgang 1)

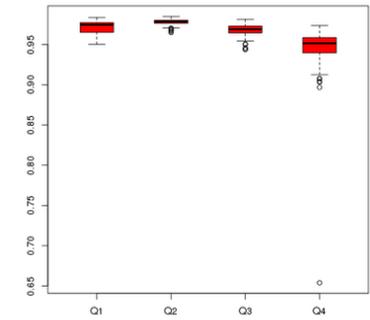
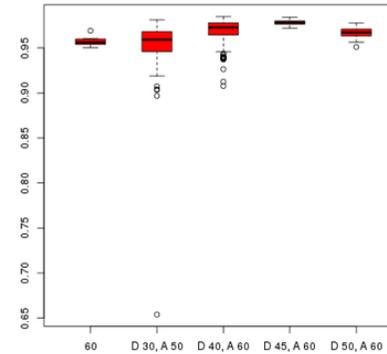
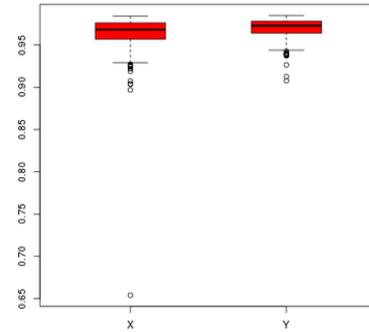
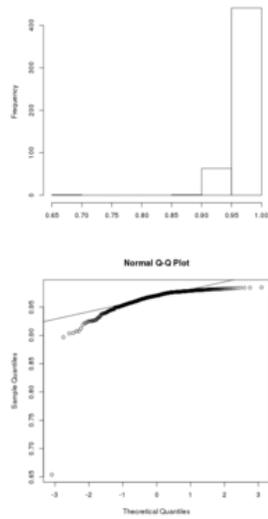


Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s	n	Ø	s	
6961111	0,011	0,024	0	0,379	<b>X</b>	3480924	0,010	0,009	<b>60</b>	5669077	0,010	0,018	<b>Q1</b>	1442979	0,016	0,031
					<b>Y</b>	3480187	0,012	0,032	<b>D 50,</b>	1292034	0,013	0,040	<b>Q2</b>	2047090	0,011	0,032
									<b>A 60</b>				<b>Q3</b>	2037173	0,007	0,008
													<b>Q4</b>	1433869	0,012	0,009

Tabelle 41: Eier gesamt je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2)

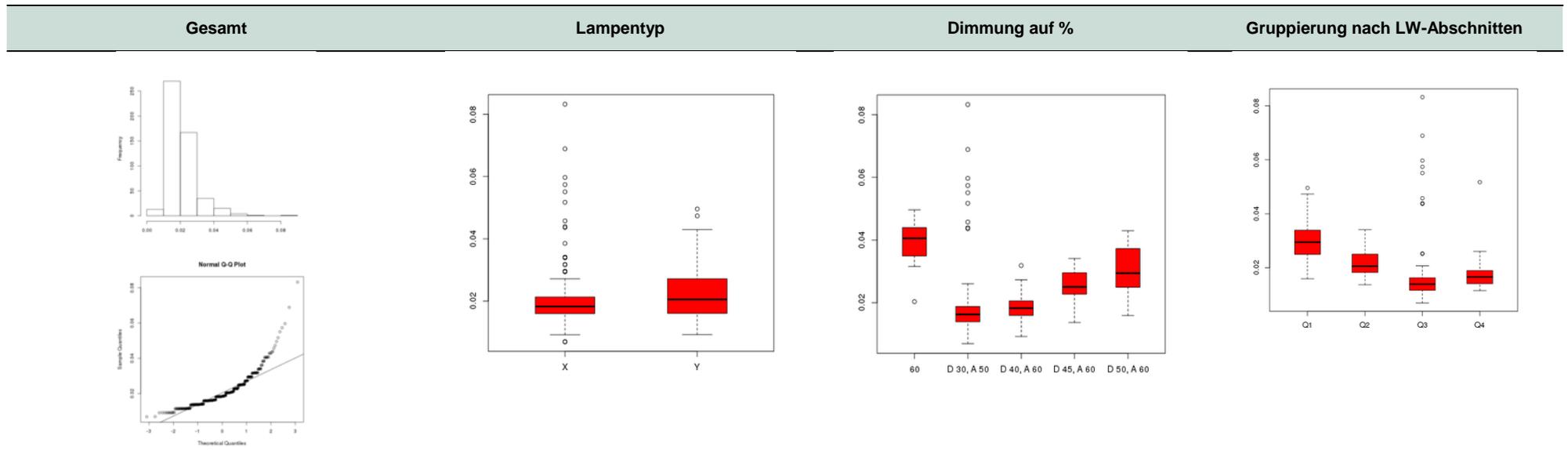
Gesamt	Lampentyp	Dimmung auf %	Gruppierung nach LW-Abschnitten
--------	-----------	---------------	---------------------------------



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
6621880	0,966	0,020	0,654	0,985	<b>X</b>	3302614	0,962	0,026	<b>60</b>	106496	0,957	0,006	<b>Q1</b>	1298347	0,972	0,008
					<b>Y</b>	3319266	0,969	0,013	<b>D 30, A 50</b>	1825206	0,953	0,031	<b>Q2</b>	1843052	0,978	0,004
									<b>D 40, A 60</b>	3036687	0,969	0,013	<b>Q3</b>	1814195	0,968	0,007
									<b>D 45, A 60</b>	1135926	0,978	0,003	<b>Q4</b>	1666286	0,946	0,030
									<b>D 50, A 60</b>	517565	0,967	0,006				

Tabelle 42: B-Ware je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2)

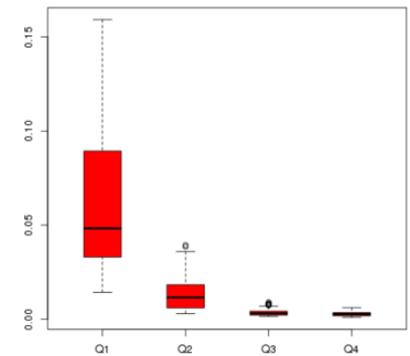
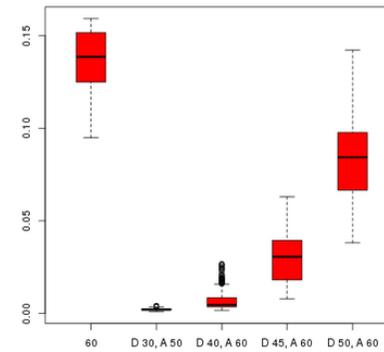
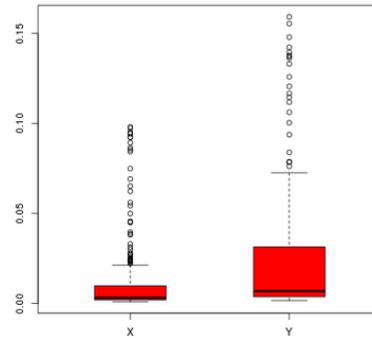
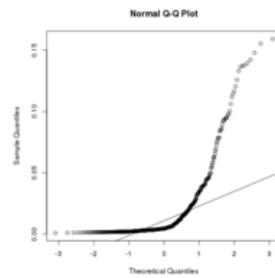
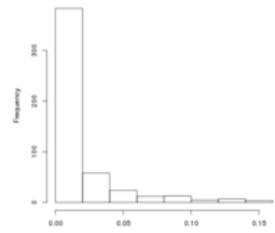


Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s	n	Ø	s	
6621880	0,021	0,009	0,007	0,083	<b>X</b>	3302614	0,020	0,009	<b>60</b>	106496	0,039	0,009	<b>Q1</b>	1298347	0,029	0,007
					<b>Y</b>	3319266	0,022	0,008	<b>D 30, A 50</b>	1825206	0,018	0,011	<b>Q2</b>	1843052	0,021	0,005
									<b>D 40, A 60</b>	3036687	0,018	0,004	<b>Q3</b>	1814195	0,017	0,011
									<b>D 45, A 60</b>	1135926	0,026	0,005	<b>Q4</b>	1666286	0,018	0,004
									<b>D 50, A 60</b>	517565	0,031	0,007				

**Tabelle 43: Verlegte Eier je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2)**

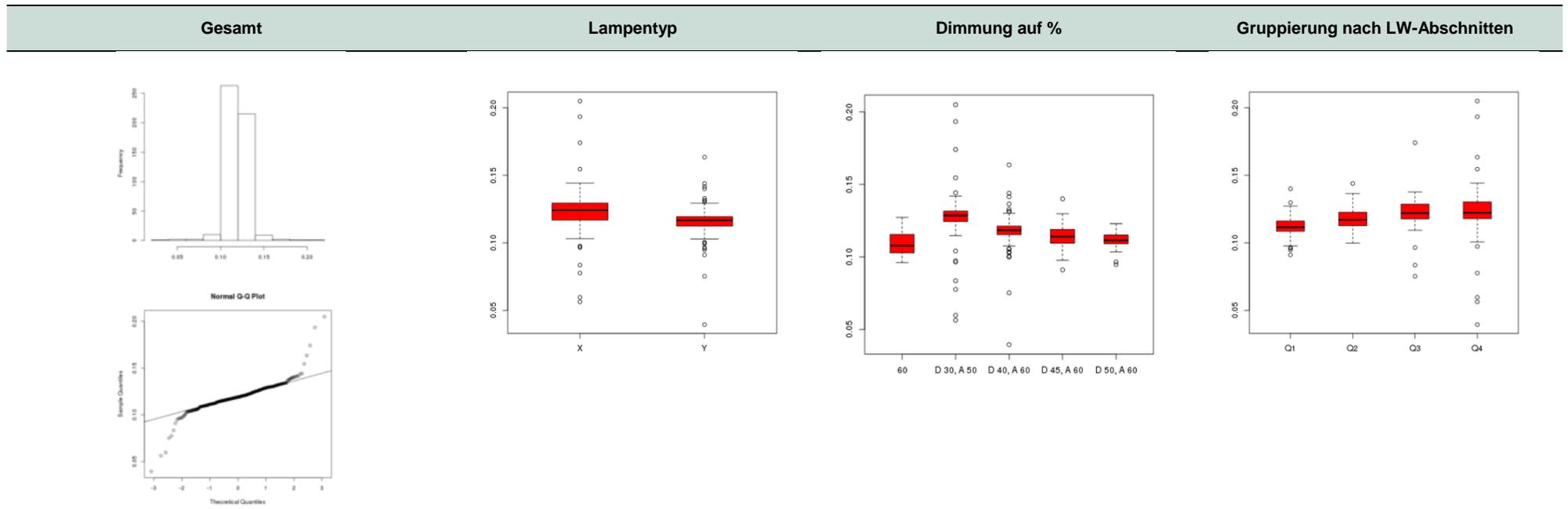
Gesamt	Lampentyp	Dimmung auf %	Gruppierung nach LW-Abschnitten
--------	-----------	---------------	---------------------------------



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
6621880	0,018	0,029	0,001	0,159	<b>X</b>	3302614	0,012	0,021	<b>60</b>	106496	0,136	0,021	<b>Q1</b>	1298347	0,063	0,038
					<b>Y</b>	3319266	0,023	0,033	<b>D 30, A 50</b>	1825206	0,002	0,001	<b>Q2</b>	1843052	0,014	0,010
									<b>D 40, A 60</b>	3036687	0,007	0,006	<b>Q3</b>	1814195	0,003	0,002
									<b>D 45, A 60</b>	1135926	0,030	0,014	<b>Q4</b>	1666286	0,003	0,001
									<b>D 50, A 60</b>	517565	0,084	0,027				

**Tabelle 44: Futtermittelverbrauch in kg je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2)**

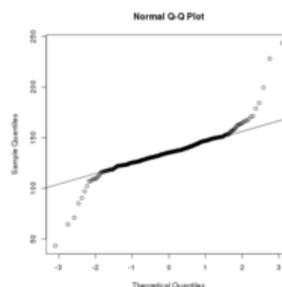
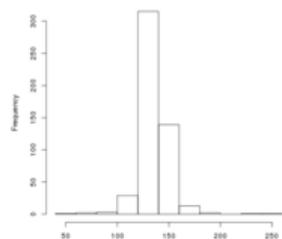


Test-NV: \*\*\*

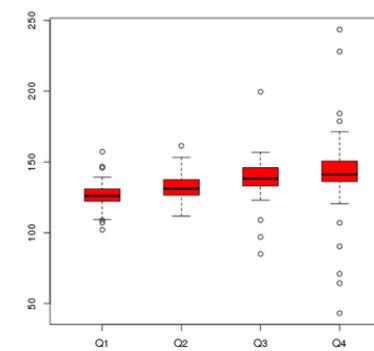
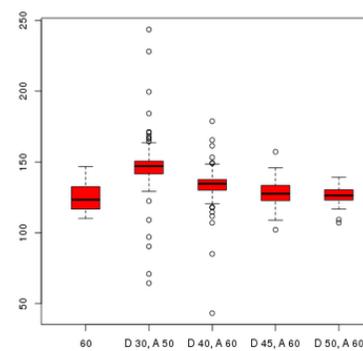
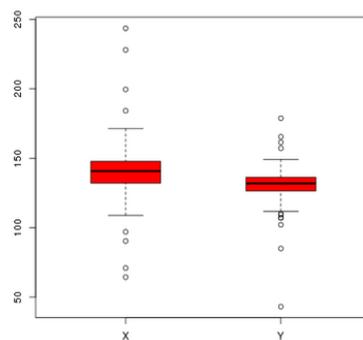
n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
7258251	0,119	0,012	0,040	0,205	X	3622206	0,123	0,014	60	116764	0,109	0,010	Q1	1423298	0,112	0,007
					Y	3636045	0,116	0,009	D 30, A 50	2002561	0,128	0,016	Q2	2020678	0,118	0,007
									D 40, A 60	3326329	0,118	0,009	Q3	1989610	0,123	0,009
									D 45, A 60	1245212	0,114	0,008	Q4	1824665	0,124	0,018
									D 50, A 60	567385	0,112	0,006				

Tabelle 45: Futtermittelverbrauch in kg je 1.000 Eier (Standort 2, Durchgang 2)

Gesamt	Lampentyp	Dimmung auf %	Gruppierung nach LW-Abschnitten
--------	-----------	---------------	---------------------------------

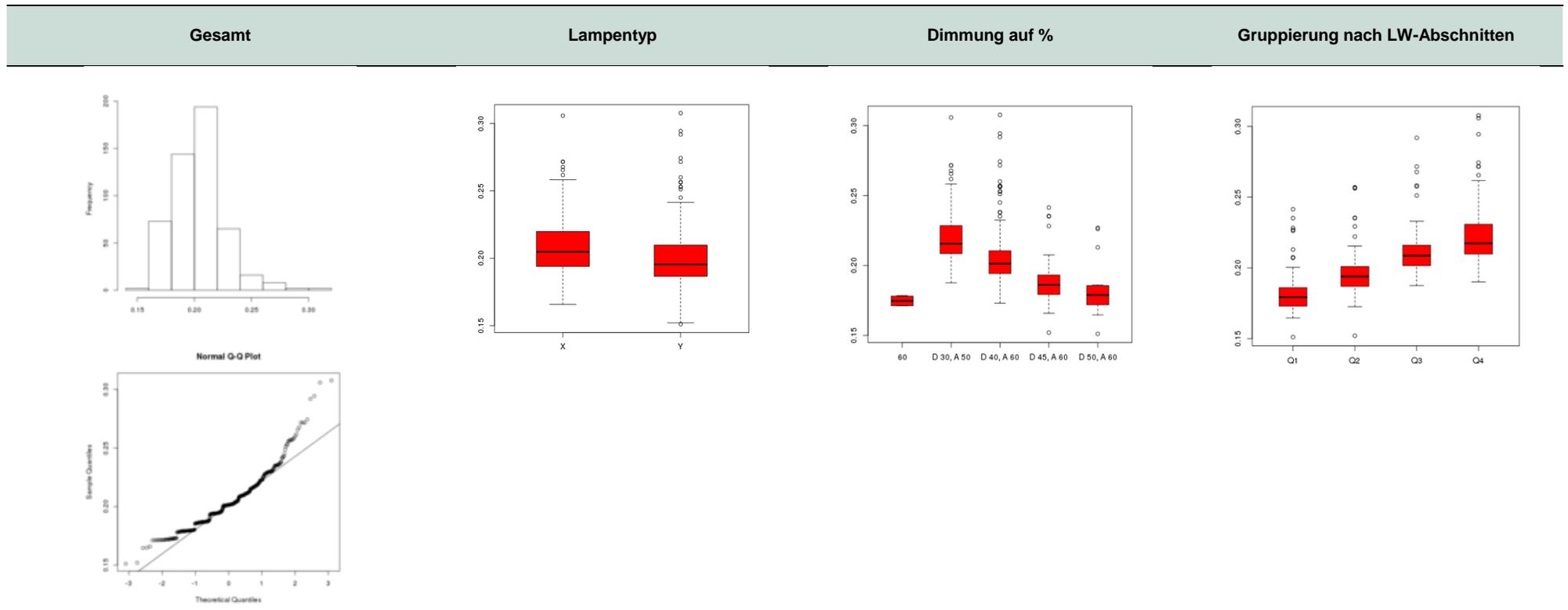


Test-NV: \*\*\*



n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s	
6621880	135,705	14,734	43,276	243,564	<b>X</b>	3302614	140,270	16,640		<b>60</b>	106496	125,342	12,106	<b>Q1</b>	1298347	126,378	8,342
					<b>Y</b>	3319266	131,139	10,784		<b>D 30, A 50</b>	1825206	146,986	18,595	<b>Q2</b>	1843052	132,024	7,940
										<b>D 40, A 60</b>	3036687	133,605	10,139	<b>Q3</b>	1814195	138,907	10,839
										<b>D 45, A 60</b>	1135926	128,039	8,691	<b>Q4</b>	1666286	143,333	21,388
										<b>D 50, A 60</b>	517565	126,439	6,879				

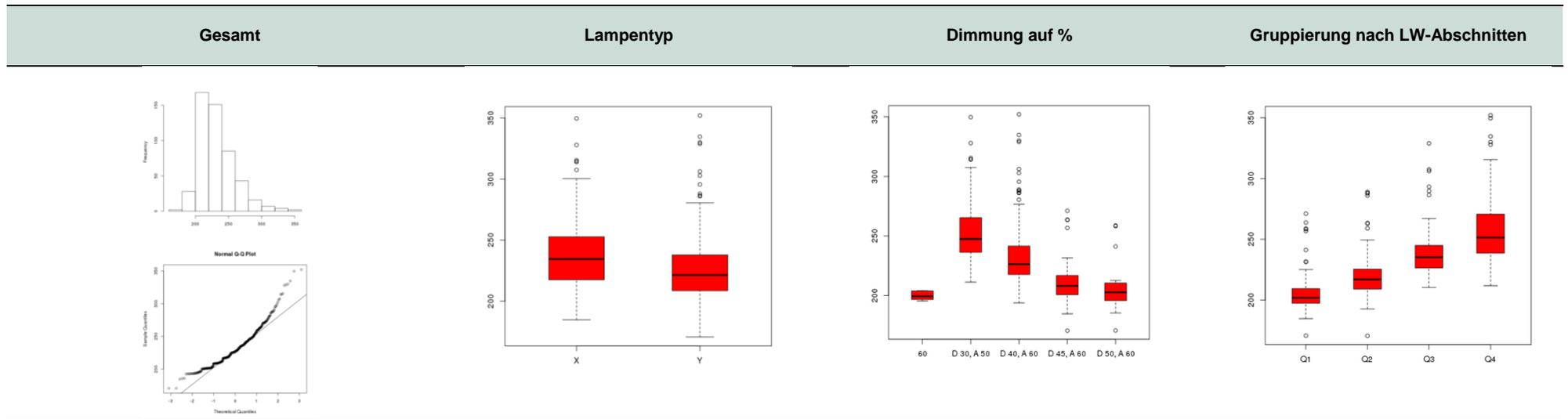
Tabelle 46: Wasserverbrauch in l je Tier und Tag (Standort 2, Durchgang 2)



Test-NV: \*\*\*

n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s	
7258251	0,204	0,022	0,151	0,308	X	3622206	0,208	0,021		60	116764	0,175	0,004	Q1	1423298	0,183	0,014
					Y	3636045	0,200	0,023		D 30, A 50	2002561	0,219	0,018	Q2	2020678	0,196	0,015
										D 40, A 60	3326329	0,206	0,020	Q3	1989610	0,210	0,016
										D 45, A 60	1245212	0,186	0,014	Q4	1824665	0,222	0,021
										D 50, A 60	567385	0,181	0,014				

Tabelle 47: Wasserverbrauch in l je 1.000 Eier (Standort 2, Durchgang 2)

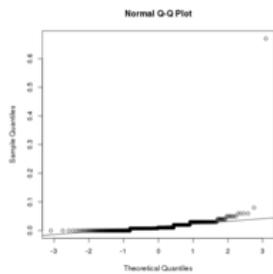
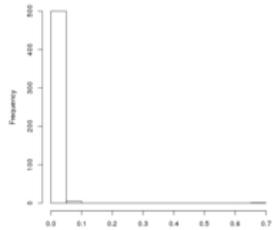


Test-NV: \*\*\*

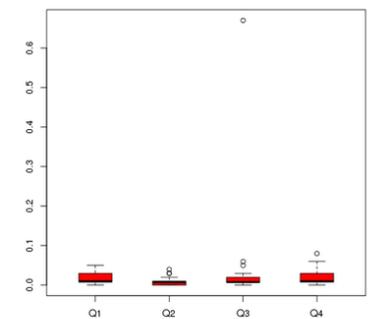
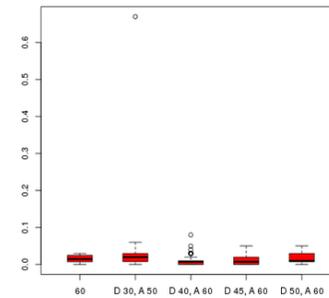
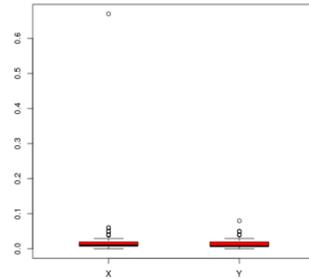
n	Ø	s	min	max		n	Ø	s		n	Ø	s		n	Ø	s
6621880	231,69	27,58	170,68	352,00	<b>X</b>	3302614	237,52	27,03	<b>60</b>	106496	200,06	3,76	<b>Q1</b>	1298347	206,29	16,21
					<b>Y</b>	3319266	225,86	26,94	<b>D 30, A 50</b>	1825206	252,87	23,66	<b>Q2</b>	1843052	219,74	17,51
									<b>D 40, A 60</b>	3036687	232,78	23,76	<b>Q3</b>	1814195	237,55	18,90
									<b>D 45, A 60</b>	1135926	208,89	16,04	<b>Q4</b>	1666286	257,66	26,78
									<b>D 50, A 60</b>	517565	205,48	16,56				

**Tabelle 48: Verluste in % je Tag (Standort 2, Durchgang 2)**

Gesamt	Lampentyp	Dimmung auf %	Gruppierung nach LW-Abschnitten
--------	-----------	---------------	---------------------------------



Test-NV: \*\*\*



n	Ø	s	min	max	n	Ø	s	n	Ø	s	n	Ø	s
7258251	0,016	0,032	0	0,678	<b>X</b> 3622206	0,020	0,044	<b>60</b> 116764	0,017	0,011	<b>Q1</b> 1423298	0,018	0,013
					<b>Y</b> 3636045	0,013	0,012	<b>D 30, A 50</b> 2002561	0,027	0,057	<b>Q2</b> 2020678	0,008	0,009
								<b>D 40, A 60</b> 3326329	0,011	0,011	<b>Q3</b> 1989610	0,019	0,057
								<b>D 45, A 60</b> 1245212	0,013	0,012	<b>Q4</b> 1824665	0,022	0,016
								<b>D 50, A 60</b> 567385	0,020	0,014			

**Tabelle 49: Ergebnisse der Varianzanalyse und Multipler Mittelwertvergleich für den Standort 2**

Effekte im Modell	EierGes.	BWare	Verl. E	FuV	FuV1000	WaV	WaV1000	Verluste
Durchgang	**	*	***	*	***	**	**	***
Lampentyp		**	***	***	***		***	***
LW-Abschnitt	***	*	***	***	***	***	***	***
Temperatur (früh)			*	**			***	*
Luftfeuchte (früh)			**					
DG 1	0,968a	0,0265a	0,0475a	0,115a	131,53a	0,207a	235,73a	0,0108a
DG 2	0,966b	0,0475b	0,0177b	0,119b	135,70b	0,204b	231,69b	0,0164b
X	0,968a	0,0204a	0,0219a	0,119a	135,34a	0,207a	236,02a	0,0151a
Y	0,966a	0,0266b	0,0424b	0,116b	132,03b	0,203b	231,29b	0,0123b
Q1	0,974a	0,0353a	0,0618a	0,112a	126,67a	0,190a	214,88a	0,0171a
Q2	0,978b	0,0216bd	0,0189bd	0,116b	130,15b	0,204a	229,12b	0,0095b
Q3	0,967c	0,0172cd	0,0209cd	0,120cb	136,42c	0,209a	238,16c	0,0127c
Q4	0,948d	0,0234d	0,0368d	0,121dc	140,70dc	0,215a	249,86d	0,0172d

\*\*\* p<0.001 \*\* p<0.01 \* p<0.05

### Legeleistung

Die durchschnittliche Legeleistung war mit 0,968 Eiern pro Tier und Tag (96,8 %) im 1. Durchgang und 0,966 Eiern je Tier und Tag (96,6 %) im 2. Durchgang höher als am Standort 1. Zu beachten ist aber, dass hier aufgrund vorzeitiger Ausstellungen nur ein verkürzter Prüfzeitraum (23. bis 56. LW) berücksichtigt werden konnte. Bei Betrachtung bis zur 60. Lebenswoche wäre noch ein leichter Rückgang zu verzeichnen gewesen. Dennoch liegen diese Legeraten über einen Zeitraum von 34 Wochen über der von Lohmann Tierzucht angegebenen Produktionsspitze.

Auch wenn die Unterschiede zwischen den beiden Durchgängen mit 0,2 % sehr gering sind, konnten sie statistisch gesichert werden.

Der Lampentyp hatte wie am Standort 1 keinen Einfluss auf die Legeleistung.

Die Unterschiede zwischen den LW-Gruppen waren ebenfalls signifikant und folgen wie erwartet der genetisch determinierten Leistungskurve (Abbildung 15). Auffällig ist, dass die jungen Hennen mit einer sehr hohen Anfangsleistung (Q1: 97,4 %, im Vergleich Standort 1: 95,6 %) gestartet sind. Die höchste Legerate erzielten die Hennen wiederum im Abschnitt 30. bis 39. LW (97,8 %). In den folgenden LW-Abschnitten verringerte sich die Legeleistung allmählich auf 94,8 % in den letzten sechs Wochen der Legeperiode.

### Anteil B-Ware und verlegte Eier

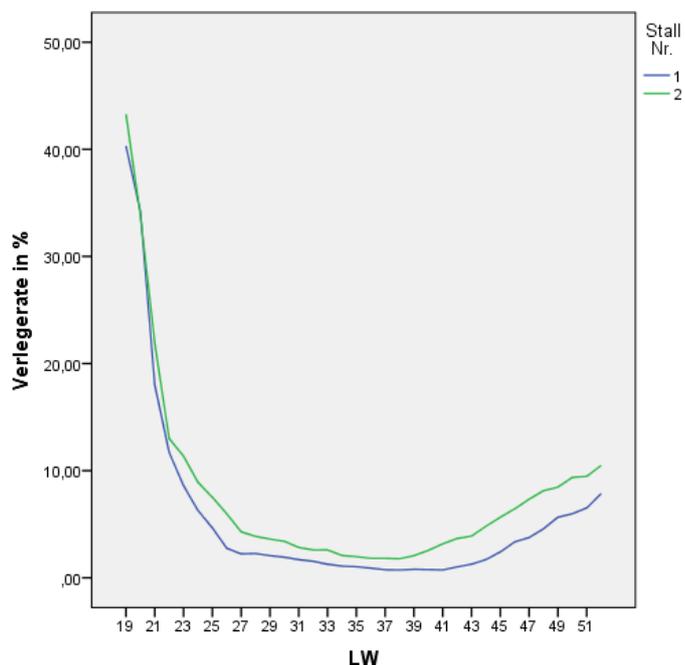
Der Anteil B-Ware war im Durchgang 2 mit 0,0475 Eiern je Tier und Tag um das 1,8-Fache signifikant höher als im 1. Durchgang (0,0265). Ähnlich wie am Standort 1, dort war der 1. Durchgang gekennzeichnet durch vermehrtes agonistisches Verhalten und Pickverhalten, war es am Standort 2 der 2. Durchgang, insbesondere der Stall/Lampentyp X. Auch hier könnte die frühzeitig an der Kloake fehlende Befiederung (38. LW) vor allem unter dem Lampentyp X, wodurch die Kloake schnell verschmutzen oder auch angepickt werden kann, eine Ursache sein. Als weiterer Grund für eine erhöhte Anzahl an Schmutz- und Knickeiern ist vermutlich die Schreckhaftigkeit der Herde. Denkbar ist ebenfalls eine Verschmutzung und Beschädigung der Eier durch aggressive oder unruhige Hennen im Nestbereich. Allerdings korrespondiert der Anteil B-Ware nicht wie im

1. Durchgang am Standort 1 mit dem Anteil verlegter Eier. Dieser war im 1. Durchgang mit 4,75 % signifikant mehr als doppelt so hoch als im 2. Durchgang (1,77 %).

Der Lampentyp hatte sowohl auf den Anteil B-Ware als auch auf die Verlegerate einen statistisch gesicherten Effekt. Beide Merkmale zeigten unter dem warmweißen Lampentyp Y höhere Werte. Beim neutralweißen Lampentyp C am Standort 1 wurde ja vermutet, dass eine hohe Verlegerate dadurch zustande kam, weil hier die Lichtemission in den spektralen Bereichen 520–540 nm und 580–600 nm hoch war, wodurch die Hennen bestimmte Stellen dunkler wahrnahmen und deshalb zur Eiablage bevorzugten. Der Lampentyp Y gleicht nun eher einem 3-Banden-Spektrum, hat also nicht diese hohen Intensitäten in den genannten Wellenlängenbereichen. Die Lampentypen C und Y sind sich jedoch in der Lichtfarbe sehr ähnlich (gemessene Werte; C: 3561 K; Y: 3683 K), was annehmen lässt, dass zusätzlich die Lichtfarbe eine Rolle spielt.

Im ersten LW-Abschnitt waren der Anteil B-Ware und verlegte Eier mit 3,53 % bzw. 6,18 % erwartungsgemäß signifikant am höchsten, was an der Unerfahrenheit der Junghennen und vielleicht noch nicht so ausgeprägten Nestpräferenzen liegen könnte.

Bis zum LW-Abschnitt Q3 sank der Anteil B-Ware dann auf 1,72 %. Die Verlegerate verringerte sich im Abschnitt Q2 ebenfalls, stieg aber im 3. und 4. Quartal wieder stetig an. Mit diesem Abstieg korreliert auch der erneute Anstieg des Anteils Schmutz- und Knickeier. Verantwortlich hierfür ist der Verlauf der Verlegekurve in beiden Ställen des 1. Durchgangs, dessen Einfluss sich auch auf die Gesamtentwicklung auswirkte. Aus Abbildung 17 wird deutlich, dass die Verlegerate bis zur 52. LW auf 9,2 % stieg. Die Ursachen hierfür konnten zunächst nicht eindeutig geklärt werden. Allerdings ergaben Videoaufzeichnungen, die in der 41. Lebenswoche vor dem zweietagigen Nestbereich aufgenommen wurden, dass 76,3 % der beobachteten Hennen die obere Nestetage bevorzugten, was dort zu einem „Schlangestehen“ führte. Denkbar wäre es, dass dann die Hennen Eiablageplätze außerhalb des Nestes aufgesucht haben.



**Abbildung 17: Verlauf der Verlegerate während der Legeperiode im Durchgang 1**

(Quelle: WEHLITZ et al. 2013)

### **Futtermittelverbrauch je Tier und Tag und Futtermittelverbrauch je 1.000 Eier**

Beim Futtermittelverbrauch je Tier und Tag und Futtermittelverbrauch je 1.000 Eier wurden signifikante Effekte des Durchgangs ermittelt. Der 2. Durchgang hatte mit durchschnittlich 119 g je Tier und Tag bzw. 135,7 kg je 1.000 Eier einen höheren Verbrauch gegenüber dem Durchgang 1 mit 115 g je Tier und Tag bzw. 131,5 kg je 1.000 Eier. Als Ursache könnte ein erhöhter Energiebedarf aufgrund vermehrter Aktivitäten bezüglich des agonistischen Verhaltens und des Pickverhaltens sowie ein vermindertes Ausruhverhalten im 2. Durchgang gewesen sein. Zusätzlich hatten die Tiere unter dem Lampentyp X im 2. Durchgang z. T. starke Gefiederschäden bzw. Kahlstellen, was den Energiebedarf weiter erhöht haben dürfte.

Der Lampentyp beeinflusste ebenfalls den Futtermittelverbrauch je Tier und Tag bzw. je 1.000 Eier

In beiden Merkmalen hatte der Lampentyp mit UV-Anteil (X) einen signifikant höheren Verbrauch. Einerseits könnte dies daran liegen, dass das agonistische Verhalten und das Pickverhalten im 2. Durchgang hier noch stärker ausgeprägt war als beim Lampentyp Y, wodurch der Energiebedarf stieg. Andererseits gibt es Parallelen zum Standort 1, wo der UV-emittierende Lampentyp A ebenfalls einen erhöhten Futtermittelverbrauch hatte. Wie auch am Standort 1 stieg auch am 2. Standort mit zunehmendem Alter der Tiere der Futtermittelverbrauch je Tier und Tag bzw. je 1.000 Eier von 112 g je Tier und Tag (Q1) auf 121 g je Tier und Tag (Q4) bzw. von 126,67 kg je 1.000 Eier (Q1) auf 140,7 kg je 1.000 Eier (Q4). Dieser Anstieg ist mit einer Erhöhung der Legeleistung bis zum LW-Abschnitt Q2 verbunden. Obwohl die Legeintensität danach zurückgeht, besteht ein weiterhin hoher Energiebedarf bedingt durch das Ansteigen der Einzeleigewichte. Darüber hinaus verschlechtert sich die Futtermittelverwertung mit zunehmendem Alter der Tiere, wodurch vor allem der Futtermittelverbrauch je 1.000 Eier ansteigt.

### **Wasserverbrauch je Tier und Tag und Wasserverbrauch je 1.000 Eier**

Der Wasserverbrauch je Tier und Tag lag insgesamt bei 205 ml und der je 1.000 Eier bei 233,65 l. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen Futtermittelverzehr und Höhe des Wasserverbrauchs sind die Effekte, die auf den Wasserverbrauch wirken, die gleichen wie auf den Futtermittelverbrauch. Gleiches gilt für den Wasserverbrauch je 1.000 Eier.

### **Tierverluste**

Die Tierverluste waren, über den gesamten Untersuchungszeitraum berechnet, mit 0,014 % pro Tag noch niedriger als am Standort 1.

Dennoch gab es statistisch gesicherte Effekte beim Durchgang, beim Lampentyp und beim LW-Abschnitt. Mit 0,0108 % am Tag lag die Verlustrate im Durchgang 1 niedriger. Es muss jedoch betont werden, dass die 0,0164 % Verluste am Tag im 2. Durchgang immer noch sehr, sehr niedrig sind. Denkbar ist wiederum, dass der im 2. Durchgang vermehrt beobachtete Agonismus und häufigeres Picken hinsichtlich der Unterschiede eine Rolle spielten, was zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen und in der Folge zu erhöhten Tierverlusten führen kann. Hinzu kommt der wesentlich schlechtere Gefiederzustand beim Lampentyp X im 2. Durchgang. Dieser äußert sich natürlich auch in der erhöhten Verlustrate beim Lampentyp X (0,0151 % je Tag) gegenüber dem Lampentyp Y (0,0123 % je Tag).

Zu Legebeginn und -ende waren die Verlustraten mit 0,0171 % bzw. 0,0172 % etwas höher. Die niedrigsten Verluste traten mit 0,009 % in der LW-Gruppe Q2 auf und stiegen danach leicht auf 0,0127 % am Tag. Die signifikanten Unterschiede in den Tierverlusten zwischen den einzelnen LW-Gruppen sind schwer zu interpretieren, zumal Gefiederschäden sowie Schreckhaftigkeit und Nervosität insbesondere der Herde beim Lampentyp X (2. Durchgang) durchgängig ab der 34. LW beobachtet wurden.

## 4.2 Verhalten

### 4.2.1 Standort 1

Die Ergebnisse der Videoauswertungen sind in Tabelle 50 und in der Abbildung 18 dargestellt. Im 1. Durchgang zeigte sich vor allem unter dem Einfluss der Lampentypen A und B ein ausgeprägtes **agonistisches Verhalten und Pickverhalten**. Beim Lampentyp C traten diese Verhaltenskategorien etwas weniger auf. Insgesamt deckt sich dies mit den visuellen Beobachtungen im Stall und den durchgeführten Gefiederbonituren. In allen drei Ställen traten bereits ab der 36. Lebenswoche vermehrt Gefiederschäden beginnend an Schwanz, Kloake und Rücken auf. Auch lagen vermehrt ausgerissene Federn im Scharrbereich. Federfressen wurde ebenfalls beobachtet. Ab der 48. Lebenswoche wurden die Hennen bzw. die betrachteten Körperpartien (Kloake, Rücken, Hals, Brust und Schwanz) überwiegend mit der Boniturnote 4 bewertet. Das heißt, das Gefieder war massiv geschädigt bzw. die Körperpartien wiesen große Kahlstellen auf.

Im 2. Durchgang verringerte sich die Anzahl der Beobachtungen zum agonistischen Verhalten und zum Pickverhalten bei den Lampen A und B um mehr als die Hälfte. Das agonistische Verhalten und Picken der Hennen unter dem Lampentyp C änderte sich jedoch nicht. Sie zeigten aber nun im Vergleich zu den beiden anderen Lampentypen vermehrt agonistisches Verhalten. Analog zum Rückgang der Kategorien agonistisches Verhalten und Picken konnten im 2. Durchgang auch sehr gute Boniturnoten vergeben werden. Insbesondere Kloake und Brust wurden bis kurz vor der Ausstallung überwiegend mit der Note 1 bewertet. Die mit dem Alter der Hennen leicht angestiegenen Gefiederschäden an Rücken, Hals und Schwanz konnten nicht aggressivem oder Pickverhalten angerechnet werden, sondern sind vielmehr durch den Tretakt der Hähne (JAEGER 2011) und mechanische Abnutzungen im System entstanden.

Das stärker ausgeprägte agonistische Verhalten sowie das Pickverhalten und die damit in Verbindung zu bringenden massiven Gefiederschäden im 1. Durchgang sind schwierig zu interpretieren. Beide Durchgänge wurden nahezu gleich bewirtschaftet. Lediglich die Herden wurden ausgetauscht, sodass ein gewisser genetischer Einfluss nicht auszuschließen ist. Allerdings konnte der Einfluss des Durchgangs wie auch der des Lampentyps statistisch nicht bestätigt werden (Tabelle 51).

Anhand der Videoauswertungen wurde deutlich, dass die Hennen als Folge des vermehrten agonistischen Verhaltens und des Pickverhaltens im 1. Durchgang auch weniger **Ausruhverhalten** zeigten im Vergleich zum 2. Durchgang. Die protokollierten Beobachtungen in den Herden bestätigen ebenfalls ein stärkeres Ausruhverhalten im 2. Durchgang. Diese Unterschiede im Ausruhverhalten zwischen den Durchgängen konnten zusätzlich statistisch gesichert werden. Ein Lampeneinfluss ist auszuschließen.

Während im **Komfortverhalten** zwischen den Durchgängen keine Unterschiede gefunden wurden, hatte hier der Lampentyp einen signifikanten Einfluss, der jedoch nicht begründet werden kann. Werden **Ausruh-** und **Komfortverhalten** zusammen als Ausdruck eines Wohlfühlens der Tiere betrachtet, dann wird deutlich, dass diese Verhaltenskategorien im 2. Durchgang bei allen drei Lampentypen häufiger beobachtet wurden. In beiden Durchgängen war jedoch die Anzahl der Aktionen, die Tierwohl charakterisieren, unter dem UV-emittierendem Licht (A) am geringsten.

Die Verhaltenselemente **Synchrones Fressen** und **Futtersuche** wurden im 1. Durchgang bei allen Lampentypen in geringerem Maße registriert als im 2. Durchgang, was auch statistisch gesichert wurde.

Allerdings korreliert das geringer ausgeprägte Futterverhalten im 1. Durchgang nicht mit dem erhöhten Futterverbrauch, der wiederum verursacht sein könnte aufgrund der massiv geschädigten Befiederung der Tiere und dem damit verbundenen höheren Energiebedarf.

**Tabelle 50: Verhaltensbeobachtungen in Anzahl/Bestand \* 1.000.000<sup>(\*)</sup> (Standort 1)**

Verhaltenskategorie	Durchgang	A	B	C
agonistisches Verhalten	1	249,1	264,2	202,3
	2	104,1	112,2	203,4
Picken	1	260,1	237,3	142,8
	2	121,0	99,5	114,4
Ausruhverhalten	1	1315,2	1422,0	1210,9
	2	1680,2	1653,6	1825,4
Komfortverhalten	1	1500,0	2143,0	1880,1
	2	1398,9	2024,3	2276,7
<b>Ausruh- und Komfortverhalten</b>	<b>1</b>	<b>2815,2</b>	<b>3565,0</b>	<b>3091,0</b>
	<b>2</b>	<b>3079,1</b>	<b>3677,9</b>	<b>4102,1</b>
Futterverhalten	1	1331,9	1083,9	1300,4
	2	1555,1	1850,1	1610,4

<sup>(\*)</sup> Anzahl Aktivitäten bei einem bestimmten Verhaltenselement (z. B. Drohen, siehe Tabelle 14) am Beobachtungstag/Bestand am Beobachtungstag \* 1.000.000

**Tabelle 51: Ergebnisse der Varianzanalyse für Verhaltensmerkmale am Standort 1**

Effekte im Modell	agonVerh.	Picken	AusruhVerh.	KomfortVerh.	FutterVerh.
Durchgang			***		**
Lampentyp				*	

\*\*\* p<0.001 \*\* p<0.01 \* p<0.05

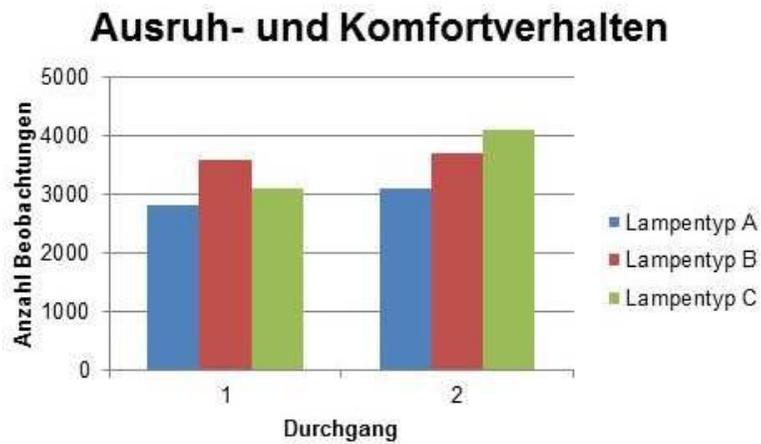
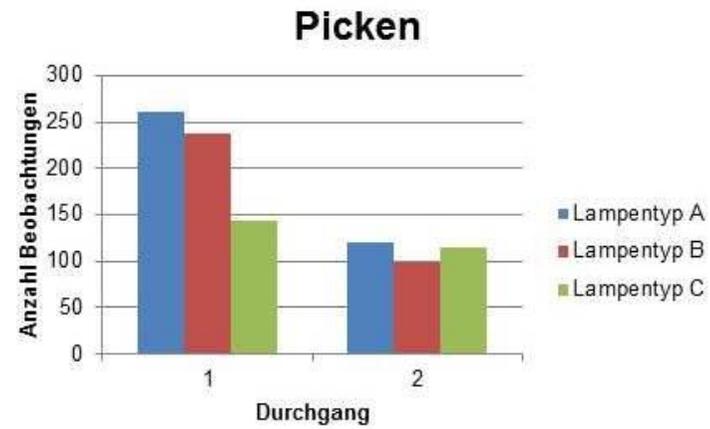
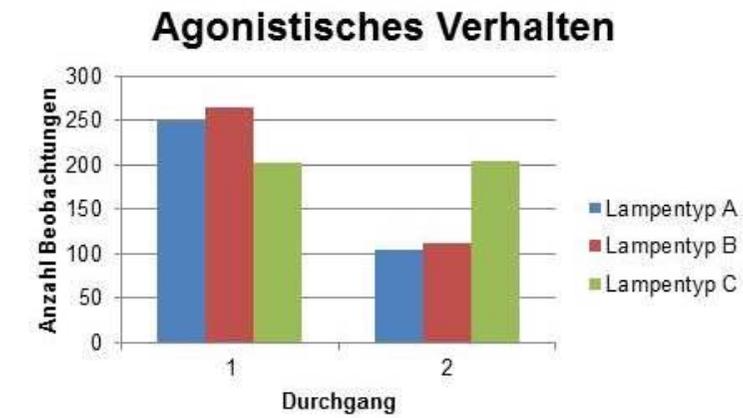


Abbildung 18: Verhaltensbeobachtungen in Anzahl/Bestand \* 1.000.000 (Standort 1)

#### 4.2.2 Standort 2

Tabelle 52 und Abbildung 19 beinhalten das Ergebnis der Verhaltensbeobachtungen am Standort 2. Sowohl bei den **agonistischen Verhaltenselementen** als auch beim **Picken** wurden im 2. Durchgang gegenüber dem 1. wesentlich häufiger Aktivitäten registriert. Die bei den Kontrollgängen protokollierten Beobachtungen bestätigen, dass die Tiere im 2. Durchgang aggressiver, nervöser und schreckhafter waren, aber auch unterwürfiges und Fluchtverhalten zeigten. Für das agonistische Verhalten konnte der Einfluss des Prüfdurchganges statistisch gesichert werden, für das Pickverhalten jedoch nicht (Tabelle 53).

Auch wenn der Lampentyp keinen statistischen Einfluss hatte, wurden beim Lampentyp Y häufiger agonistische Verhaltensweisen gezählt. Im 2. Durchgang hingegen trat beim Lampentyp X stärkeres Pickverhalten auf, was sich wiederum in vermehrt festgestellten Gefiederschäden und damit schlechteren Boniturnoten äußerte.

Die verstärkt aufgetretenen agonistischen Verhaltenselemente im 2. Durchgang korrelieren mit einem Rückgang des beobachteten **Ausruh- und Komfortverhaltens** der Hennen. Auf diese beiden Verhaltenskategorien hatte demzufolge auch der Durchgang einen signifikanten Einfluss. Obwohl unter warmweißem Licht (Y) die Anzahl Aktivitäten von Ausruh- und Komfortverhalten in beiden Durchgängen größer war, konnte ein statistischer Zusammenhang lediglich zwischen Lampentyp und Komfortverhalten ermittelt werden.

**Tabelle 52: Verhaltensbeobachtungen in Anzahl/Bestand \* 1.000.000 <sup>(\*)</sup> (Standort 2)**

Verhaltenskategorie	Durchgang	X	Y
agonistisches Verhalten	1	114,7	135,2
	2	187,1	232,3
Picken	1	8,5	17,3
	2	39,1	25,8
Ausruhverhalten	1	1480,8	1609,3
	2	959,2	1095,5
Komfortverhalten	1	1042,8	1054,3
	2	701,9	994,7
<b>Ausruh- und Komfortverhalten</b>	<b>1</b>	<b>2523,6</b>	<b>2663,6</b>
	<b>2</b>	<b>1661,1</b>	<b>2090,2</b>
Futterverhalten	1	1432	1502,4
	2	1516,6	1789

<sup>(\*)</sup> Anzahl Aktivitäten bei einem bestimmten Verhaltenselement (z. B. Drohen, siehe Tabelle 14) am Beobachtungstag/Bestand am Beobachtungstag \* 1.000.000

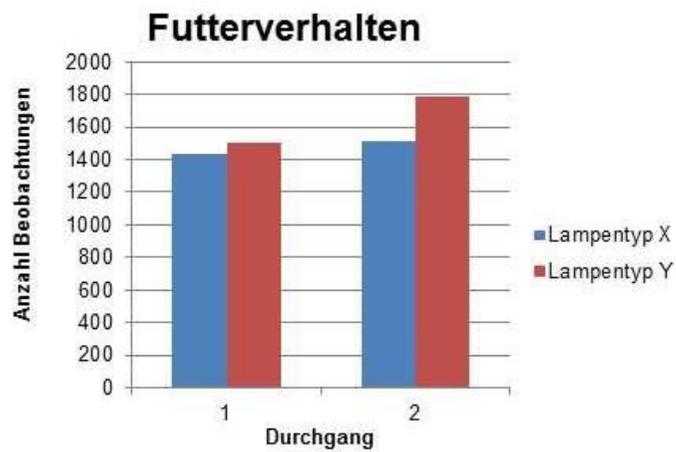
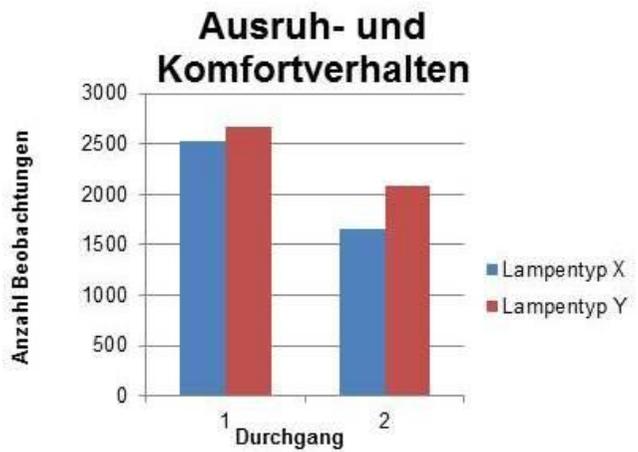
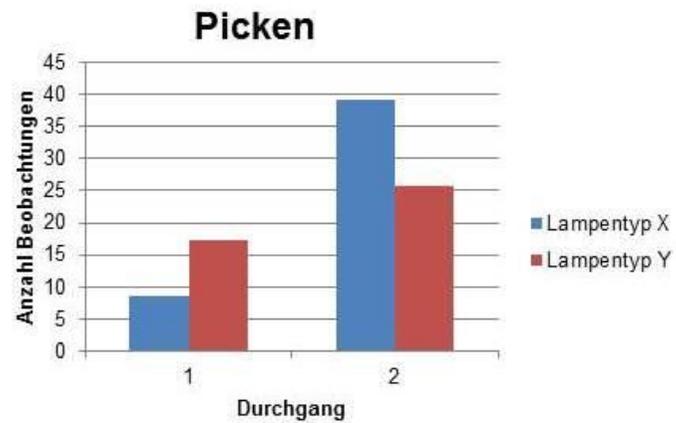
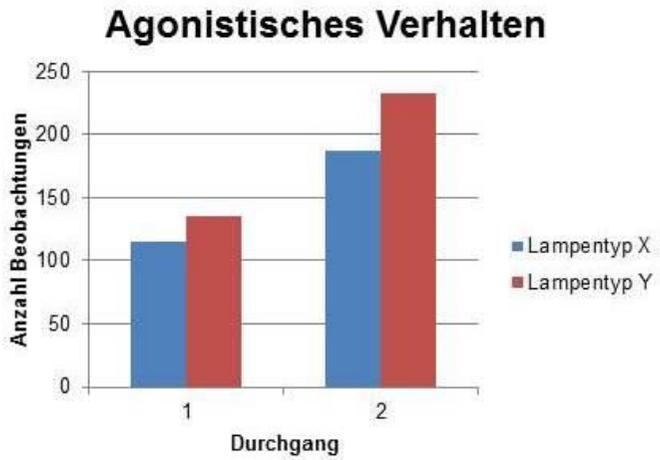


Abbildung 19: Verhaltensbeobachtungen in Anzahl/Bestand \* 1.000.000 (Standort 2)

Im **Futterverhalten** gab es wie am Standort 1 gesicherte Unterschiede zwischen den Durchgängen. So wurden im 2. Durchgang vermehrt Aktivitäten hinsichtlich synchronem Fressen und Futtersuche registriert. Diese Beobachtungen decken sich mit dem erhöhten Futterverbrauch, dessen Ursache im erhöhten Agonismus und Pickverhalten zu vermuten ist. Hennen, die sich mehr bewegen, haben einen höheren Energiebedarf und damit einen höheren Futterverbrauch.

**Tabelle 53: Ergebnisse der Varianzanalyse für Verhaltensmerkmale am Standort 2**

Effekte im Modell	agonVerh.	Picken	AusruhVerh.	KomfortVerh.	FutterVerh.
Durchgang	*		***	*	**
Lampentyp				*	

\*\*\*  $p < 0.001$  \*\*  $p < 0.01$  \*  $p < 0.05$

## 4.3 Spektrale Messungen

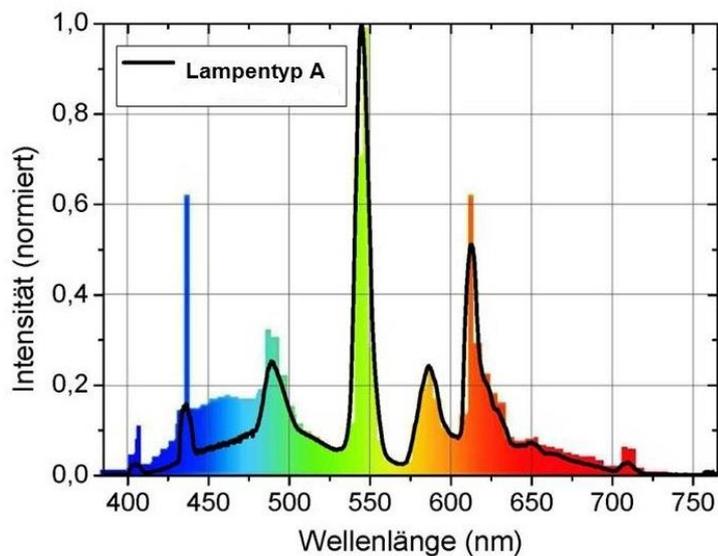
Bei der Messung der spektralen Zusammensetzung der verschiedenen Lampentypen wurden zum einen die Graphen mit den Herstellerangaben überprüft und zum anderen der Einfluss von Alterung, Dimmung und Abdeckung bzw. Verschmutzungsgrad berücksichtigt. Insbesondere durch die Dimmung und Abdeckung bzw. Verschmutzung ist eine Verringerung der Intensität der Emissionen zu erwarten. Um jedoch auch eine mögliche Verschiebung des Spektrums sichtbar machen zu können, wurden die zu vergleichenden Graphen bei einer bestimmten Wellenlänge genormt.

### 4.3.1 Vergleich zu Herstellerangaben

Zu den Lampentypen A, B und X lagen vom Hersteller veröffentlichte Graphen (farbig dargestellt) vor, sodass diese mit den gemessenen Spektren (schwarze Linien) verglichen werden konnten. Aus Abbildung 20 und Abbildung 21 wird deutlich, dass sich die Lampentypen A und B nur geringfügig unterscheiden. Beide weisen ein so genanntes 3-Banden-Spektrum mit Hauptemissionen im blauen, grünen und orange-roten Wellenlängenbereich auf. Durch die additive Farbmischung ergibt sich ein Licht, das als tageslichtähnlich empfunden wird.

Im Vergleich zum Lampentyp B wird beim Lampentyp A vom Hersteller ein geringer Anteil Emissionen im UV- bzw. UV-nahen Bereich (unter 400 nm) ausgewiesen, der so durch eigene Messungen nicht bestätigt werden konnte. Die gemessene Intensität der kürzeren Wellenlängen (blau) war insgesamt bei beiden Lampentypen im Vergleich zu den Herstellerangaben geringer.

Im grünen und orange-roten Bereich gab es aber weitestgehend Übereinstimmungen zwischen den eigenen Messungen und denen des Herstellers.

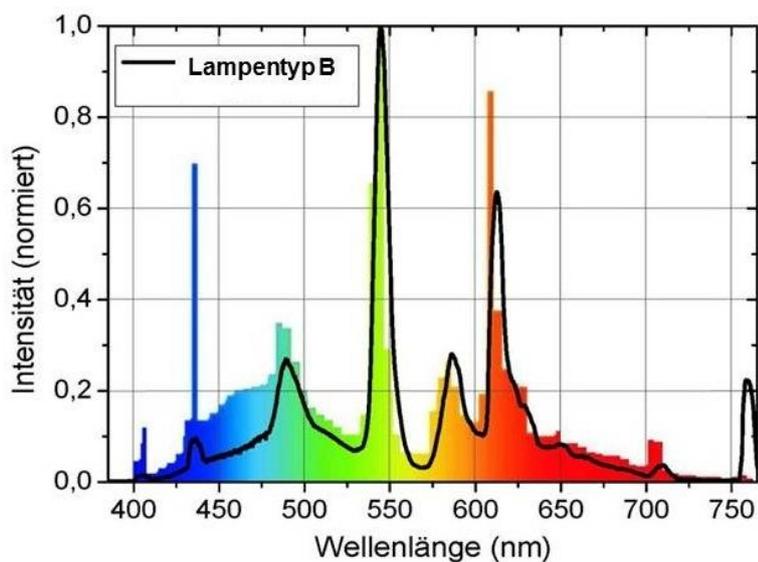


**Abbildung 20: Spektrenvergleich: eigene Messung – Hersteller beim Lampentyp A**

**bunte Fläche: Spektrum aus dem Datenblatt des Herstellers**

**schwarze Linie: eigene Messungen**

(Quelle: [http://www.narva-bel.de/de/Produkte\\_Leuchtstofflampen/Leuchtstofflampen\\_LT/T8\\_1489.html](http://www.narva-bel.de/de/Produkte_Leuchtstofflampen/Leuchtstofflampen_LT/T8_1489.html) , letzter Zugriff am 19.6.2014)



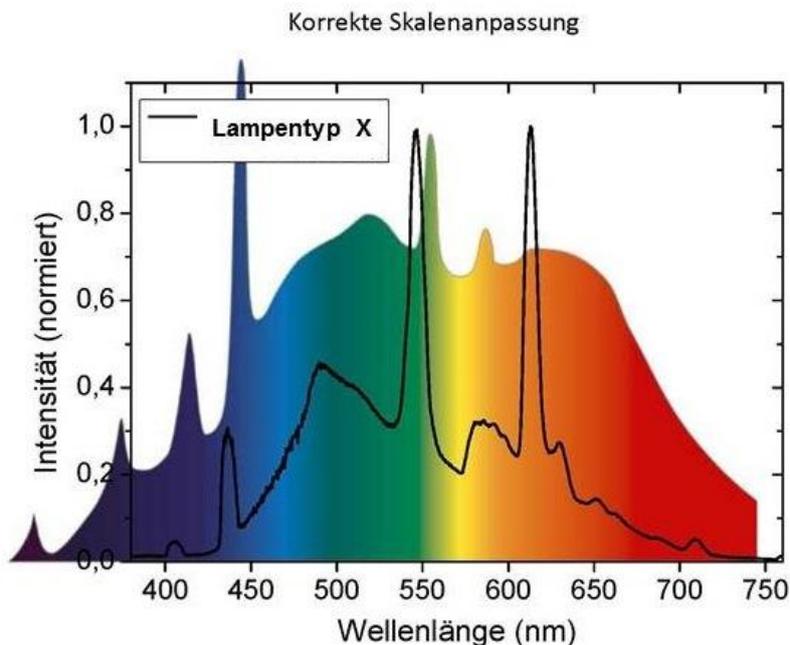
**Abbildung 21: Spektrenvergleich: eigene Messung – Hersteller beim Lampentyp B**

**bunte Fläche: Spektrum aus dem Datenblatt des Herstellers**

**schwarze Linie: eigene Messungen**

(Quelle: [http://www.narva-bel.de/ressourcen/datenblaetter/DB\\_11058.02%20LT-T8\\_COLOURLUX\\_de\\_Luxe.pdf](http://www.narva-bel.de/ressourcen/datenblaetter/DB_11058.02%20LT-T8_COLOURLUX_de_Luxe.pdf) , letzter Zugriff am 19.6.2014)

Das Spektrum des Lampentyps X (Abbildung 22) ist laut Hersteller wesentlich ausgewogener (farbige spektrale Darstellung). Es sind zwar auch hier Peaks im blauen und grünen Bereich ausgewiesen, aber insgesamt kommt die spektrale Verteilung dem natürlichen Tageslicht schon sehr nahe. Allerdings wurden in den eigenen Messungen geringere Intensitäten und zusätzlich ein ausgeprägter Peak im orangefarbenen Bereich ermittelt. Trotz dieser Unterschiede zum Herstellergraph ist auch das gemessene Spektrum ausgeglichener als ein typisches 3-Banden-Spektrum.



**Abbildung 22: Spektrvergleich: eigene Messung – Hersteller beim Lampentyp X**  
**bunte Fläche: Spektrum aus dem Datenblatt des Herstellers**  
**schwarze Linie: eigene Messungen**

(Quelle: [http://www.ross-licht.de/tageslichtlampe/true\\_light](http://www.ross-licht.de/tageslichtlampe/true_light), letzter Zugriff am 19.6.2014)

Die Unterschiede zwischen Hersteller- und eigenen Messungen spiegeln sich auch in der Farbtemperatur und dem Farbwiedergabeindex wider (Tabelle 54). Mit Ausnahme des Lampentyps Y liegen bei allen anderen Lampen die aufgrund eigener Messungen errechneten Farbtemperaturwerte unter denen des Herstellers. Das heißt, sie besitzen einen etwas höheren spektralen Energieanteil im langwelligen Bereich.

Weil alle tageslichtweißen Lampentypen (A, B, X) unter Laborbedingungen Farbtemperaturen von unter 5.000 K aufwiesen, müsste deren Licht als neutralweiß bezeichnet werden. Die größte Differenz weist mit über 1.000 K der Lampentyp A auf. Beim Lampentyp Y lag die berechnete Farbtemperatur hingegen fast 800 K über der Angabe des Herstellers. Auch der Farbwiedergabeindex, also die Qualität der Farbwiedergabe, war bei allen Lampentypen geringer als der vom Hersteller angegebene. Den höchsten in eigenen Berechnungen ermittelte CRI erreichte mit 84,28 der Lampentyp X.

**Tabelle 54: Farbtemperatur und Farbwiedergabeindex**

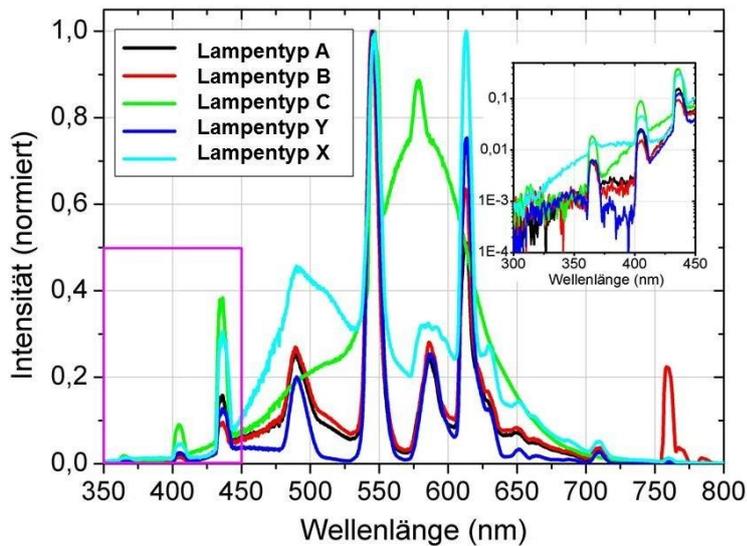
Lampentyp	Farbtemperatur (K)		Farbwiedergabeindex CRI	
	Herstellerangabe	eigene Messung	Herstellerangabe	eigene Messung
A	5800	4521	>90	78,79
B	5000	4364	>90	81,61
C	4100	3561	63	53,98
X	5500	4830	>90	84,28
Y	3000	3683	>80	74,84

Mit Ausnahme des Lampentyps X besaßen alle vermessenen Lampentypen keinen, in Bezug auf das vorherrschende Sonnenspektrum in den Breitengraden (AM 1.5G), erhöhten UV-Anteil. Der UV-Emissionsanteil der untersuchten Lampen liegt zwischen 2,3 und 3,1 %, das mit dem des AM 1.5G Spektrums von 3,2 % vergleichbar ist. Eine Fehlerabschätzung des UV-Anteils der Lampen sollte +/- 1,0 Prozentpunkt betragen. Damit konnte der vom Hersteller des Lampentyps A angegebene UV A/B-Anteil von 4,0/0,4 % nicht nachgewiesen werden.

Anders beim Lampentyp X: Dieser weist ohne Abdeckung einen gegenüber der Sonne erhöhten UV-Anteil von ca. 10 % auf, also wesentlich mehr als vom Hersteller veröffentlicht (UV A/B-Anteil von 4,5/0,4 %).

#### 4.3.2 Vergleich der Lampen

In Abbildung 23 sind die Graphen aller verwendeten Lampentypen dargestellt. Gemessen wurde jeweils im Neuzustand, ohne Dimmung und ohne Abdeckung. Es wird deutlich, dass sich die Spektren der Lampen A, B und Y nur unwesentlich unterscheiden, jeweils mit den drei Hauptemissionsbereichen blau, grün und orange-rot. Der Lampentyp C hat einen hohen spektralen Energieanteil im Wellenlängenbereich 500 bis 625 nm (grün bis orange), der dafür verantwortlich ist, dass das ausgestrahlte Licht gegenüber dem von tageslichtähnlichen Lampen vom Menschen als nicht so bläulich oder kalt empfunden wird. Dies spiegelt sich ebenfalls in einer geringeren Farbtemperatur (ca. 3.500 bis 4.000 K) und einem geringeren Farbwiedergabeindex von unter 63 wider. Der Lampentyp X weicht vor allem im Bereich von 450 bis 525 nm (blau bis grün) von den 3-Banden-Spektren ab. Allerdings zeigt er auch im Bereich von 550 bis 675 nm höhere Intensitäten, wodurch die spektrale Verteilung ausgewogener ist.



**Abbildung 23: Gemessene spektrale Zusammensetzung der verwendeten Lampen**

In der vergrößerten Darstellung des ultraviolett bis blauen Wellenlängenbereiches (Abbildung oben rechts) wird sichtbar, dass der Lampentyp X in der Intensität über den anderen Lampentypen liegt, d. h. einen höheren UV-Anteil hat. Allerdings emittiert auch der Lampentyp C ab ca. 360 nm etwas stärker.

### 4.3.3 Alterungseffekte

Die Messungen zu den Alterungseffekten erfolgten einheitlich ohne Dimmung und Abdeckung. Um eine mögliche Verschiebung der spektralen Zusammensetzung zu verdeutlichen, wurden die gemessenen Graphen auf eine bestimmte Wellenlänge genormt.

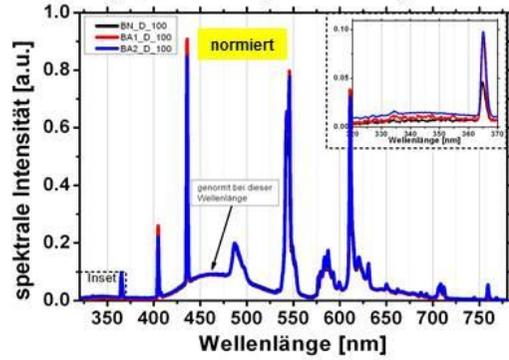
Im Untersuchungszeitraum von 0 (neu) bis 13 bzw. 17 Monaten Betriebsdauer konnten keine Alterungseffekte in Bezug auf eine veränderte spektrale Form festgestellt werden. Beispielhaft hierfür sind in der Abbildung 24 die genormten Graphen der Lampentypen A, X und Y aufgezeigt.

Weil die Lampentypen B und C zu Beginn des 2. Durchgangs nicht ausgetauscht wurden, konnte bei diesen der Einfluss der Alterung bis zu 28 Monaten Betriebsdauer verfolgt werden.

Beim Lampentyp B zeigten sich zwischen den Messungen mit 15 Monaten und mit 28 Monaten Betriebsdauer Abweichungen der spektralen Form (Abbildung 25). Wie in der Vergrößerung des UV-Bereiches (Abbildung oben rechts) zu erkennen ist, gab es auch im Abschnitt unter 370 nm Veränderungen. Dies wurde in teilweise verschwindenden charakteristischen Spektrallinien des Füllgases ersichtlich. Weiterhin traten Veränderungen der Intensitäten der Spektrallinien zueinander auf. Veränderungen bzw. eine „Alterung“ im Füllgas wären somit denkbar.

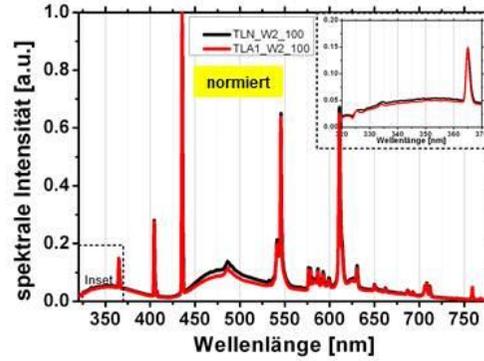
Andererseits waren beim Lampentyp C in diesem Messzeitraum keine Alterungseffekte zu beobachten. Hierzu wären weitere Messungen notwendig gewesen, die jedoch über das Projektende hinausgegangen wären.

Lampentyp A, keine Dimmung, ohne Abdeckung.



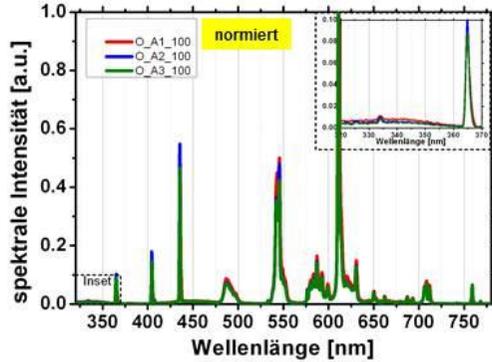
BN\_D\_100 = Messung im neuen Zustand  
 BA1\_D\_100 = Messung nach 6 Mon. Betriebsdauer  
 BA2\_D\_100 = Messung nach 13 Mon. Betriebsdauer

Lampentyp X, keine Dimmung, ohne Abdeckung



TLN\_W2\_100 = Messung im neuen Zustand  
 TLA1\_W2\_100 = Messung nach 6 Mon. Betriebsdauer

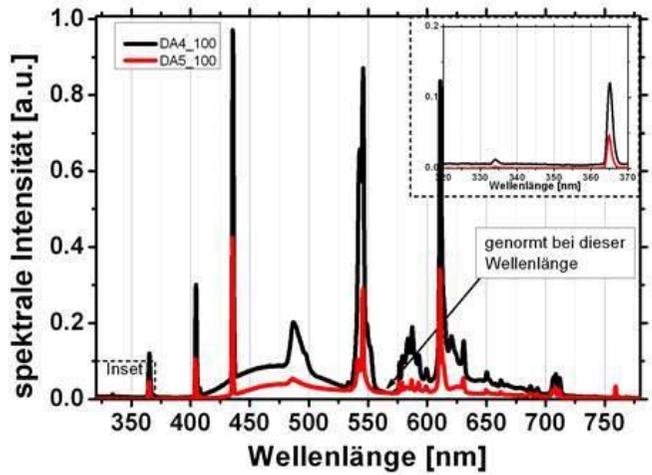
Lampentyp Y, keine Dimmung, ohne Abdeckung



O\_A1\_100 = Messung nach 6 Mon. Betriebsdauer  
 O\_A2\_100 = Messung nach 9 Mon. Betriebsdauer  
 O\_A3\_100 = Messung nach 17 Mon. Betriebsdauer

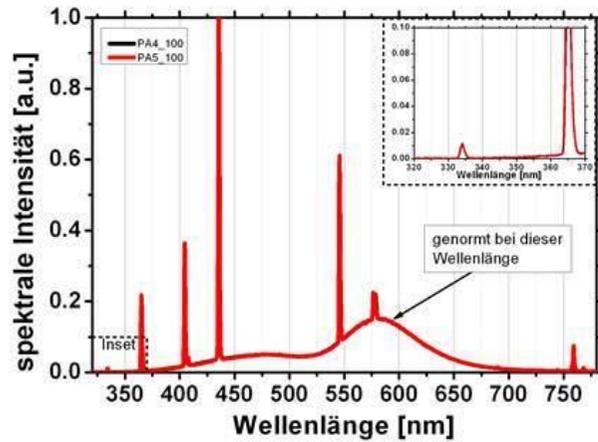
Abbildung 24: Vergleich der Lampentypen A, X und Y hinsichtlich der Alterung

Lampentyp B, keine Dimmung, ohne Abdeckung



DA4\_100 = Messung nach 15 Monaten Betriebsdauer  
DA5\_100 = Messung nach 28 Monaten Betriebsdauer

Lampentyp C, keine Dimmung, ohne Abdeckung



PA4\_100 = Messung nach 15 Monaten Betriebsdauer  
PA5\_100 = Messung nach 28 Monaten Betriebsdauer

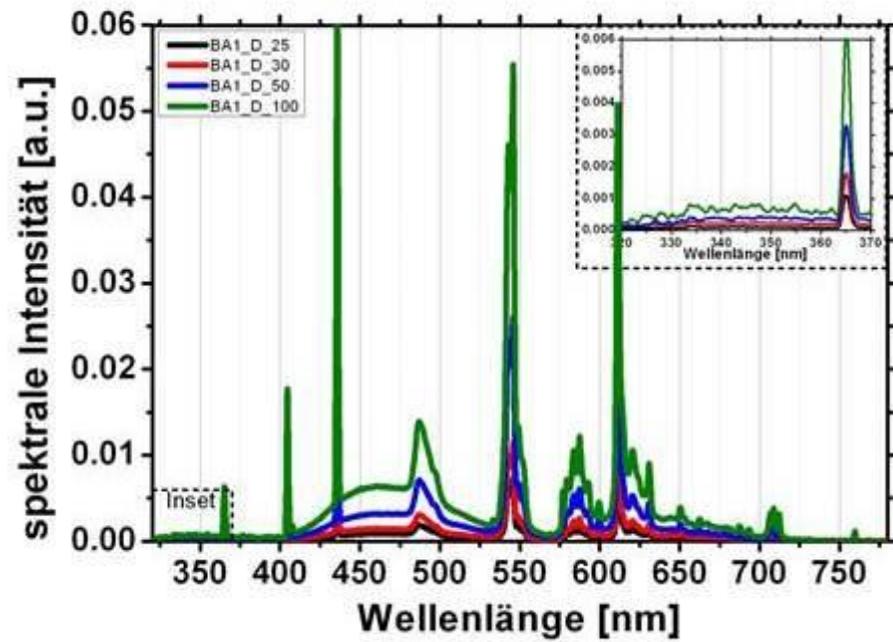
Abbildung 25: Vergleich der Lampentypen B und C hinsichtlich der Alterung

#### 4.3.4 Einfluss der Dimmung

Zur Ermittlung des Einflusses der Dimmung wurden die Lampen bei verschiedenen Dimmstufen spektral vermessen. Die Lampenabdeckung wurde entfernt. Weil das Licht in den Ställen am Standort 1 stärker nach unten geregelt wurde, wurde hier eine Dimmung auf 50 %, auf 30 % und auf 25 % im Vergleich zur maximalen Beleuchtungsstärke (keine Dimmung) berücksichtigt (Abbildung 26). Am Standort 2 erfolgten die Messungen ohne Dimmung sowie bei Dimmung auf 60 % und 40 % (Abbildung 27).

Bei allen Lampentypen verringerten sich erwartungsgemäß mit zunehmender Dimmstufe die Intensitäten im gesamten Wellenlängenbereich. Eine Normung der Graphen zeigte jedoch, dass die Dimmung für die gemessenen Spektren neutral erfolgte. Das heißt, die Graphen der einzelnen Lampentypen sind bei den unterschiedlichen Dimmstufen nahezu deckungsgleich. Innerhalb der Fehlergrenzen traten demnach keine Veränderungen der spektralen Form auf. Dies gilt auch für den UV-nahen bzw. den UV-Bereich (Ausschnitt oben rechts).

Weitere grafische Darstellungen gemessener Spektren, die unter Berücksichtigung der Dimmstufe erfolgten, sind im Anhang (Abbildung 13 bis Abbildung 15) zu finden.



normiert

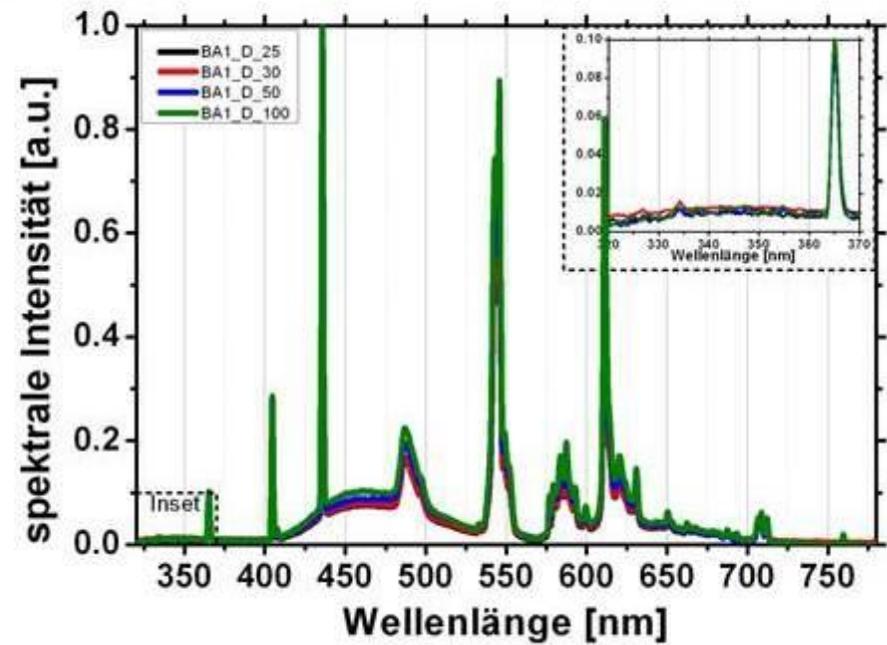


Abbildung 26: Dimmung bei Lampentyp A (keine Abdeckung)

- BA1\_D\_25 = Dimmung auf 25 %
- BA1\_D\_30 = Dimmung auf 30 %
- BA1\_D\_50 = Dimmung auf 50 %
- BA1\_D\_100 = keine Dimmung

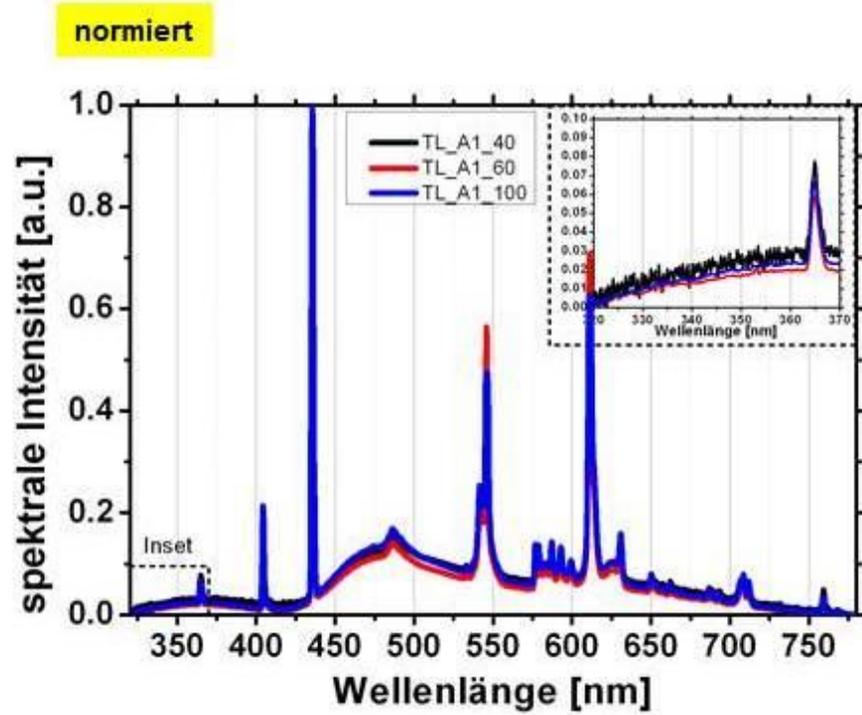
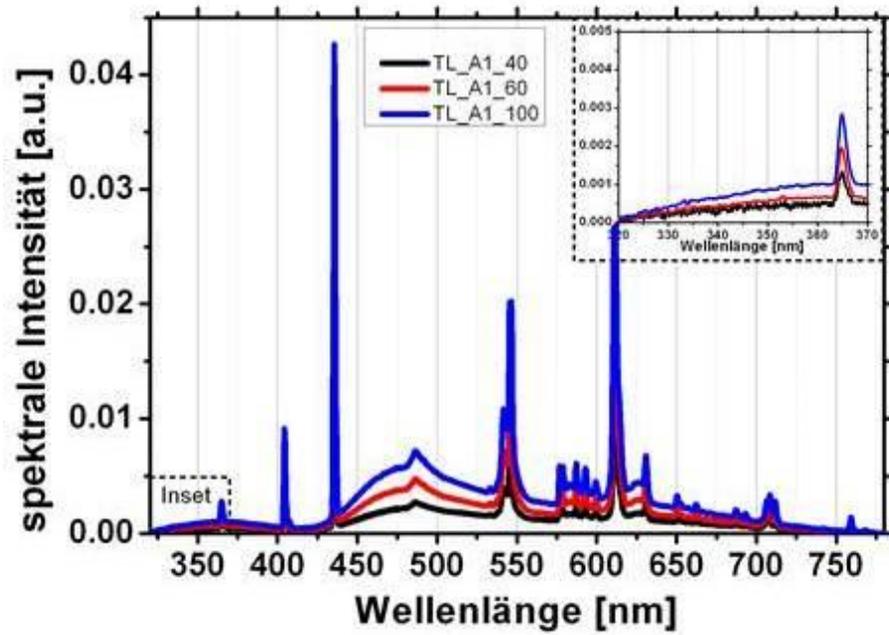


Abbildung 27: Dimmung bei Lampentyp X (keine Abdeckung)

- TL\_A1\_40 = Dimmung auf 40 %
- TL\_A1\_60 = Dimmung auf 60 %
- TL-A1\_100 = keine Dimmung

#### 4.3.5 Einfluss des Verschmutzungsgrades der Lampen

Die Lampen, die am Standort 1 eingesetzt waren, wurden bei verschiedenen Verschmutzungsgraden vermessen. Dabei erfolgte keine Dimmung des Lichtes. Aus Abbildung 28 sowie aus Abbildung 16 und Abbildung 17 im Anhang ist zu erkennen, dass bei allen drei Lampentypen in Abhängigkeit von der Stärke der Verschmutzung die Intensität der Lichtquelle reduziert wird. Während durch eine saubere Glasabdeckung die Intensität nur geringfügig beeinflusst wird, ist bei stark verschmutzter Glasabdeckung der Rückgang am größten.

Anhand der genormten Darstellungen ist jedoch zu erkennen, dass die unterschiedlichen Verschmutzungsgrade nicht zu einer ausgeprägten selektiven Absorption bestimmter Wellenlängenbereiche führen. Das heißt, die spektrale Form der Lichtquellen verändert sich nicht wesentlich. Lediglich die durch Abdeckung mittels einer „weißen“ Zellstofflage simulierte starke Verschmutzung zeigt eine tendenziell verstärkte Absorption im untersuchten UV-Bereich (320 nm bis 380 nm).

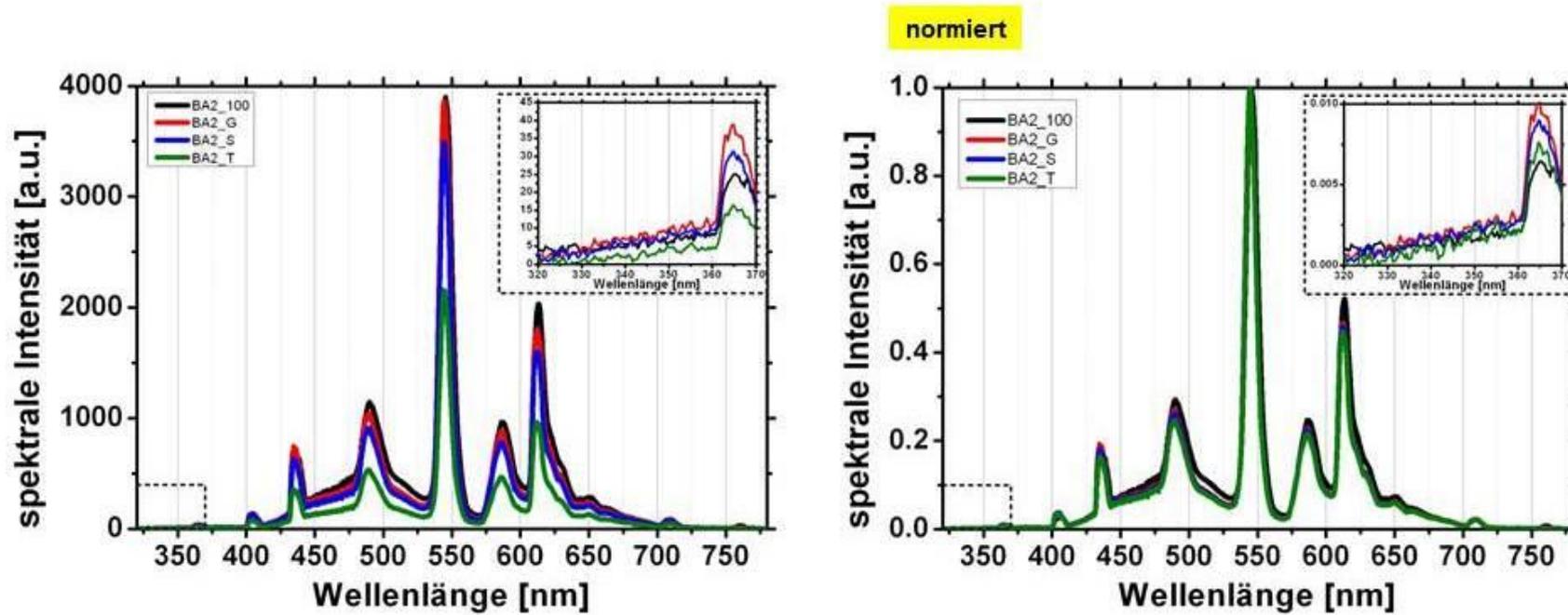


Abbildung 28: Verschmutzungsgrad bei Lampentyp A (keine Dimmung)

- BA2\_100 = ohne Abdeckung
- BA2\_G = saubere Glasabdeckung
- BA2\_S = leicht verschmutzte Glasabdeckung
- BA2\_T = stark verschmutzte Glasabdeckung (simuliert durch eine Lage Zellstoff)

#### 4.3.6 Einfluss der Lampenabdeckung

Weil am Standort 1 die Ställe im Scharrraum mit glasummantelten Rohrleuchten und im Kontrollgang mit Deckenlampen, die eine Plastabdeckung hatten, ausgestattet waren, wurde beim Lampentyp A das Spektrum ohne Abdeckung sowie mit Plast- bzw. Glasabdeckung erfasst (Abbildung 29). Das Licht wurde während der Messung nicht gedimmt. Auch hier ist eine geringfügige Abnahme der Intensität bei Glasabdeckung und ein, besonders im Wellenlängenbereich von etwa 425 bis 525 nm, etwas stärkerer Rückgang bei Plastabdeckung zu erkennen.

Die genormten Graphen weisen jedoch bis auf den UV-Bereich eine weitestgehende Ähnlichkeit auf. Hier zeigt sich eine starke Dämpfung des UV-Anteils der Leuchtstoffröhren mit Plastabdeckung gegenüber denen ohne bzw. mit Glasabdeckung. Die Plastabdeckung führt teilweise zur vollständigen Absorption der Emission des untersuchten UV-Bereichs.

Dies bestätigen auch die vergleichenden Messungen an den Lampentypen X und Y am Standort 2, wo nur zwischen ohne Abdeckung und Plastabdeckung unterschieden wurde (Abbildung 30 und Abbildung 31). Beim Lampentyp X, dem einzigen, der bezogen auf das Sonnenspektrum in den Breitengraden (AM 1.5G) mit ca. 10 % einen erhöhten UV-Anteil besitzt, reduzierte das Anbringen der Plastabdeckung diesen Anteil auf 0,8 %. Es werden also selbst bei einem hohen UV-Anteil im Spektrum nahezu keine Kurzwellen transmittiert.

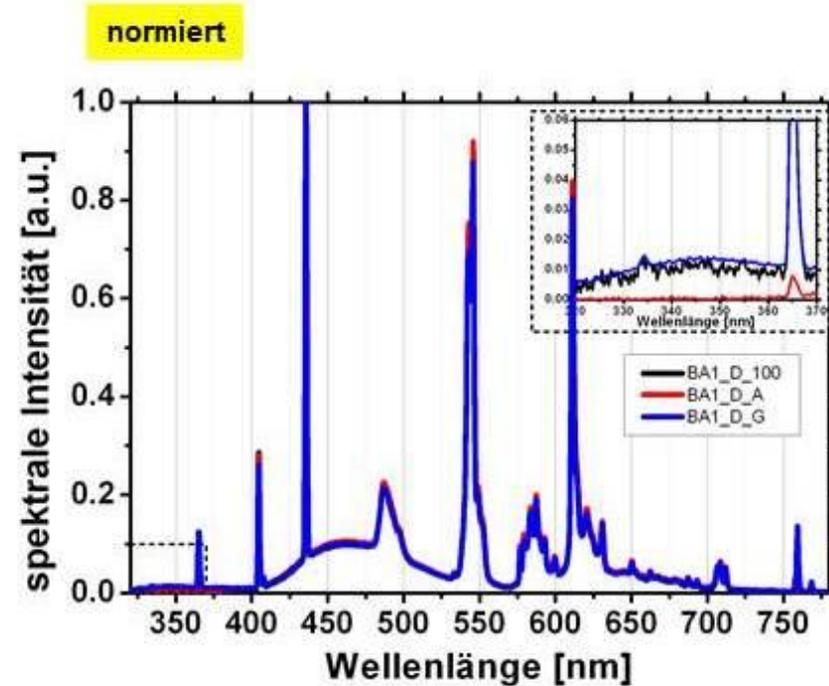
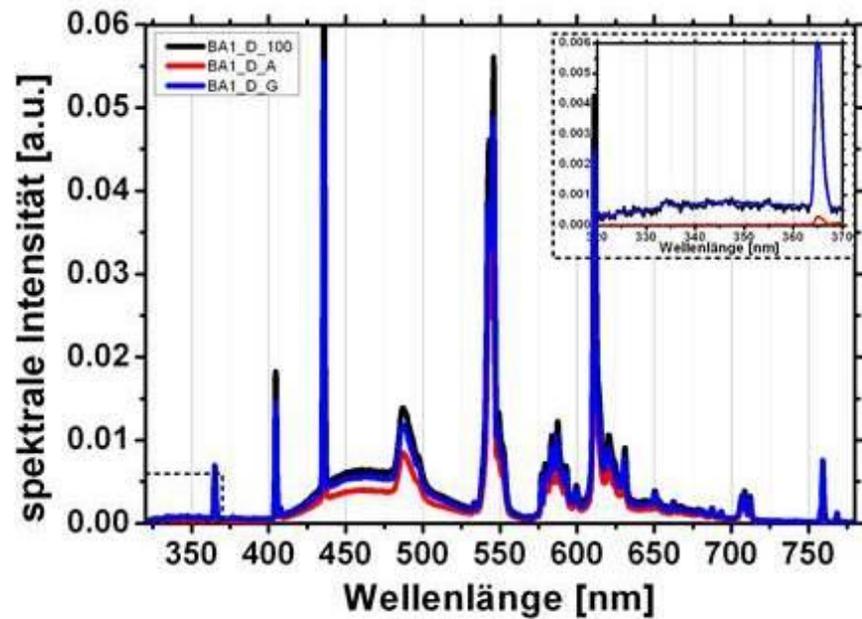


Abbildung 29: Abdeckung bei Lampentyp A (keine Dimmung)

- BA1\_D\_100 = ohne Abdeckung
- BA1\_D\_A = Plastabdeckung
- BA1\_D\_G = Glasabdeckung

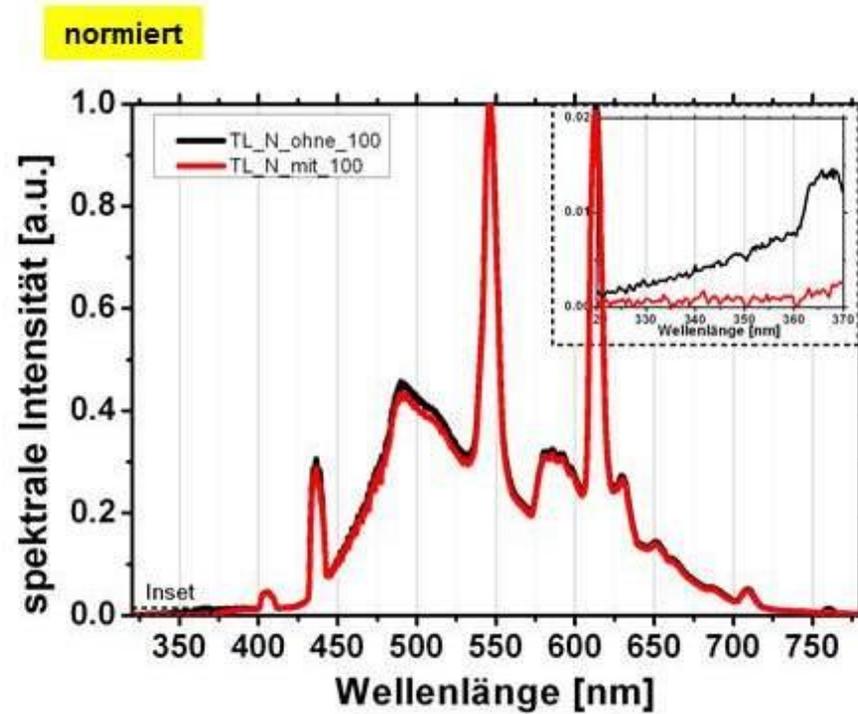
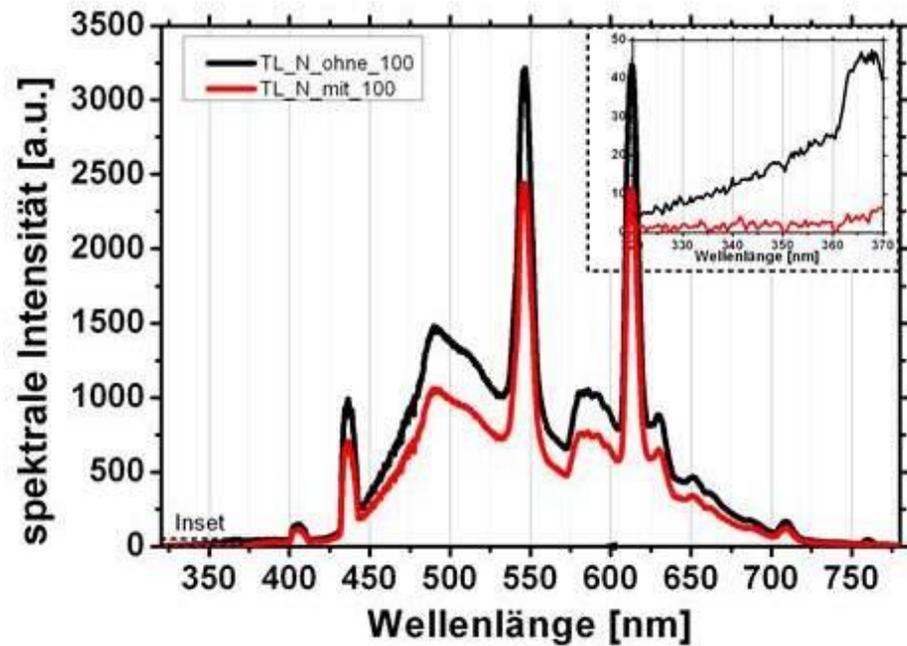


Abbildung 30: Abdeckung bei Lampentyp X (keine Dimmung)

TL\_N\_ohne\_100 = ohne Abdeckung  
 TL\_N\_mit\_100 = mit Plastabdeckung

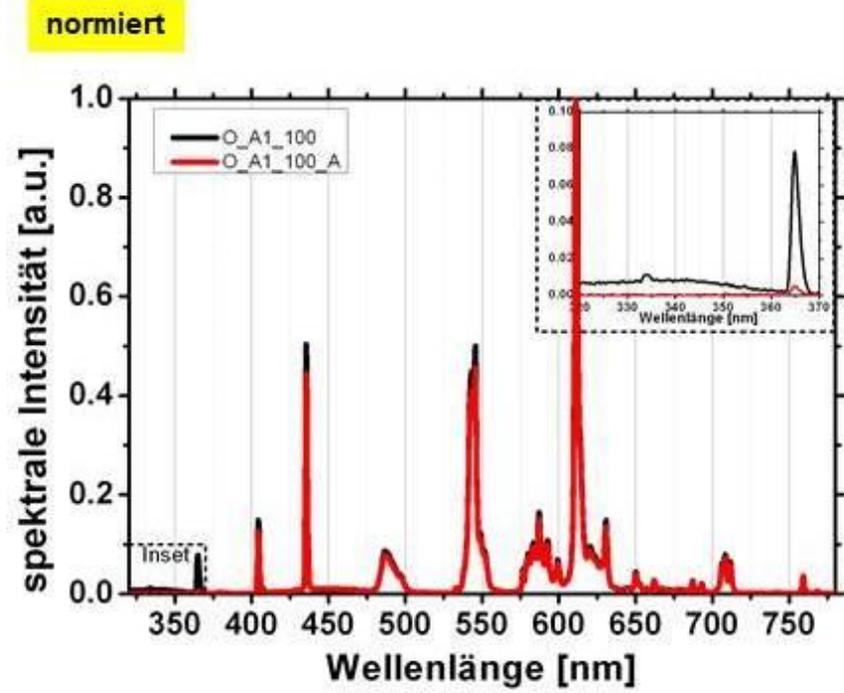
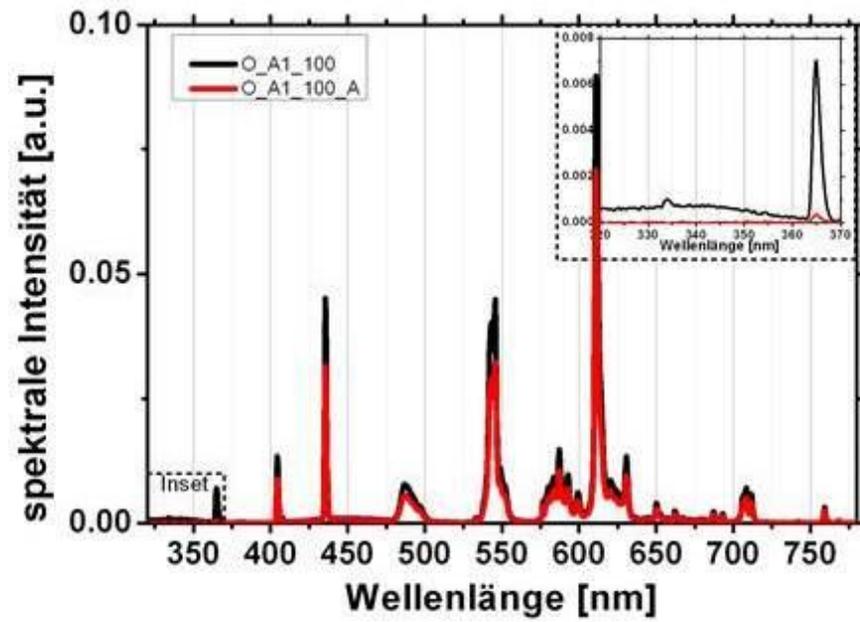


Abbildung 31: Abdeckung bei Lampentyp Y (keine Dimmung)

- O\_A1\_100 = ohne Abdeckung
- O\_A1\_100\_A = mit Plastabdeckung

# 5 Zusammenfassung

Im Gegensatz zum Menschen sehen Vögel neben den Farbkanälen Rot, Grün, Blau (Trichromasie) auch UV-Licht und Schillerfarben (Pentachromasie). Diesen spezifischen Sehleistungen des Vogelauges trägt die heute gebräuchliche Kunstlichtgestaltung in Geflügelställen nur wenig Rechnung. Insbesondere der in herkömmlichen Leuchtstofflampen fehlende erhöhte UV-Anteil im Lichtspektrum ist unerlässlich, damit Legehennen ihre Haltungsumgebung wie unter natürlichem Tageslicht und nicht in „Falschfarben“ wahrnehmen können. Das Sehen im UV-Bereich dient ihnen zugleich zur Geschlechts- und Individualdifferenzierung sowie zur Futterbeurteilung (KORBEL 2011). Der Einsatz von Tageslicht-Leuchtstofflampen mit UV-Anteil sollte daher eher dem Sehvermögen des Geflügels und damit den Anforderungen an eine tiergerechte Beleuchtung gerecht werden.

Ziel des Vorhabens war es zu ermitteln, inwieweit sich Leuchtstoffröhren mit einem erhöhten UV-Anteil im Spektrum im Vergleich zu tageslichtähnlichen Lampen ohne UV-Anteil sowie herkömmlicher Beleuchtung im Stall auf die Leistung, den Futter- und Wasserverbrauch, die Tierverluste und das Verhalten von Legehennen auswirken.

In die Untersuchungen konnten zwei Legehennenfarmen (Standorte) mit jeweils zwei Durchgängen einbezogen werden. Am Standort 1 standen drei baugleiche Ställe mit identischer Stallausrüstung (Natura 60) und gleicher Bewirtschaftung zur Verfügung. Geprüft wurden eine tageslichtähnliche UV-emittierende Lampe (A), eine tageslichtähnliche ohne UV-Anteil (B) und eine neutralweiße herkömmliche Leuchtstofflampe (C). Am Standort 2 waren es zwei Ställe, die sich ebenfalls hinsichtlich Ausstattung (Natura-Nova) und Management nicht unterschieden. Zum Einsatz kamen hier ein hinsichtlich der spektralen Verteilung dem natürlichen Tageslicht sehr ähnlicher (X) und ein warmweißer herkömmlicher Lampentyp (Y).

Erfasst wurden sämtliche Stallbuchdaten. Die Verhaltensanalyse erfolgte per Videoaufnahmen. Um die Qualität der eingesetzten Lampen definieren zu können, wurden im Institut für Angewandte Photophysik der Technischen Universität Dresden der UV-Anteil und die spektrale Energieverteilung des Lampenlichts gemessen, ausgewertet und in Form von Graphen dargestellt.

Die wichtigsten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die mittleren Legeraten zwischen der 23. und 60. Lebenswoche am Standort 1 lagen mit bis zu 95,6 % und am Standort 2 von der 23. bis zur 56. Lebenswoche mit bis zu 97,3 % sehr hoch, auch wenn hier Legebeginn und Legeende nicht berücksichtigt werden konnten. Unterschiede zwischen den Lampentypen wurden an beiden Standorten nicht beobachtet.
- Der neutralweiße (C) und der warmweiße Lampentyp (Y), also die Lampen, die etwas weniger im blauen Bereich bzw. stärker im orange-roten Bereich emittieren, hatten signifikant höhere Anteile an B-Ware und an verlegten Eiern gegenüber den tageslichtähnlichen, egal, ob mit oder ohne UV-Anteil.
- Der Futterverbrauch war bei beiden tageslichtähnlichen Lampen mit UV-Anteil (A und X) im Vergleich zu den anderen statistisch gesichert höher. Dies könnte darin begründet sein, dass die Hennen das Futter, auch wenn der UV-Anteil durch die Abdeckung reduziert wurde, dennoch nicht in Fehlfarben sehen, was wiederum einen Anreiz zum Fressen bietet.
- Allerdings spiegelt sich der erhöhte Futterverbrauch nicht in der Legeleistung wider. Der Futterverbrauch je 1.000 Eier war bei den Lampentypen A und X dementsprechend auch höher.

- Analog zum Futtermittelverbrauch hatten die Ställe mit UV-abstrahlenden Lampen (A und X) auch einen erhöhten Wasserverbrauch bzw. Wasserverbrauch je 1.000 Eier.
- Die Tierverluste waren insbesondere am Standort 2 und im 2. Durchgang am Standort 1 sehr gering. Dennoch gab es Unterschiede zwischen den Lampentypen. So waren unter den tageslichtähnlichen Lampen (A, B, X) im Vergleich zu den neutral- und warmweißen Lampen signifikant erhöhte Verluste zu verzeichnen.
- Die Auswertung der Videoaufzeichnungen ergab, dass der Prüfdurchgang den größeren Einfluss auf die einzelnen Verhaltenskategorien hatte. Dies wurde insbesondere beim Ausruhen- und Futterverhalten deutlich. Zwischen Lampentyp und den einzelnen Verhaltenskategorien hingegen konnten bis auf das Komfortverhalten ( $p < 0,05$ ) überhaupt keine Beziehungen festgestellt werden.
- Eine stichprobenartige spektrale Vermessung der verwendeten Lampen ergab Differenzen zu den von den Herstellern veröffentlichten Graphen. Insbesondere der beim Lampentyp A ausgewiesene erhöhte Anteil an UV-Emissionen konnte nicht festgestellt werden. Mit Ausnahme des Lampentyps X, bei dem ein UV-Anteil von 10 % gemessen wurde und der damit weit über den Herstellerangaben lag, betrug der UV-Emissionsanteil der anderen Lampen zwischen 2,3 und 3,1 %, das mit dem des AM 1.5G-Spektrums auf der Erde von 3,2 % vergleichbar ist.
- Die Lampentypen B und C waren im Vergleich zu den anderen länger im Einsatz. So konnte zumindest beim Lampentyp B im Gegensatz zu C zwischen den Messungen mit 15 Monaten und 28 Monaten Betriebsdauer ein Alterungsprozess festgestellt werden. Dieser bewirkte auch eine Reduzierung des in dieser Lampe ohnehin geringen UV-Anteils.
- Mit zunehmender Dimmstufe verringerten sich erwartungsgemäß die Intensitäten im gesamten Wellenlängenbereich. Eine Normung der Graphen zeigte jedoch, dass die Dimmung für die gemessenen Spektren neutral erfolgte.
- Auch mit zunehmendem Verschmutzungsgrad verringerte sich die Intensität der emittierten Lichtstrahlen, was aber ebenfalls nicht zu einer ausgeprägten selektiven Absorption bestimmter Wellenlängenbereiche führte. Das heißt, die spektrale Form veränderte sich nicht wesentlich.
- Die Plastabdeckung führte im Gegensatz zur Glasummantelung teilweise zur vollständigen Absorption der Emission im untersuchten UV-Bereich. Beim Lampentyp X hatte dies zur Folge, dass sich der UV-Anteil von ca. 10 % auf 0,8 % reduzierte.
- Ein positiver Effekt eines erhöhten UV-Anteils im Spektrum von Leuchtstofflampen im Vergleich zu herkömmlicher Beleuchtung auf die Leistung und das Wohlbefinden von Legehennen konnte nicht in dem erwarteten Maße herausgestellt werden.

# 6 Schlussfolgerungen/Ausblick

Die ersten Untersuchungen zum Einfluss des Lichtspektrums und insbesondere des UV-Anteils bei künstlicher Beleuchtung in der praktischen Geflügelhaltung haben gezeigt, dass noch viele Fragen offen sind. Aufgrund der hier gewonnenen Erkenntnisse sollten in weiterführenden Untersuchungen die folgenden Gesichtspunkte stärkere Beachtung finden:

- Es ist auf den Einsatz einheitlicher, standardisierter Chargen beim jeweiligen Lampentyp zu achten. Die Angaben des Herstellers sind nicht immer verlässlich.
- Bei der Lampenabdeckung ist sicherzustellen, dass diese für UV-Strahlung weitestgehend durchlässig ist.
- Der als Versuchsvariante eingesetzte Lampentyp sollte einen hohen UV-Anteil aufweisen, d. h. mehr als 5 % UV-Strahlung sollten im Tierbereich ankommen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass Dimmung, Verschmutzung und vor allem die Abdeckung der Lampe UV-Strahlen absorbieren können.
- Auch die Entfernung zwischen Lampe und Henne sowie Gefiederfarbe und Besatzdichte können die UV-Intensität, die vom Tier wahrgenommen wird, beeinflussen. Daher sollte zusätzlich die UV-Emission im belegten Stall mit einem mobilen Gerät, und zwar direkt am Tier, gemessen werden.
- Die Dimmung der Versuchsställe sollte dem spezifischen Helligkeitsempfinden der Hühner Rechnung tragen und unter Beachtung der energetischen Verteilung des jeweiligen Lampenlichts angepasst sein, so dass Versuchs- und Kontrollvariante die gleiche Helligkeitswahrnehmung haben.
- Zur Einschätzung, inwieweit UV-haltiges Licht das Wohlbefinden der Tiere verbessern kann, ist die Messung möglicher Stressindikatoren empfehlenswert, z. B. Corticosteron bzw. ausgeschiedene Metaboliten davon im Kot.
- Abweichungen in den Beleuchtungssystemen zwischen der Junghennenaufzucht und der späteren Legehennenhaltung bedeuten für die Junghennen nach der Umstallung eine veränderte Wahrnehmung ihrer Umwelt und somit zusätzlichen Stress. Weiterführende Versuchsanstellungen sollten daher auch die Junghennenaufzucht in die Untersuchungen einbeziehen.
- Angesichts der noch hohen Anschaffungskosten bei Lampen mit UV-Strahlung sollte auch deren Lebensdauer berücksichtigt werden. Wenn möglich, wäre eine ökonomische Bewertung, die einerseits Anschaffungs- bzw. Ersatzbeschaffungskosten sowie den Stromverbrauch und andererseits die Erlöse (Eier, Schlachthennen) berücksichtigt, sinnvoll.
- Die LED-Technologie wurde in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt. Inzwischen haben LED sich auf dem Markt etabliert. Es ist davon auszugehen, dass in absehbarer Zeit auch die Anschaffungskosten entsprechend geringer werden. Neuerdings sind auch UV-emittierende LED verfügbar. Zukünftig sollte daher geprüft werden, inwieweit diese Technik in Geflügelställen eingesetzt werden kann.
- In Anbetracht des aufgelisteten weiteren Forschungsbedarfes und aufgrund der hohen Anschaffungskosten können UV-emittierende Tageslichtlampen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht der Praxis empfohlen werden.

# 7 Literatur

- Anonym (DKF & HHT – Poultry News) (2010): Beleuchtungsprogramme für Legehennen. o.O.; 1: 1-5
- APELDOORN, E.J.; SCHRAMA, J. W.; MASHALY, M. M.; PARMENTIER, H. K. (1999): Effect of Melatonin and Lighting Schedule on Energy Metabolism in Broiler Chickens. (Poultry Science) Pennsylvania; 78: 223-228
- ARANGO, J. A. (2009): Lighting programs for pullets and layers. (Hy-Line) Des Moines: Folie 19
- BENNETT, A. T. D.; CUTHILLS, I. C. (1994): Ultraviolet Vision in Birds: What is its Function? Great Britain: 1471-1473
- BERK, J.; SCHRADER, L.; PETOW, ST.; OTTO, C. (2009): Beleuchtung in Geflügelställen. Stellungnahme des Friedrich-Loeffler-Instituts an das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Bonn: 1-18
- Big Dutchman (2007): Natura 60 – The modern aviary for layers in floor management. o. O.: 4
- Big Dutchman (2009): NATURA - Das moderne Volierensystem für Legehennen in Boden- und Freilandhaltung. o. O.
- Big Dutchman (2010): Natura 60 und Natura 70 – Die modernen Volieren für Legehennen in Boden- und Freilandhaltung. o. O.: 2-3, 5
- BLATCHFORD, R. A. et al. (2009): The effect of light intensity on the behaviour, eye and leg health, and immune function of broiler chickens. Poultry Science, Davis; 88: 21-26
- BOHNET, N. (2007): Augenuntersuchung beim Vogel – Eine interaktive CD-ROM zum Erlernen des ophthalmologischen Untersuchungsganges. Dissertation, München: 7-19, 21-37, 103
- BRADE, W.; FLACHOWSKY, G.; SCHRADER L. (Hrsg.) (2008): Legehuhnzucht und Eierzeugung – Empfehlungen für die Praxis. Sonderheft 322 in Landbauforschung (VTI Johann Heinrich von Thunen-Institut) Braunschweig: 95
- BRITSCH G.; BÜRKLE, M.; ANTHONJ, C. (2009): Ultraviolettes Licht, ein notwendiger Bestandteil für die artgerechte Haltung von Ziervögeln. BNA aktuell 2; 2009;
- BURKHARDT, D. (1996): Die Ultraviolet-Tüchtigkeit des Vogelauges und einige Konsequenzen. Regensburg: 493
- BURKHARDT D.; KORBEL, R.; KÖSTERS, J.; MEURERS, R.; PEICHL, L.; PETRY, H.P.; WEILER, R. (1997): Textband zur Ausstellung: „Wie sehen Tiere ihre Umwelt?“ Eine Lehrschau des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und dem Deutschen Jagd- und Fischereimuseum. München
- CAKIR, A. E.; CAKIR, G. (o. J.): Vollspektrumlicht – Eine kritische Würdigung der Literatur. <http://www.fvlr.de/downloads/Vollspektrumlicht.pdf> , letzter Zugriff am 13.03.2014
- D'EATH, R. B.; STONE, R. J. (1998): Chickens use visual cues in social discrimination: an experiment with coloured lighting. Oxford: 234-241
- ENGELMANN, C. (1984): Leben und Verhalten unseres Hausgeflügels. Leipzig, Radebeul: 25-28
- ER, D.; WANG, Z.; CAO, J.; CHEN, Y. (2007): Effect of Monochromatic Light on the Egg Quality of laying Hens. Poultry Science Association; Hohhot; 16: 605-611
- FAIRCHILD, B. (2001): Light management in broiler production. Poultry Digest Online Vol. 3, No. 1; Athens: 2
- FELTS, J. V.; LEIGHTON, A.T. JR.; DENBOW, D. M.; HULET, R. M. (1992): Effects of light sources and the presence or absence of males on reproduction of female breeder turkeys. Poultry Science; o.O.; 71: 1817-1822
- GRASHORN, M. (2005): Sehvermögen von Legehennen. Legehennen-Tag; Tübingen: Folie 2, 4, 8-11, 19-22
- GRASHORN, M.; MOHAMMED, H. H.; BESSEIL, W. (2010): Welche Beleuchtung ist die richtige? DGS; Stuttgart; 48: 18-25
- HOGSETTE, J. A.; WILSON, H. R.; SEMPLE-ROWLAND, S. L. (1997): Effects on White Leghorn Hens of Constant Exposure to Ultraviolet Light from Insect Traps. Poultry Science; Gainesville; 76: 1134-1137

- Ilox GmbH (2011): Modernes Beleuchtungsklima für Geflügelställe. Oder auch ... Abschied von der Glühlampe!  
<http://www.landwirtschaftskammer.de/duesse/tierhaltung/gefluegel/berichte/pdfs/2011-05-02-gefluegeltagung-04.pdf>, letzter Zugriff am 21.06.2014
- JAEGER, G. (2011): Geht uns das in-vivo-Fachwissen über Hühner verloren? – Anmerkungen zu Verhalten und Federnpicken, Fettlebersyndrom, Brustbeinverkrümmung und Fußballengeschwüren. Tierärztliche Umschau; Leipzig; 66: 25
- KJAER, J. B.; VESTERGAARD, K. S. (1998): Development of feather pecking in relation to light intensity. Copenhagen: 244-252
- KORBEL, R. (1997): Zur Bedeutung der Sinnesorgane bei Zoo- und Wildtieren am Beispiel der Augenheilkunde. Tagungsbericht 38. Internationales Symposium Krankheiten Zoo- Wildtiere;
- KORBEL, R. (2008): Geflügel sieht anders als der Mensch. DGS; München; 49: 28-35
- KORBEL, R. (2009): Sehleistungen bei Legehennen – Konsequenzen für die Lichtgestaltung. München: Folie 7, 11, 25
- KORBEL, R. (2011): Sehleistungen und Beleuchtung beim Geflügel. 15. Vortragstagung für Legehennenhalter; Grimma
- KRISTENSEN, H. H. (2007): The effects of light intensity, gradual changes between light and dark and definition of darkness for the behaviour and welfare of broiler chickens, laying hens, pullets and turkeys. Frederiksberg: 12, 21
- LEWIS, P. D. (2006): A review of lighting for broiler breeders. British Poultry Science; Vol. 47, No. 4; Pietermaritzburg: 399
- LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. (1998): Responses of domestic poultry to various light sources. Worlds Poultry Science Journal o.O.; 54: 7-25
- LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. (2006): Poultry Lighting – the theory and practice. Northcot: 7-9, 49, 57, 79, 112
- MAIER, E. J. (1994): Das UV-Sehen der Vogel: Neue Ergebnisse über den spektralen Sehbereich der Vogel. Regensburg: 180,181
- MARTIN, G.; SAMBRAUS, H. H.; STEIGER, A. (Hrsg.) (2005): Das Wohlergehen von Legehennen in Europa – Berichte, Analysen und Schlussfolgerungen. Kassel: 41, 42, 31, 49, 113, 127
- MOHAMMED, H.H.; GRASHORN M.; BESSEI, W. (2010): The effects of lighting conditions on the behaviour of laying hens. Archiv Geflügelkunde, 74 (3). S. 197- 202, ISSN 0003-9098. © Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- NEUFFER, I. (2010): Einfluss von Betriebsfaktoren auf das Auftreten von Federpicken bei biologisch aufgezogenen Hennen und die Vorhersagbarkeit von Federpicken in der Legeperiode. IGN Nutztierhaltung o. O.; 1: 15, 16
- OSOL, J. G.; FOSS, D. C.; CAREW, L. B. jr. (1980): Effects of light environment and pinealectomy on growth and thyroid function in the broiler cockerel. Poultry Science; o.O.; 59: 647-653
- PIETSCHKE, P. (2008): Untersuchung zu einer verlängerten Legeperiode bei Anwendung einer induzierten Legepause. Diplomarbeit; Schönbach: 11
- PYRZAK, R.; SNAPIR, N.; GOODMAN, G.; PEREK, M. (1987): The effect of Light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. Israel: 947
- SCHOLTYSSEK, S. (1987): Tierzuchtbücherei - Geflügel. Stuttgart; ISBN-10: 3800145219; ISBN-13: 978-3800145218; © Verlag Eugen Ulmer, Auflage: 2., vollst. Neubearb. Aufl. 1987
- SCHRADER, L.; BÜNGER, B.; MARAHRENS, M.; MÜLLER-ARNKE, I.; OTTO, CH.; SCHÄFFER, D.; ZERBE, F. (2006): Anforderungen an eine tiergerechte Nutztierhaltung. KTBL-Schrift 446, Darmstadt, S. 25-31
- SCHUMAIER, G.; HARRISON, P. C.; MCGINNIS, J. (1968): Effect of colored fluorescent light in growth, cannibalism and subsequent egg production of single comb white leghorn. Poultry Science o. O.; 47: 1599-1602

- SIMON, I.; POTERACKI, P.; LÜKE, M. (o. J.): Lohnt sich der Einsatz eines Ergänzungsfutter mit entsprechender Weizenbeifütterung in der Hähnchenmast? Bringt der Einsatz von monochromatischem grünem und blauem Licht Vorteile? Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen;  
[http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/masthaehnchen/2003\\_haehnchen\\_ii.pdf](http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/masthaehnchen/2003_haehnchen_ii.pdf)
- STEIGERWALD, K. (2006): Sehleistung des Vogelauges – Perspektiven und Konsequenzen für die Haltung von Zier- und Wirtschaftgeflügel unter Kunstlichtbedingungen. Dissertation; München: 19, 21-62, 74-89, 108-133, 181, 231-298, 308
- SUTER, A. (2010): Einfluss verschiedenfarbiger LED-Beleuchtung auf das Verhalten und die Leistung von Legehennen. Bachelorarbeit; Berner Fachhochschule Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft; Zollikofen
- TERNES, W., ACKER, L., SCHOLTYSEK, S. (1994): Ei und Eiprodukte; Paul Parey-Verlag Berlin und Hamburg, ISBN 3-489-63114-5
- THIELE, H.-H. (o. J.): Herdenmanagement bei der Einstallung von Junghennen. Lohmann Tierzucht; o.O.: Folie 3-4, 26
- THIELE, H.-H. (2005): Legehennen-Management – Die Bedeutung des Lichts für Legehennen. Lohmann Poultry News; Cuxhaven; 10:2-3
- THIELE, H.-H. (2008): Lighting Programs for Lohmann Commercials. Lohmann Tierzucht; o.O.: Folie 49
- Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung – TierSchNutztV: Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztier- und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung. Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006, geändert durch Artikel 1 am 1. Oktober 2009
- Verordnung (EG) NR. 244/2009 der Kommission vom 18. März 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht.
- WEHLITZ, R.; SCHREITER, R. & KLUNKER, M. (2013): Verhinderung verlegter Eier – Die Legeperiode gut vorbereiten. DGS Magazin 9/2013; S. 20-24
- WEISE, H. (2007): Lichtbedingte Einflüsse auf Verhalten und Leistung in der Hähnchenmast. Dissertation; München: 3-18, 24, 130-134

**Internet:**

[http://www.cine4home.de/tests/TVs/SharpLE820/Test\\_Sharp\\_LE820.htm](http://www.cine4home.de/tests/TVs/SharpLE820/Test_Sharp_LE820.htm); letzter Zugriff am 14.03.2014

<http://www.eyevet.ch/sehvermoegen.html>; letzter Zugriff am 15.01.2014

<http://www.j-lorber.de/shm/licht/kunstlicht.html>; letzter Zugriff am 13.03.2014

[http://www.narva-bel.de/de/Produkte\\_Leuchtstofflampen/Leuchtstofflampen\\_LT/T8\\_1489.html](http://www.narva-bel.de/de/Produkte_Leuchtstofflampen/Leuchtstofflampen_LT/T8_1489.html), letzter Zugriff am 19.6.2014)

[http://www.narva-bel.de/ressourcen/datenblaetter/DB\\_11058.02%20LT-T8\\_COLOURLUX\\_de\\_Luxe.pdf](http://www.narva-bel.de/ressourcen/datenblaetter/DB_11058.02%20LT-T8_COLOURLUX_de_Luxe.pdf), letzter Zugriff am 19.6.2014)

[http://www.naturlicht.de/images/tageslicht\\_diagramm.jpg](http://www.naturlicht.de/images/tageslicht_diagramm.jpg); letzter Zugriff am 12.03.2014

[http://www.planetchule.de/warum\\_chemie/sonnenbrand/themenseiten/t5/s6.html](http://www.planetchule.de/warum_chemie/sonnenbrand/themenseiten/t5/s6.html); letzter Zugriff am 13.03.2014.

<http://www.reefnews.eu/tag/aquaray/>; letzter Zugriff am 14.03.2014

[http://www.ross-licht.de/tageslichtlampe/true\\_light](http://www.ross-licht.de/tageslichtlampe/true_light), letzter Zugriff am 19.6.2014

[http://www.spektrum.de/lexika/showpopup.php?lexikon\\_id=11&art\\_id=1065&nummer=130](http://www.spektrum.de/lexika/showpopup.php?lexikon_id=11&art_id=1065&nummer=130), letzter Zugriff am 20.6.2014

[http://de.wikipedia.org/wiki/Akkommodation\\_\(Auge\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Akkommodation_(Auge)); letzter Zugriff am 04.03.2014

<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbtemperatur>; letzter Zugriff 12.03.2014

<http://de.wikipedia.org/wiki/GI%C3%BChlampe>; letzter Zugriff am 13.03.2014

<http://de.wikipedia.org/wiki/Leuchtdiode>; letzter Zugriff 11.03.2014

<http://de.wikipedia.org/wiki/Licht>; letzter Zugriff am 13.03.2014

<http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenstrahlung>; letzter Zugriff am 12.03.2014

<http://de.wikipedia.org/wiki/Ultraviolettstrahlung>; letzter Zugriff am 13.03.2014

<http://de.wikipedia.org/wiki/Xenon-Gasentladungslampe>; letzter Zugriff am 13.03.2014

[http://de.wikipedia.org/wiki/Zapfen\\_\(Auge\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Zapfen_(Auge)); letzter Zugriff am 04.03.2014

# Anhang

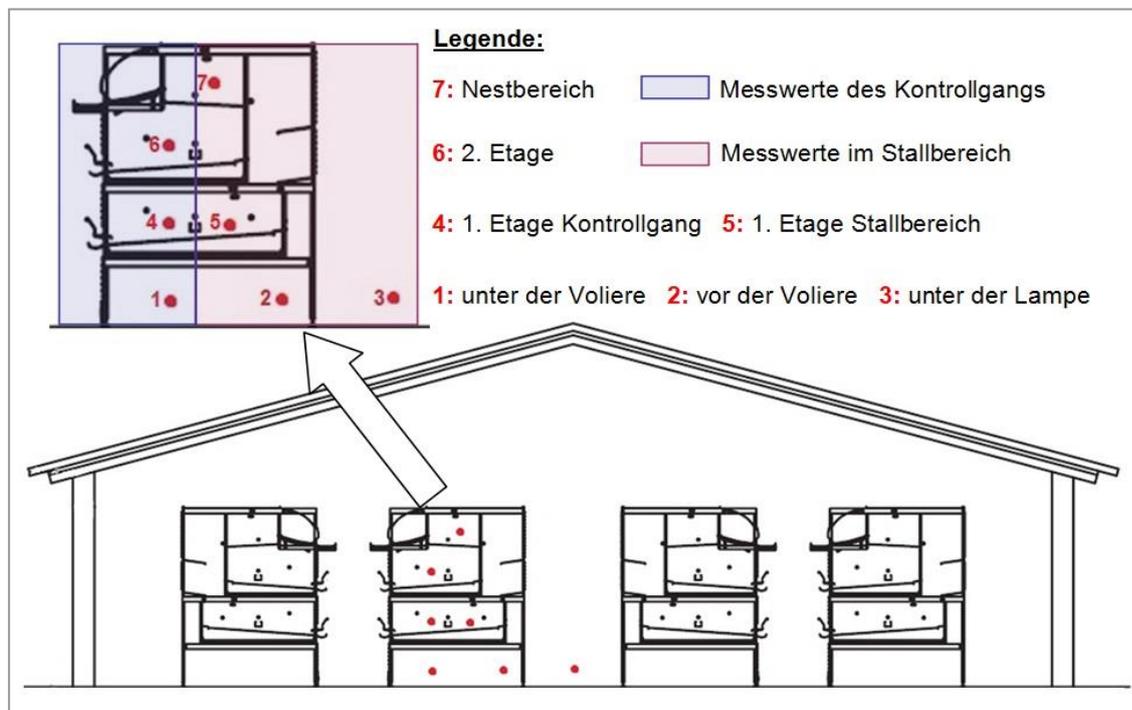
- Abbildung 1: Einstreugang Natura 60 (Standort 1)
- Abbildung 2: Kontrollgang Natura 60 (Standort 1)
- Abbildung 3: Messpunkte zur Ermittlung der Beleuchtungsstärke im System Natura 60
- Abbildung 4: Messung der Beleuchtungsstärke im System Natura 60 (Standort 1)
- Abbildung 5: Beleuchtungsstärke am Standort 1 (Natura 60) bei Dimmung auf 30 % (Mittelwert der einzelnen Messpunkte)
- Abbildung 6: Deckenlampen (36 W) in der Natura-Nova (Standort 2)
- Abbildung 7: Lampenanordnung (18 W) in der Voliere des Systems Natura-Nova (Standort 2)
- Abbildung 8: Messpunkte zur Ermittlung der Beleuchtungsstärke im System Natura-Nova
- Abbildung 9: Beleuchtungsstärke am Standort 2 (Natura-Nova) bei Dimmung auf 60 % und 40 %
- Abbildung 10: Boniturschema
- Abbildung 11: Beispiel für die Dokumentation der Gefiederbonitur
- Abbildung 12: Geräteaufbau zur spektralen Vermessung der Lampen
- Abbildung 13: Dimmung bei Lampentyp B (keine Abdeckung)
- Abbildung 14: Dimmung bei Lampentyp C (keine Abdeckung)
- Abbildung 15: Dimmung bei Lampentyp Y (keine Abdeckung)
- Abbildung 16: Verschmutzungsgrad bei Lampentyp B (keine Dimmung)
- Abbildung 17: Verschmutzungsgrad Lampentyp C (keine Dimmung)



**Abbildung 1: Einstreugang Natura 60 (Standort 1)**



**Abbildung 2: Kontrollgang Natura 60 (Standort 1)**



**Abbildung 3: Messpunkte zur Ermittlung der Beleuchtungsstärke im System Natura 60**

(Quelle: verändert nach Big Dutchman 2007 und 2010)

jeweils 7 Messpunkte zwischen der 3. und 4. Deckenlampe im Scharrraum und 7 Messpunkte direkt unter der 4. Deckenlampe im Scharrraum (insgesamt 14 Messpunkte)



Abbildung 4: Messung der Beleuchtungsstärke im System Natura 60 (Standort 1)

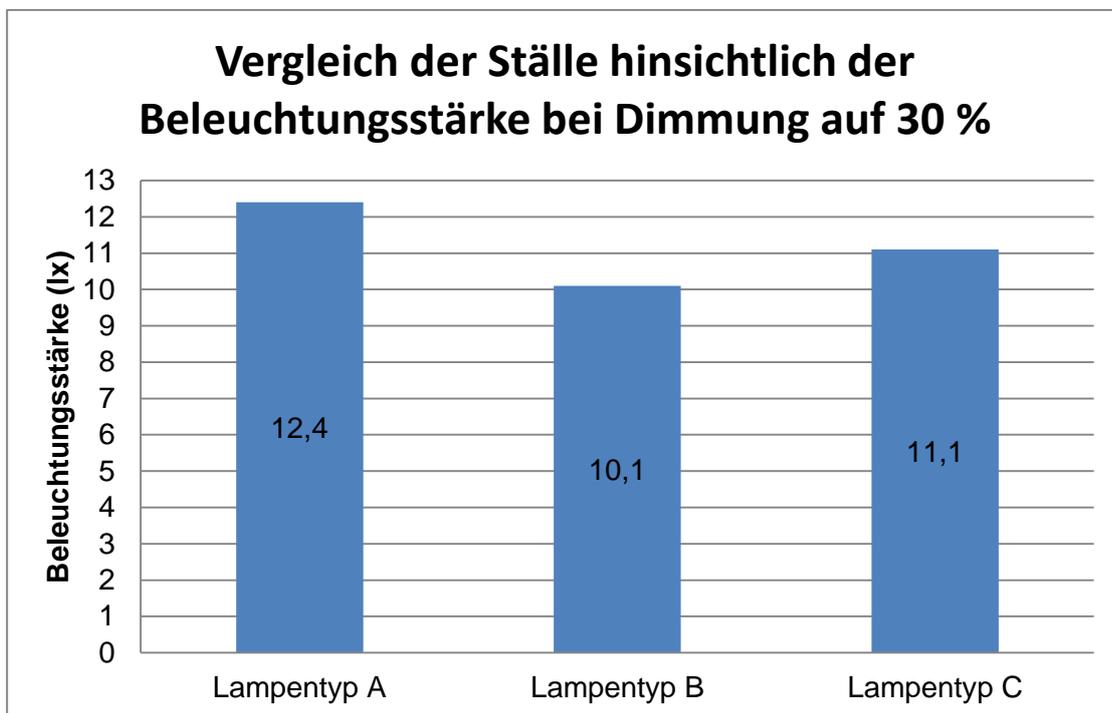


Abbildung 5: Beleuchtungsstärke am Standort 1 (Natura 60) bei Dimmung auf 30 % (Mittelwert der einzelnen Messpunkte)

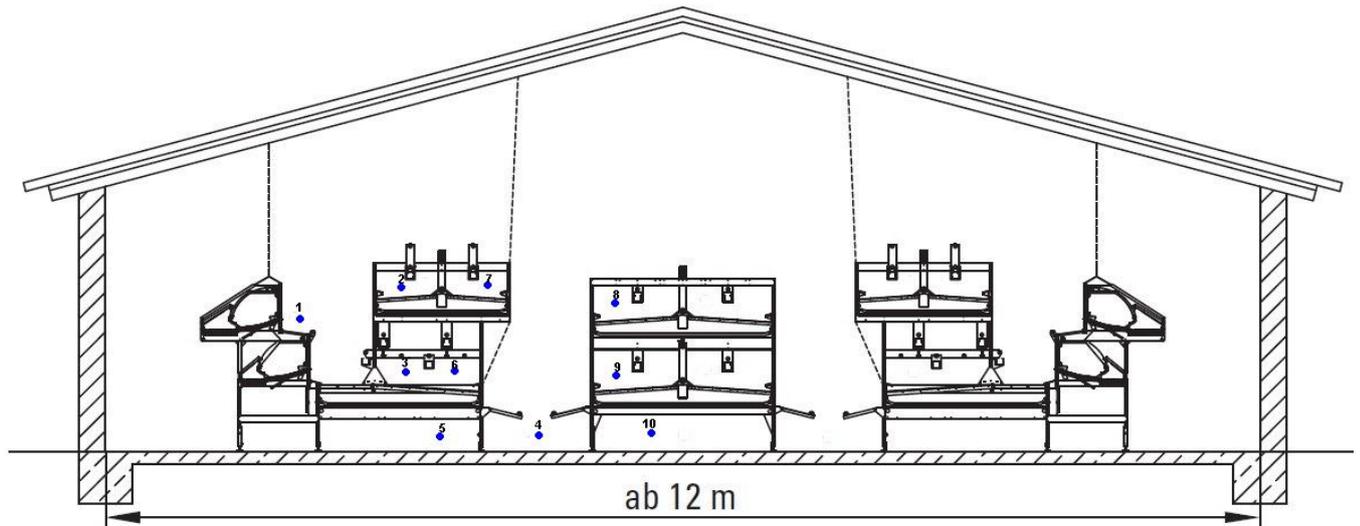


**Abbildung 6: Deckenlampen (36 W) in der Natura-Nova (Standort 2)**



**Abbildung 7: Lampenanordnung (18 W) in der Voliere des Systems Natura-Nova (Standort 2)**

# NATURA-Nova + NATURA 2000



**Abbildung 8: Messpunkte zur Ermittlung der Beleuchtungsstärke im System Natura-Nova**

(Quelle: verändert nach Big Dutchman 2009)

- 1 Nestbereich links
- 2 2. Etage Sitzstange VB links, linke Seite
- 3 1. Etage Futterbereich VB links, linke Seite
- 4 Boden Scharrraum zwischen VB links und VB Mitte
- 5 Boden Scharrraum unter VB links, rechte Seite
- 6 1. Etage Futterbereich VB links, rechte Seite
- 7 2. Etage Sitzstange VB links, rechte Seite
- 8 2. Etage Sitzstange VB Mitte, linke Seite
- 9 1. Etage Futterbereich VB Mitte, linke Seite
- 10 Boden Scharrraum unter VB Mitte, linke Seite

VB = Volierenblock

jeweils 10 Messpunkte zwischen der 3. und 4. Deckenlampe im Scharrraum und 10 Messpunkte direkt unter der 4. Deckenlampe im Scharrraum (insgesamt 20 Messpunkte)

### Vergleich der Ställe hinsichtlich der Beleuchtungsstärke bei unterschiedlicher Dimmung (360° Sonde)

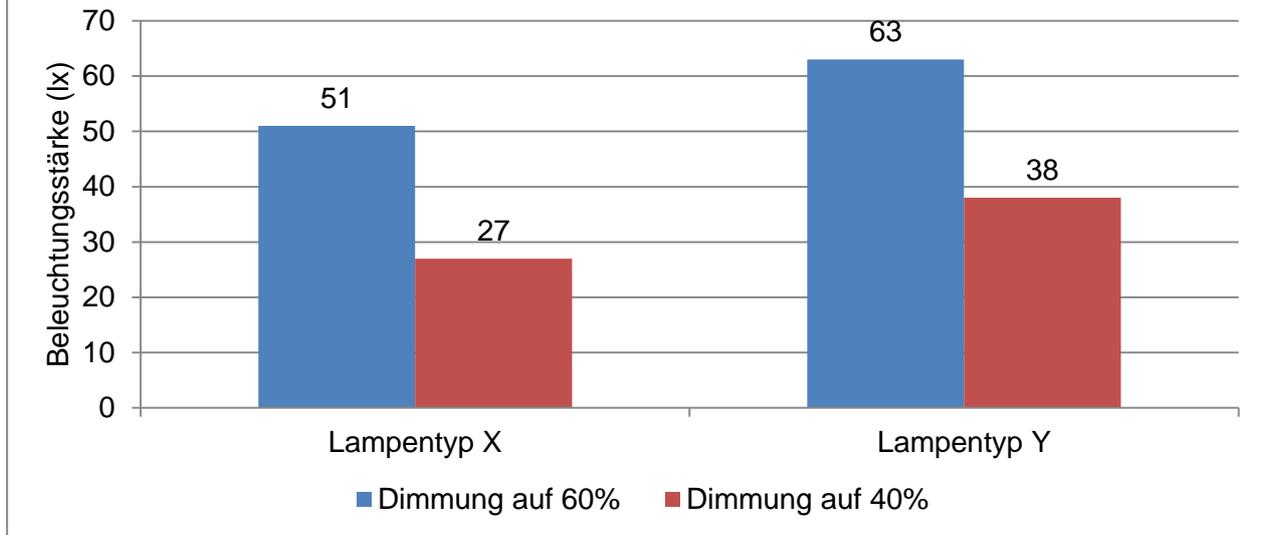


Abbildung 9: Beleuchtungsstärke am Standort 2 (Natura-Nova) bei Dimmung auf 60 % und 40 % (Mittelwert der einzelnen Messpunkte)



**Boniturnote 1:**

Gefieder intakt, Haut vollständig mit Federn bedeckt, keine oder nur sehr wenige abgenutzte oder deformierte Federn



**Boniturnote 2:**

Haut noch komplett oder nahezu komplett mit Federn bedeckt



**Boniturnote 3:**

stark beschädigte Federn und / oder federlose Hautareale



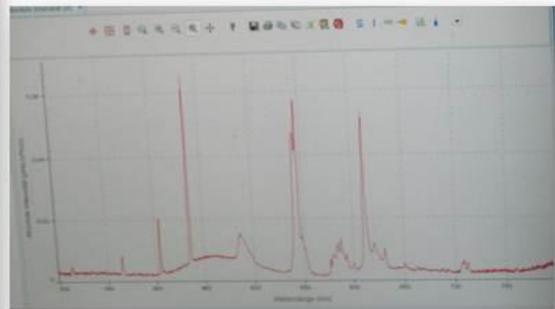
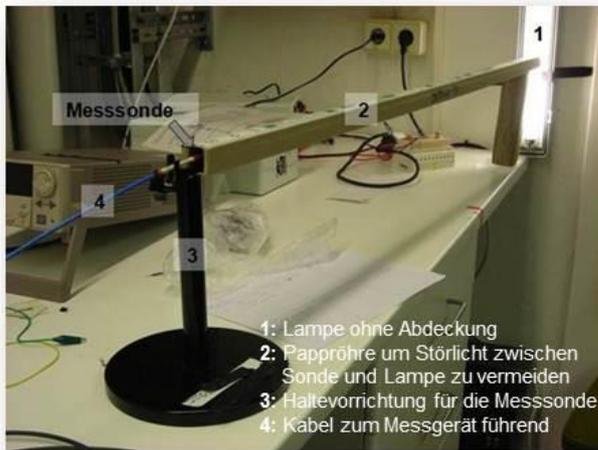
**Boniturnote 4:**

gravierende Gefiederschäden, überwiegend kahl (>75 % federlos) bis zu komplett federlos

Abbildung 10: Boniturschema

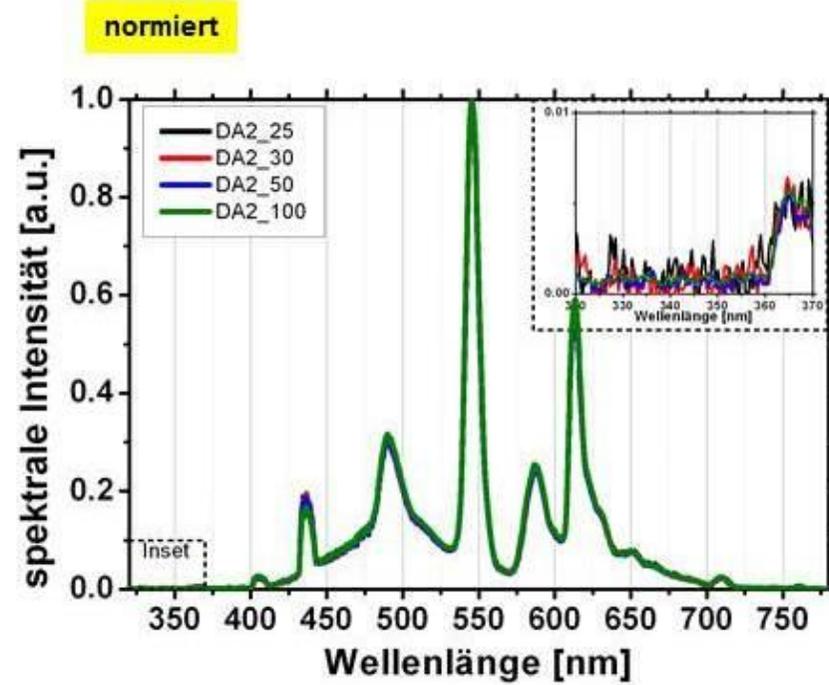
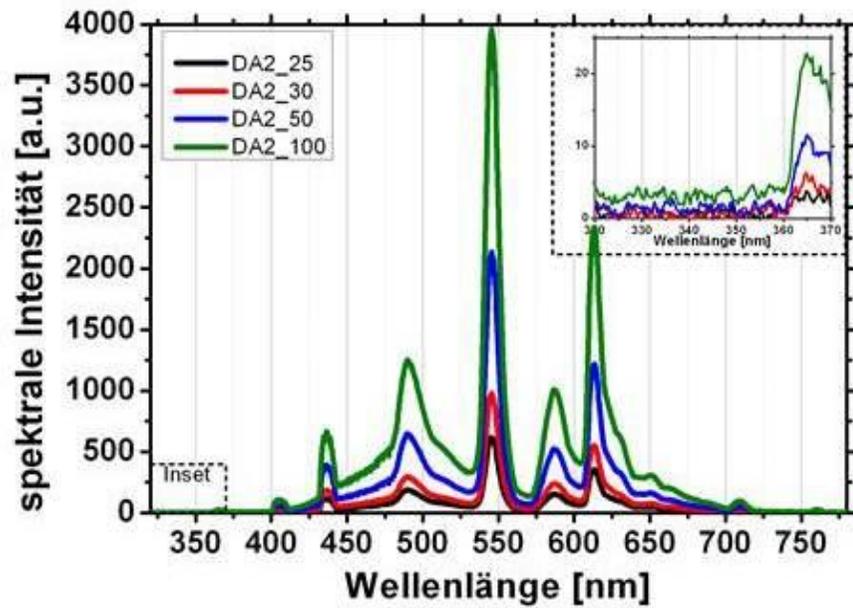
Datum	Stall	Alter	Körperpartie	Kloake				Rücken				Hals				Brust				Schwanzfedern				Bemerkungen	
				Bonitur	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3		4
28.02.2012	3	31	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	10	80	10	0	5 - 10	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden, Plattenbildung Einstreu im Kontrollgang
			Hennen	100	0	0	0	95	5	0	0	100	verei	0	0	100	0	0	0	90	10	0	0		
20.03.2012	3	34	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	40	50	10	5 - 10	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden, Klumpen / Plattenbildung Einstreu, Tiere
			Hennen	100	0	0	0	40	60	0	0	95	5	0	0	100	0	0	0	70	30	0	0		
11.04.2012	3	38	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	25	70	5	5 - 10	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden, Klumpen / Plattenbildung Einstreu,
			Hennen	100	0	0	0	30	70	0	0	25	60	15	0	100	0	0	0	15	65	20	0		
02.05.2012	3	41	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	20	70	10	5 - 10	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden, leichte Klumpen / Plattenbildung Einst
			Hennen	100	0	0	0	70	20	10	0	75	15	10	0	100	0	0	0	10	80	10	0		
22.05.2012	3	44	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	10	80	10	10 - 15	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden, leichte Klumpen / Plattenbildung Einst
			Hennen	100	0	0	verei	10	10	80	0	10	60	30	0	100	0	0	0	5	75	20	0		
13.06.2012	3	47	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	20	70	10	15 - 20	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden, Klumpen / Plattenbildung Einstreu, Ti
			Hennen	100	0	0	0	60	30	10	0	90	5	5	0	100	0	0	0	60	35	5	0		
03.07.2012	3	50	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	10	65	25	5 - 10	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden,
			Hennen	100	0	0	0	10	30	60	0	60	35	5	0	100	0	0	0	30	60	10	0		
24.07.2012	3	53	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	10	60	30	5 - 10	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden,
			Hennen	100	0	0	0	10	30	55	5	50	40	10	0	100	0	0	0	10	50	40	0		
15.08.2012	3	56	Hähne	100	0	0	0	100	0	0	0	95	5	0	0	100	0	0	0	0	10	60	30	10 - 15	Tiere ruhig, zeigen Ruhen und Staubbaden, Fütterung läuft während Kontrollgang,
			Hennen	100	0	0	0	5	10	70	15	50	30	20	0	100	0	0	0	10	40	50	0		

Abbildung 11: Beispiel für die Dokumentation der Gefiederbonitur



Darstellung des Spektrums des Lampenlichtes als Graph auf dem PC

Abbildung 12: Geräteaufbau zur spektralen Vermessung der Lampen



**Abbildung 13: Dimmung bei Lampentyp B (keine Abdeckung)**

- DA2\_25 = Dimmung auf 25 %
- DA2\_30 = Dimmung auf 30 %
- DA2\_50 = Dimmung auf 50 %
- DA2\_100 = keine Dimmung

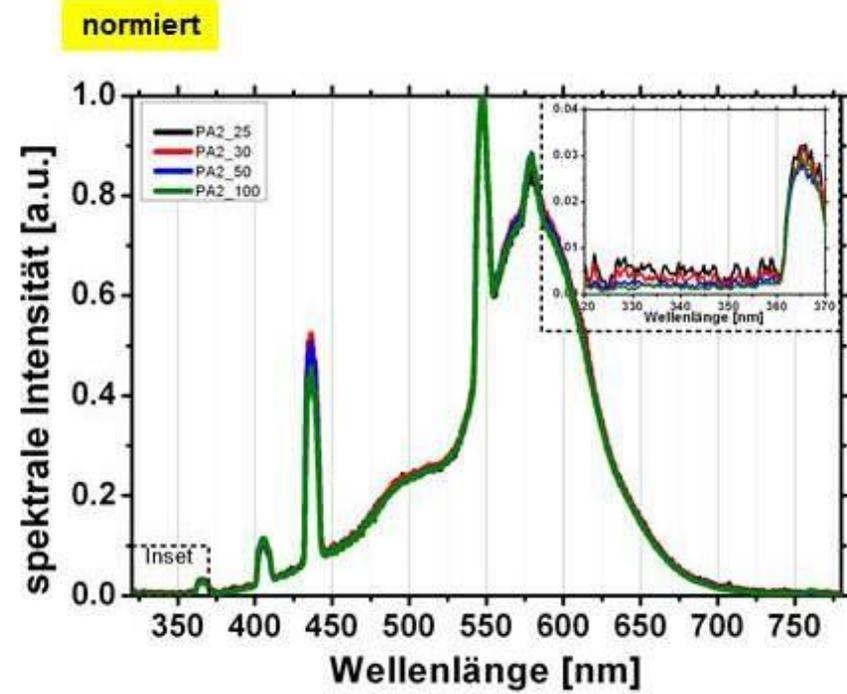
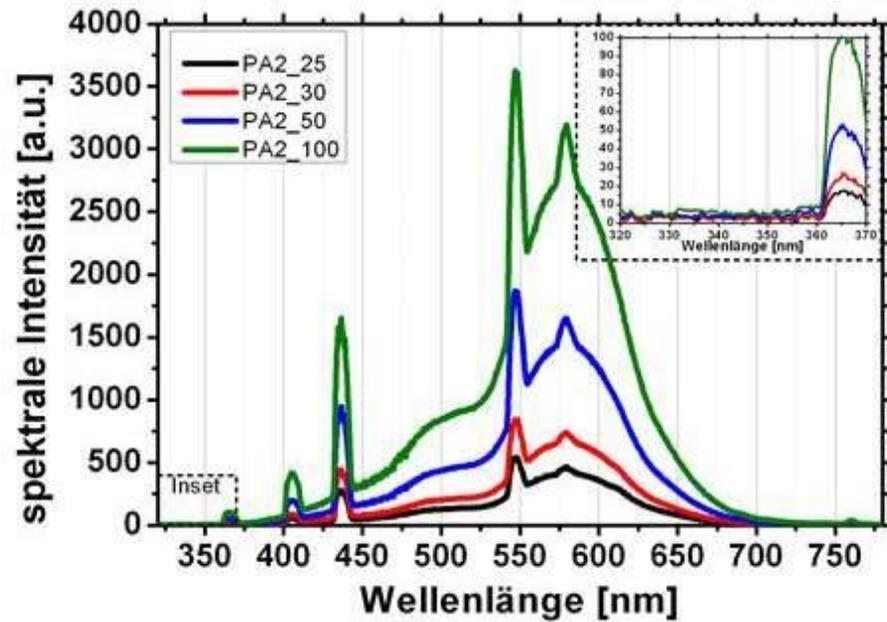
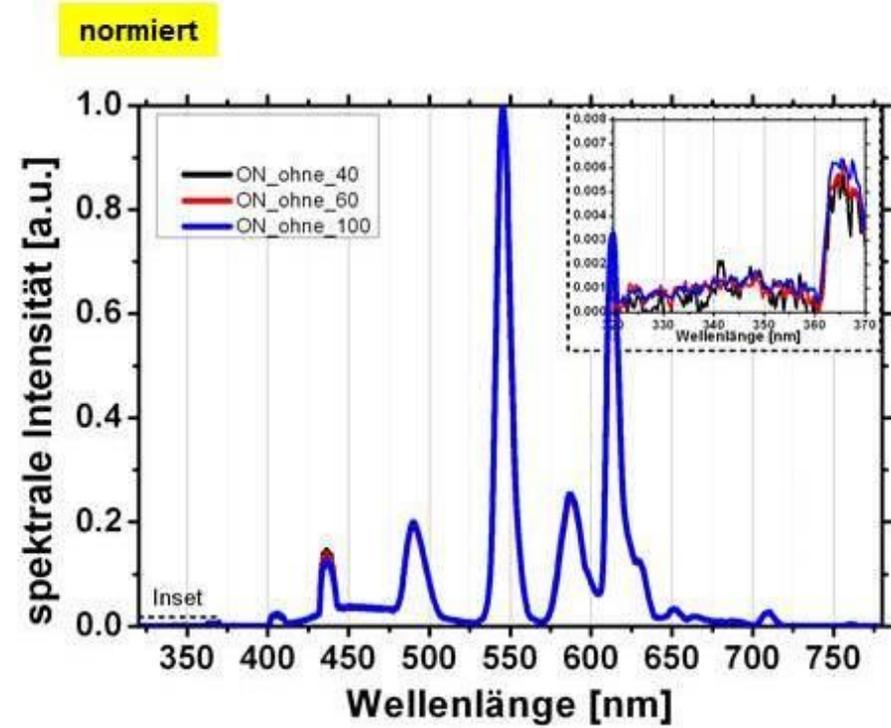
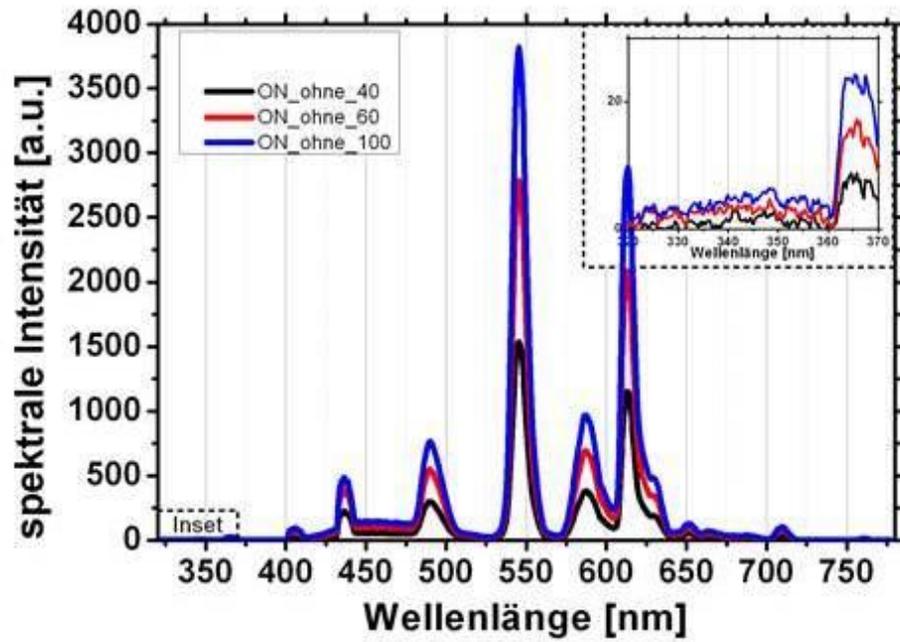


Abbildung 14: Dimmung bei Lampentyp C (keine Abdeckung)

- PA2\_25 = Dimmung auf 25 %
- PA2\_30 = Dimmung auf 30 %
- PA2\_50 = Dimmung auf 50 %
- PA2\_100 = keine Dimmung

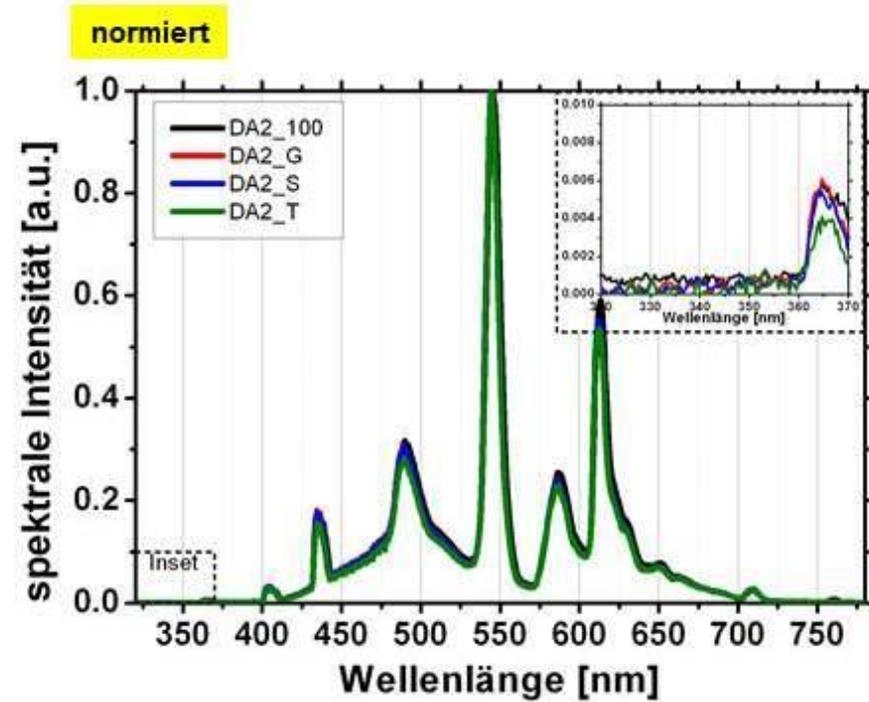
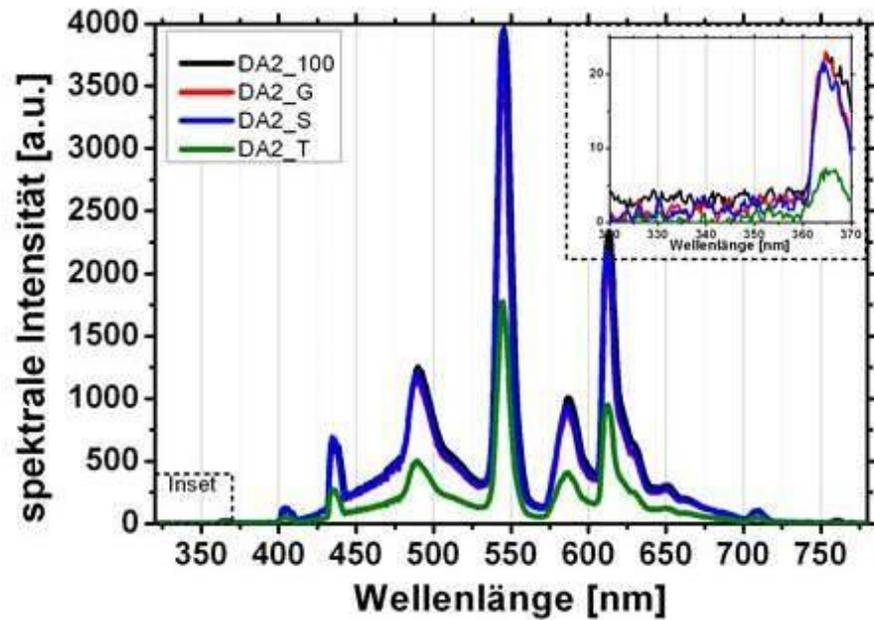


**Abbildung 15: Dimmung bei Lampentyp Y (keine Abdeckung)**

ON\_ohne\_40 = Dimmung auf 40 %

ON\_ohne\_60 = Dimmung auf 60 %

ON\_ohne\_100 = keine Dimmung



**Abbildung 16: Verschmutzungsgrad bei Lampentyp B (keine Dimmung)**

- DA2\_100 = ohne Abdeckung
- DA2\_G = saubere Glasabdeckung
- DA2\_S = leicht verschmutzte Glasabdeckung
- DA2\_T = stark verschmutzte Glasabdeckung (simuliert durch eine Lage Zellstoff)

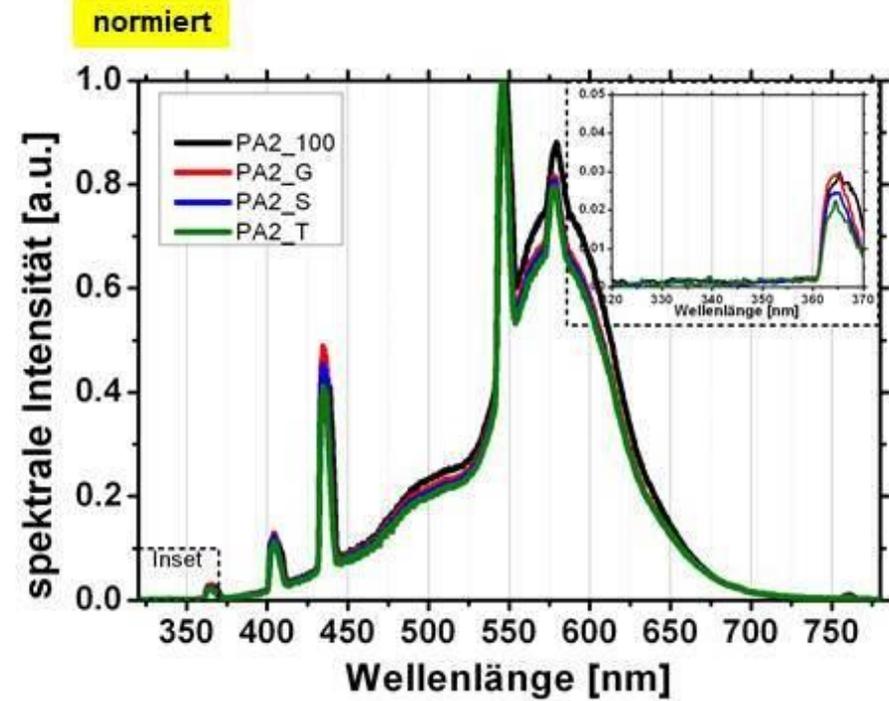
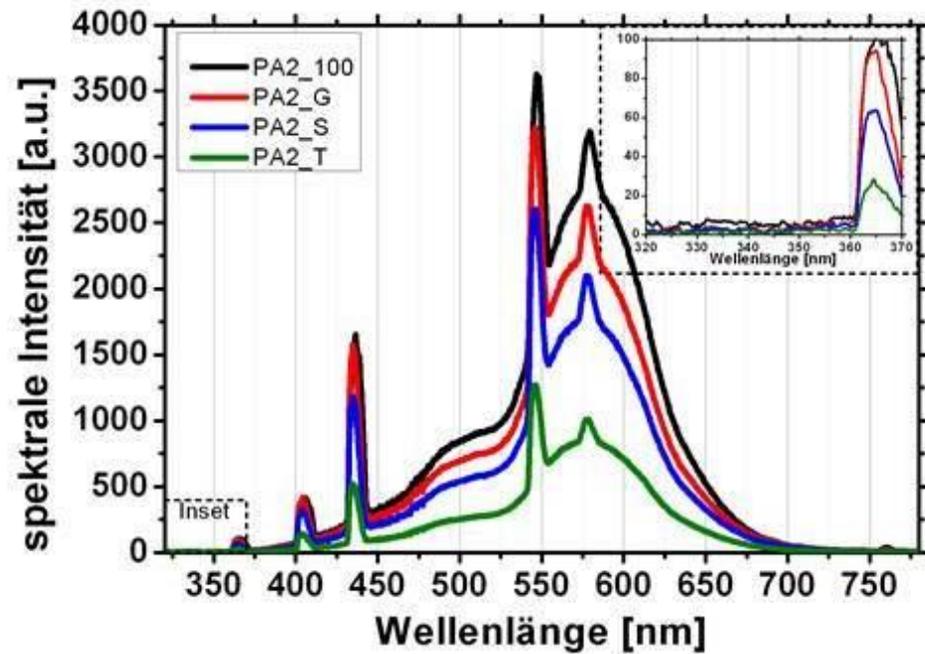


Abbildung 17: Verschmutzungsgrad Lampentyp C (keine Dimmung)

- PA2\_100 = ohne Abdeckung
- PA2\_G = saubere Glasabdeckung
- PA2\_S = leicht verschmutzte Glasabdeckung
- PA2\_T = stark verschmutzte Glasabdeckung (simuliert durch eine Lage Zellstoff)

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei

- der Erzeugergemeinschaft Agrarprodukte e.G. Wildenhain und besonders beim Vorstandsvorsitzenden Matthias Böbel, der die Untersuchungen in den Farmen ermöglichte und uns in allen Belangen hervorragend unterstützte und den
- Mitarbeitern des Instituts für Angewandte Photophysik der Technischen Universität Dresden: Sebastian Reineke, Michael Thomschke sowie insbesondere Tobias Schwab, die die spektralen Messungen durchführten, diese auswerteten und uns in Form der Graphen zur Verfügung stellten. Darüber hinaus standen sie uns jederzeit mit fachlichem Rat zur Seite.

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: +49 351 2612-0  
Telefax: +49 351 2612-1099  
E-Mail: [lfulg@smul.sachsen.de](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)  
[www.smul.sachsen.de/lfulg](http://www.smul.sachsen.de/lfulg)

**Autoren:**

Romi Wehlitz, Christin Huhnstock, Andrea Schneider  
Abteilung Landwirtschaft/Referat Tierhaltung, Tierfütterung  
Dr. Ulf Müller  
Referat Tierzucht, Tierhygiene  
Am Park 3, 04886 Köllitsch  
Telefon: +49 34222 46-2219  
Telefax: +49 34222 46-2199  
E-Mail: [romi.wehlitz@smul.sachsen.de](mailto:romi.wehlitz@smul.sachsen.de)

**Redaktion:**

Romi Wehlitz

**Redaktionsschluss:**

30.06.2014

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.